АГРАРНІ ІННОВАЦІЇ

№ 19

Видавничий дім
«Гельветика»
2023

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
КВ № 24400-14240Р від 16.04.2020 р.
Журнал включений до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б») у галузі природничих та аграрних наук (спеціальності 101 «Екологія», 201 «Агрономія», 202 «Захист і карантин рослин») відповідно до Наказу МОН України від 26.11.2020 № 1471 (додаток 3)

Рекомендовано до друку Вченою радою Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН (протокол № 12 від 29.06.2023 року).

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Головний редактор:

Вожегова Раїса Анатоліївна – доктор сільськогосподарських наук, професор, академік Національної академії аграрних наук України, заслужений діяч науки і техніки України, директор, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України;

Члени редакційної колегії:

Антощенкова Віталіна Володимирівна – доктор економічних наук, доцент, доцент кафедри глобальної економіки, Державний біотехнологічний університет;

Афанасьєва Оксана Геннадіївна – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач лабораторії фітопатології, Інститут захисту рослин Національної академії аграрних наук України;

Бойченко Еліна Борисівна – доктор економічних наук, професор, головний науковий співробітник відділу геоінформаційних технологій, агроекологічних і економічних досліджень, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України;

Височанська Марія Ярославівна – доктор економічних наук, старший дослідник, заступник директора з наукової роботи та інноваційного розвитку, Інститут агроекології і природокористування Національної академії аграрних наук України;

Вольвач Оксана Василівна – кандидат географічних наук, доцент, Одеський державний екологічний університет;

Грановська Людмила Миколаївна – доктор економічних наук, професор, завідувач відділу зрошуваного землеробства та декарбонізації агроекосистем, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України;

Гришова Інна Юріївна – доктор економічних наук, професор, помічник директора з міжнародної діяльності, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України;

Гуторов Олександр Іванович – доктор економічних наук, професор, провідний науковий співробітник відділу геоіформаційних технологій, агроекологічних і економічних досліджень, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України;

Домарацький Євгеній Олександрович – доктор сільськогосподарських наук, доцент, професор кафедри рослинництва та садово-паркового господарства, Миколаївський національний аграрний університет;

Єгорова Тетяна Михайлівна – доктор сільськогосподарських наук, головний науковий співробітник, доцент кафедри екології, Інститут садівництва Національної академії аграрних наук України;

Заєць Сергій Олександрович – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу кліматично орієнтованих агротехнологій, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України;

Ковальова Ірина Анатоліївна – доктор сільськогосподарських наук, директор, Національний науковий центр «Інститут виноградарства і виноробства імені В.Є. Таїрова» Національної академії аграрних наук України;

Косенко Надія Павлівна – кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, провідний науковий співробітник, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України;

Лавриненко Юрій Олександрович – доктор сільськогосподарських наук, професор, академік Національної академії аграрних наук України, головний науковий співробітник відділу селекції сільськогосподарських культур, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України;

Ломовських Людмила Олександрівна – доктор економічних наук, професор, професор кафедри глобальної економіки, Державний біотехнологічний університет;

Ма Сянфей (Ma Xiangfei) – доктор філософії, професор, Ханчжоуський університет Діянзі (Hangzhou Dianzi University, Ханчжоу, Китай);

Петрзак Стефан (Pietrzak Stefan) – доктор наук, професор, завідувач відділу якості води, Технологічний та природничий інститут (Рашин, Польща);

Пілярська Олена Олександрівна – кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, завідувач відділу маркетингу та міжнародної діяльності, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України;

Стригун Олександр Олексійович – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач лабораторії ентомології та стійкості сільськогосподарських культур проти шкідників, Інститут захисту рослин Національної академії аграрних наук України;

Хандакар Рафік Іслам (Khandakar Rafiq Islam) – доктор наук, старший науковий співробітник, доцент, Державний університет Огайо, (Огайо, США);

Чугай Ангеліна Володимирівна – доктор технічних наук, професор, декан природоохоронного факультету, Одеський державний екологічний університет;

Шебаніна Олена Вячеславівна – доктор економіних наук, професор, декан факультету менеджменту. Миколаївський національний аграрний університет;

Яковенко Роман Володимирович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри плодівництва і виноградарства, Уманський національний університет садівництва.

У журналі подаються результати наукових досліджень теоретичного та практичного характеру з питань аграрних наук і продовольства. Висвітлено елементи системи землеробства, обробіток ґрунту, удобрення, раціональне використання поливної води, особливості ґрунтотвірних процесів. Приділено увагу питанням кормовиробництва, вирощування зернових, картоплі та інших культур, створення нових сортів і гібридів, біотехнологій, економіки виробництва.

Науковий журнал «Аграрні інновації» розрахований на науковців, аспірантів, спеціалістів сільського господарства.

Статті у виданні перевірені на наявність плагіату за допомогою програмного забезпечення StrikePlagiarism.com від польської компанії Plagiat.pl.

Адреса редакційної колегії:
Видавничий дім «Гельветика»
м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1
Телефон: +38 (050) 835 07 12
e-mail: info@agrarian-innovations.izpr.ks.ua
www.agrarian-innovations.izpr.ks.ua

ISSN 2709-4405

© Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України, 2023

ЗМІСТ

МЕЛІОРАЦІЯ, ЗЕМЛЕРОБСТВО, РОСЛИННИЦТВО……..7

Баган А.В., Шакалій С.М., Юрченко С.О., Четверик О.О. Формування посівних якостей насіння зернобобових і зернових культур ……..7

Бурикіна С.І., Сергєєв Л.А. Мінеральні добрива як фактор підвищення урожайності гороху підзимової сівби ……12

Вожегова Р.А., Лиховид П.В., Лавренко С.О., Пілярська О.О. Можливості застосування бази даних "Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration (Et_0) Database v3" в агрокліматичних умовах Херсонської області……19

Гадзало Я.М., Вожегова Р.А., Лікар Я.О. Ефективність застосування мікробних препаратів деструкторів на рослинних рештках у процесі їх мінералізації після збирання ……24

Господаренко Г.М., Любич В.В., Мартинюк А.Т. Агрохімічні властивості ґрунту за тривалого застосування мінеральних добрив……34

Грановська Л.М., Балян А.В., Томницький А.В., Резніченко Н.Д. Ґрунтозахисні системи обробітку осолонцьованих темно-каштанових ґрунтів Інгулецької зрошувальної системи ……39

Грохольська Т.М. Схожість та виживання рослин шавлії мускатної залежно від технологічних факторів……47

Заєць С.О., Балян І.В., Онуфран Л.І., Юзюк С.М. Урожайність різних сортів ячменю озимого в умовах Південного Степу……51

Калантир В.О. Господарський винос пшеницею твердою озимою і баланс основних елементів живлення за тривалого застосування мінеральних добрив……57

Коваленко І.О., Шатковський А.П. Водний режим і врожайність томатів за підґрунтового краплинного зрошення……62

Ковальов М.М., Топольний Ф.П., Мащенко Ю.В. Оцінка ступеня залежності структурного складу ґрунтів від вмісту і складу гумусу та амфіфільних компонентів їхнього гумусового складника……67

Коковіхіна О.С. Режим зрошення, водоспоживання та середньодобове випаровування залежно від сортового складу, удобрення та засобів захисту рослин сої за вирощування на зрошуваних землях Півдня України……74

Мостипан О.В., Грабовський М.Б. Формування елементів структури врожаю сої під впливом гербіцидного захисту у Правобережному Лісостепу України……79

Панцирева Г.В., Нейко І.С., Матусяк М.В., Циганська О.І. Відмінність декоративних видів роду *Paeonia* L. за біометрією вегетативних органів ……88

Скакун О.О., Марченко Т.Ю. Урожайність та збиральна вологість насіння ліній – батьківських компонентів гібридів кукурудзи за різних строків сівби……94

Скакун В.М., Марченко Т.Ю., Завальнюк О.І. Економічна оцінка вирощування ліній батьківських компонентів та гібридів кукурудзи різних груп ФАО в умовах Центрального Лісостепу ……100

Собко М.Г., Бутенко А.О., Крючко Л.В., Собран І.В. Вплив строків сівби пшениці та ячменю озимих на процеси формування показників урожайності ……106

Шейко Д.В. Фотосинтетичний потенціал сортів пшениці озимої залежно від способів застосування біологічно активних препаратів в умовах Західного Лісостепу……115

СЕЛЕКЦІЯ, НАСІННИЦТВО……120

Базалій В.В., Домарацький Є.О., Козлова О.П. Селекційно-генетичні аспекти селекції озимої пшениці та їх вплив на агроекологічну адаптивність……120

Буняк Н.М. Ступінь фенотипового домінування кількісних ознак у гібридних популяцій F_1 голозерного ячменю……127

Горщар В.І., Назаренко М.М. Цитогенетична активність нітрозометилсечовини у пшениці озимої……134

Коновалова В.М., Тищенко А.В., Базалій Г.Г., Фундират К.С., Тищенко О.Д., Резніченко Н.Д., Коновалов В.О. Аналіз сортів озимої пшениці на посухостійкість в умовах Степу України (ч. 1 – роки з достатнім зволоженням)……140

Купріченков Д.С. Комбінаційна здатність нових ліній розлусної кукурудзи *(Zea mays everta Sturt.)*……..151

Лозінський М.В., Самойлик М.О. Особливості формування елементів структури врожайності в сортів пшениці м'якої озимої різних екотипів в умовах Центрального Лісостепу України……159

Лозінський М.В., Філіцька О.О. Формування маси зерна головного колоса в різних за висотою сортів пшениці (T. *Aestivum* L.) озимої в умовах Лісостепу України……168

Лядська І.В., Цилюрик О.І., Іжболдін О.О., Пащенко Н.О. Особливості формування врожайності в сучасних сортів горіху грецького в умовах зони нестійкого зволоження……175

Пащенко Н.О., Лобко Т.К. Система насінництва та основні принципи добору гібридів кукурудзи……180

Свініцький Л.М. Визначення екологічної стабільності і пластичності батьківських компонентів гібридів кукурудзи відносно врожайності зерна……185

Тищенко А.В., Коновалова В.М., Базалій Г.Г., Фундират К.С., Тищенко О.Д., Резніченко Н.Д., Коновалов В.О., Боровик В.О. Екологічна пластичність та стабільність сортів пшениці озимої в умовах Південного Степу України (ч. 1 – роки з достатнім зволоженням) ……190

Шитіков Р.М., Назаренко М.М. Формування врожайності в сортів суниці в підзоні Північного Степу……201

СТОРІНКА МОЛОДОГО ВЧЕНОГО……206

Стеценко І.І. Забур'яненість насаджень лавандину за різних способів зрошення та систем удобрення……206

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК……212

CONTENTS

MELIORATION, ARABLE FARMING, HORTICULTURE.....7

Bahan A.V., Shakalii S.M., Yurchenko S.O., Chetveryk O.O. Formation of sowing qualities of legume and grain crops seeds.....7

Burykina S.I., Serhieiev L.A. Mineral fertilizers as a factor in increasing the yield of winter-sowing peas.....12

Vozhehova R.A., Lykhovyd P.V., Lavrenko S.O., Piliarska O.O. The possibilities of the application of "Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database v3" to agroclimatic conditions of Kherson region.....19

Hadzalo Ya.M., Vozhehova R.A., Likar Ya.O. The effectiveness of the use of microbial preparations of destructors on plant residues on the process of their mineralization after harvesting.....24

Hospodarenko H.M., Liubych V.V., Martyniuk A.T. Agrochemical properties of soil with long-term use of mineral fertilizers.....34

Hranovska L.M., Balian A.V., Tomnytskyi A.V., Reznichenko N.D. Soil protection systems for the cultivation of salted dark chestnut soils of the Ingulets irrigation system.....39

Hrokholska T.M. Similarity and survival of clary sage plants depending on technological factors.....47

Zaiets S.O., Balian I.V., Onufran L.I., Yuzyuk S.M. Yield of different varieties of winter barley in the Southern Steppe.....51

Kalantyr V.O. Economic removal and nutrient balance of durum winter wheat with long-term use of mineral fertilizers.....57

Kovalenko I.O., Shatkovskyi A.P. Water regime and yield of tomatoes under subsurface drip irrigation.....62

Kovalev M.M., Topolnyi F.P., Mashchenko Yu.V. Assessment of the degree of dependence of the structural composition of soils on the content and composition of humus and amphiphilic components of their humus component.....67

Kokovikhina O.S. Irrigation mode, water consumption and average daily evaporation depending on the variety composition, fertilizer and protection system of soybean plants for cultivation on irrigated lands of the South of Ukraine.....74

Mostypan O.V., Grabovskyi M.B. Formation of the elements of the structure of the soybean crop under the influence of herbicide protection in the Right bank Forest Steppe of Ukraine.....79

Pantsyreva H.V., Neyko I.S., Matusiak M.V., Tsyganska O.I. The difference of decorative species of the genus *Paeonia* L. according to the biometrics of vegetative organs.....88

Skakun O.O., Marchenko T.Yu. Yield and harvesting moisture of seeds of the parent line components of corn hybrids depending on sowing dates.....94

Skakun V.M., Marchenko T.Yu., Zavalnyuk O.I. Economic evaluation of the cultivation of lines of parental components and hybrids of corn of different FAO groups in the conditions of the Central Forest Steppe.....100

Sobko M.G., Butenko A.O., Kryuchko L.V., Sobran I.V. The influence of the sowing dates of winter wheat and barley on the processes of formation of yield indicators.....106

Sheiko D.V. Photosynthetic potential of winter wheat varieties depending on the methods of application of biologically active agents in the conditions of the Western Forest Steppe.....115

BREEDING, SEED PRODUCTION.....120

Bazalii V.V., Domaratskyi E.O., Kozlova O.P. Breeding and genetic aspects of winter wheat on agroecological adaptability.....120

Bunyak N.M. Degree of phenotypic dominance of quantitative features in hulless barley F_1 hybrids.....127

Horshchar V.I., Nazarenko M.M. Cytogenetic activity of nitrosomethylurea for winter wheat.....134

Konovalova V.M., Tyshchenko A.V., Bazalii H.G., Fundirat K.S., Tyshchenko O.D., Reznichenko N.D., Konovalov V.O. Analysis of winter wheat varieties for drought resistance in the conditions of the Steppe of Ukraine (part 1 – years with sufficient moisture).....140

Kuprichenkov D.S. Combining ability of new popcorn lines (*Zea mays L. everta Sturt.*).....151

Lozinskyi M.V., Samoilyk M.O. Peculiarities of the formation of yield structure elements in soft winter wheat varieties of different ecotypes in the conditions of the Central Forest Steppe Ukraine……159

Lozinskyi M.V., Filitska O.O. Formation of grain mass from the main ear in varieties of soft winter wheat (*T. aestivum* L.) different in height in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine……168

Liadska I.V., Tsyliuryk O.I., Izhboldin O.O., Paschenko N.O. Peculiarities of yield formation for modern varieties of walnut under the conditions of the zone of unstable precipitations……175

Pashchenko N.O., Lobko T.K. System of seed production and basic principles of choice hybrids of corn……180

Svinitskyi L.M. Determination of ecological stability and plasticity of parental components of maize hybrids in relation to grain yield……185

Tyshchenko A.V., Konovalova V.M., Bazalii H.G., Fundirat K.S., Tyshchenko O.D., Reznichenko N.D., Konovalov V.O., Borovyk V.O. Ecological plasticity and stability of winter wheat varieties in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine (part 1 – years with sufficient moisture). ……190

Shytikov R.M., Nazarenko M.M. Formation of yield for strawberry varieties in the Northern Steppe subzone……201

PAGE OF A YOUNG SCIENTIST……206

Stetsenko I.I. Contamination of lavandin plantations under different irrigation methods and fertilization systems……206

AUTHOR INDEX……212

МЕЛІОРАЦІЯ, ЗЕМЛЕРОБСТВО, РОСЛИННИЦТВО

УДК 633.31/37:631.1:631.547.1
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.1

ФОРМУВАННЯ ПОСІВНИХ ЯКОСТЕЙ НАСІННЯ ЗЕРНОБОБОВИХ І ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

БАГАН А.В. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0001-8851-5081
Полтавський державний аграрний університет
ШАКАЛІЙ С.М. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0002-4568-1386
Полтавський державний аграрний університет
ЮРЧЕНКО С.О. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/ 0000-0002-5812-3877
Полтавський державний аграрний університет
ЧЕТВЕРИК О.О. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0002-1986-1316
Полтавський державний аграрний університет

Постановка проблеми. Важливим завданням у рослинництві для отримання високого врожаю сільськогосподарських культур, у тому числі зернових і зернобобових, є інтенсивність росту рослини на її початкових стадіях розвитку [1, с. 46; 2 с. 79].

Насіння високої якості дає можливість забезпечувати нормальні ростові процеси рослини, знижувати вплив шкідливих організмів, а, отже, підвищувати урожайний потенціал культури та якість продукції без додаткових енергетичних затрат (добрив, пестицидів тощо) [3, с. 4].

Урожайність сільськогосподарських залежить, в першу чергу, від якості посівного матеріалу. У сучасному агропромисловому виробництві високоякісний посівний матеріал набуває особливої уваги, оскільки майбутній урожай на 30 % залежить від якості насіння [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що проростання насіння є складним процесом як за морфологічними, так і за фізіологічними показниками, які формуються під впливом чинників на насінину. Так, незначний вплив зовнішніх факторів пригнічує або, навпаки, прискорює біохімічні процеси, які впливають на формування посівних якостей насіння [5, с. 83; 6].

Насіння – це не лише інструмент для збереження і розмноження певного ботанічного таксону, але і засіб для пристосування до умов вирощування [7].

Головними показниками посівних якостей насіння є, безумовно, схожість та енергія проростання. Так, показник схожості є досить важливим, оскільки його значення згідно стандарту забезпечує нормальне проростання насіння у польових умовах та формування оптимальної густоти рослин.

Розрізняють поняття лабораторної та польової схожості насіння. Показник польової схожості насіння дещо відрізняється від лабораторної, та має менше значення, оскільки у лабораторних умовах проростає насіння краще, ніж у польових. Це свідчить про вплив ряду факторів, зокрема температури і вологості грунту, строків і глибини посіву, рівня агротехніки тощо.

Крім схожості, також визначають енергію проростання – відсоток насінин, які проросли у відповідні строки залежно від культури. Визначення даного показника є важливим, оскільки від нього залежить дружність появи сходів у польових умовах, рівномірність їх росту [8].

За даними вчених, всі фактори впливу на проростання насіння можуть викликати значні перетворення у фізіолого-біологічних процесах на початкових стадіях розвитку насінини. Вони формують такі посівні якості насіння, як енергія проростання, схожість, дружність і швидкість проростання насіння.

Ці показники впливають на дружність сходів, формування самої рослини, а також процеси диференціації та утворення генеративних органів, а потім – продуктивність посіву в цілому [5, с. 83; 9, с. 16].

Насіння зернобобових культур, порівняно із насінням зернових, за оптимальних умов живлення, вологозабезпечення та посухостійкості стає крупним, набираючи відповідно більші масу та розмір, формуючи високі посівні якості, а, потім, і високоврожайні рослини [2, с. 79; 10 с. 5].

Оскільки насіння зернобобових поглинає більше вологи, порівняно із зерновими культурами, то характеризується відповідно і вищими посівними якостями. Але внаслідок додаткового збільшення вологи у них може прискорюватися інтенсивність дихання, викликаючи загибель насіння [11, 12].

Мета. Мета досліджень полягала у вивченні особливостей формування посівних якостей насіння зернових та зернобобових культур.

Матеріали та методика досліджень. Об'єкт досліджень: насіння зернобобових культур – нут звичайний (сорт Буджак), чина посівна (сорт Сподіванка), сочевиця харчова (сорт Лінза), сочевиця червона (сорт Максим), маш (сорт Заратустра); насіння зернових культур – ячмінь звичайний ярий (сорт Шедевр), пшениця м'яка яра (сорт Барвиста), пшениця тверда яра (сорт Деміра), овес посівний плівчастий (сорт Нептун), овес посівний голозерний (сорт Скарб України).

Дослідження проводили у лабораторних умовах шляхом пророщування насіння зернобобових і зернових культур у чашках Петрі за загальноприйнятими методиками. Повторність – чотириразова. Досліджували показники: енергія проростання (%), лабораторна схожість (%), швидкість проростання (діб), дружність проростання (%), індекс проростання насіння.

Під час закладання досліду, протягом семи діб, кожного дня проводили підрахунок пророслого насіння.

Швидкість проростання насіння визначали за формулою Піпера:

$$E=n_1s_1+ n_2s_2+\ldots+ n_ms_m / n_1+n_2+n_m , \quad (1)$$

де: E – середня швидкість проростання насіння, діб; n – кількість пророслих насінин за добу у дні підрахунку; m – кінцевий день підрахунку; s – строки проростання.

Показник дружності проростання обчислювали за формулою:

$$D=B/S, \quad (2)$$

де: D – дружність проростання, %; B – кінцева схожість насіння, %; S – кількість діб проростання [13, с. 57].

Індекс проростання розраховували за Walker-Simmons:

$$GI=(7n_1 + 6n_2 + \ldots + 1n_7) / 7N, \quad (3)$$

де: GI – індекс проростання; n_1, n_2, …, n_7 – кількість насінин, пророслих на перший, другий і в наступні дні до сьомого дня відповідно; N – загальна кількість насінин [14 с. 187; 15; 16].

Статистичну обробку результатів досліджень проводили за допомогою кореляційного аналізу [17].

Результати досліджень. За результатами проведених досліджень енергія проростання насіння найменшою була у чини посівної, сочевиці червоної, ячменю звичайного ярого, пшениці твердої ярої – 88 %. Найбільшим значенням даного показника характеризувався маш – 96 %.

Лабораторна схожість найбільшою була у зернобобових: чина посівна і маш – 100 %, а найменшою – у сочевиці червоної і вівса посівного плівчастого (97%).

За показником швидкості проростання можна виділити зернобобові культури, зокрема маш, – 2,2 діб, а найдовший період проростання насіння спостерігався у зернових культур (пшениці м'якої і твердої) – відповідно 3,7 і 3,8 діб.

Дружність проростання насіння найменшою була у зернових культур (ячменю звичайного ярого та пшениці твердої ярої) – 19,2 %. Найбільш дружнім проростанням характеризувався маш (33,3 %) із найменшим періодом проростання насіння.

За індексом проростання виділено зернобобові культури, зокрема маш (0,32) із меншим періодом проростання. Найбільше значення досліджуваного показника спостерігалося у зернових культур – пшениця тверда і м'яка (0,52), які мали тривалий період проростання (табл. 1).

За результатами кореляційного аналізу було встановлено взаємозв'язки між досліджуваними показниками.

Показник швидкості проростання мав тісний зворотній зв'язок із показниками енергії проростання, лабораторної схожості та дружності проростання (r=–0,72…–0,81). Індекс проростання також мав зворотній зв'язок із даними показниками (r=–0,66…–0,83) та характеризувався прямою сильною залежністю із показником швидкості проростання (r=0,99) (табл. 2).

Показник дружності проростання мав середньої сили зв'язок із енергією проростання (r=0,57) і лабораторною схожістю (r=0,47), які також корелювали між собою із середньою силою (r=0,58).

Висновки. За середніми даними результатів досліджень було встановлено, що насіння зернобобових культур мало вищі показники енергії проростання, лабораторної схожості, дружності проростання та нижчі показники індексу проростання і швидкості проростання, між якими виявлено тісний взаємозв'язок, порівняно із насінням зернових культур.

Таблиця 1

Посівні якості насіння зернобобових і зернових культур

Культура	ЕП*, %	ЛС*, %	Е*, діб	D*, %	GI*
Зернобобові культури					
Нут звичайний	92	98	3,1	32,7	0,43
Чина посівна	88	100	3,1	25,0	0,45
Сочевиця харчова	90	99	3,1	24,8	0,44
Сочевиця червона	88	97	3,1	32,3	0,43
Маш	96	100	2,2	33,3	0,32
середнє	90,8	98,8	2,9	29,6	0,41
Зернові культури					
Ячмінь звичайний ярий	88	96	3,5	19,2	0,49
Пшениця тверда яра	88	96	3,8	19,2	0,52
Пшениця м'яка яра	90	98	3,7	19,6	0,52
Овес посівний плівчастий	89	97	3,5	19,6	0,48
Овес посівний голозерний	90	98	3,4	19,6	0,47
середнє	89,0	97,0	3,6	19,4	*0,50*

**Примітка: ЕП – енергія проростання, ЛС – лабораторна схожість, Е – швидкість проростання, D – дружність проростання, GI – індекс проростання.*

Таблиця 2

Кореляційні зв'язки між показниками посівних якостей насіння

Показник	Енергія проростання	Лабораторна схожість	Швидкість проростання	Дружність проростання
Індекс проростання	-0,78	-0,66	0,99	-0,83
Дружність проростання	0,57	0,47	-0,81	
Швидкість проростання	-0,77	-0,72		
Лабораторна схожість	0,58			

Відмічено сильну зворотню кореляцію показника швидкості проростання та індексу проростання з іншими досліджуваними показниками, що свідчить про підвищення енергії та дружності проростання, а також схожості насіння за коротшого періоду проростання.

За посівними якостями насіння серед зернобобових культур виділено маш, а серед зернових культур – овес посівний голозерний.

Перспективою подальших досліджень є вивчення впливу посівних якостей насіння на урожайність досліджуваних культур.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гончар Л. М., Щербакова О. М. Вплив передпосівного обробляння насіння нуту на польову схожість та густоту стояння рослин. *Вісник Полтавської ДАА.* 2016. № 3. С. 46–50.
2. Каленська С. М., Новицька Н. В., Рожко В. І., Малинка Л. В., Барзо І. Т. Поліпшення посівних якостей нуту за допомогою наночастинок біогенних металів. *Збірник наукових праць Уманського НУС.* 2014. № 85. С. 79–83.
3. Новак Ж. М., Коцюба С. П., Полянецька І. О. Посівні якості насіння: методичні *рекомендації для проведення лабораторних, практичних занять та вивчення дисципліни «Насіннєзнавство» і «Насіннєзнавство сільськогос-подарських культур» для студентів денної та заочної форм навчання зі спеціальності 201 Агрономія.* Умань: УНУС, 2020. 24 с.
4. На замітку аграріям: аналіз якісних показників насіння. *Режим доступу: https://www.fitolab.volyn.ua/informuiemo/314-100220201*
5. Драган М. І., Грищенко Р. Є., Любчич О. Г., Ларіна С. В., Діденко Л. С. Посівні властивості насіння сільськогосподарських культур у кислому середовищі. *Інститут зернового землеробства УААН*. 2007. Вип. 2. С. 83–88.
6. Зубець М. В. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Лісостепу України. К. : Логос, 2004. 366 с.
7. Гаврилюк М. М. Насінництво і насіннєзнавство польових культур. К. : Аграрна наука. 2017. 216 с.
8. Козленко Н. Перевіряємо якість насіння перед посівом: рекомендації фахівців. *Режим доступу: https://www.cherk-consumer.gov.ua/hromadianam/upravlinnia-fitosanitarnoi-bezpeky/novyny-upravlinnia-fitosanitarnoi-bezpeky/3458*
9. Баган А. В., Шакалій С. М., Барат Ю. М. Формування насіннєвої продуктивності нуту залежно від сорту та інокуляції насіння. *Таврійський науковий вісник.* 2020. №111. С. 14–21. DOIhttps://doi.org/10.32851/22260099.2020.111.2
10. Баган А. В., Юрченко С. О., Шакалій С. М. Формування посівних якостей насіння зернобобових культур залежно від стимулятора росту Foliar Concentrate. *Таврійський науковий вісник.* 2020. № 113. С. 3–9. DOI https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.113.1
11. Бушулян О. В., Січкар В. І. Нут: генетика, селекція, насінництво, технологія вирощування : *монографія*. Одеса. 2009. 248 с.
12. Їжик М. К. Сільськогосподарське насіннєзнавство: реалізація потенційних можливостей насіння. Харків, 2001. Ч. 2. 117 с.
13. Панасюк О., Панасюк Р. Вплив удобрення на показники життєздатності насіння сої. *Вісник Львівського НАУ. Серія : Агрономія*. 2018. № 22(2). С. 57–59. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vlnau_act_2018_22_15.
14. Радченко О. М., Сірант Л. В., Дикун М. О. Поліморфізм альфа-амілаз м'якої пшениці. *Фактори експериментальної еволюції організмів.* 2018. Т. 22. С. 186–190.
15. Yang Y., Zhao X. L, Xia L. Q. Development and validation of a Viviparous-1 STS marker for pre-harvest sprouting tolerance in Chinese wheats. *Theor. Appl. Genet.* 2008. 115. P. 971–980.
16. Xia L. Q., Ganal M. W., Shewry P. R., He Z. H., Yang Y., Röder M. S. Exploiting the diversity of Viviparous-1 gene associated with pre-harvest sprouting tolerance in *European wheat varieties*. Euphytica. 2008. Vol. 159. P. 411–417.
17. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. П., Костогриз П.В. Основи наукових досліджень в агрономії. К: Дія. 2005. 288 с.

REFERENCES:

1. Honchar, L. M. & Shcherbakova, O. M. (2016). Vplyv peredposivnoho obrobliannia nasinnia nutu na polovu skhozhist ta hustotu stoiannia roslyn [The effect of pre-sowing treatment of chickpea seeds on field germination and plant stand density]. *Visnyk Poltavskoi DAA – Bulletin of Poltava DAA*, 3, 46–50 [in Ukrainian].
2. Kalenska, S. M., Novytska, N. V., Rozhko, V. I., Malynka, L. V. & Barzo, I. T. (2014). Polipshennia posivnykh yakostei nutu za dopomohoiu nanochastynok biohennykh metaliv [Improvement of sowing qualities of chickpea with the help of nanoparticles of biogenic metals]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho NUS – Collection of scientific works of the Uman National Academy of Sciences*, 85, 79–83 [in Ukrainian].
3. Novak, Zh. M., Kotsiuba, S. P. & Polianetska, I. O. (2020). Posivni yakosti nasinnia: metodychni rekomendatsii dlia provedennia laboratornykh, praktychnykh zaniat ta vyvchennia dystsypliny «Nasinnieznavstvo» i «Nasinnieznavstvo silskohospodarskykh kultur» dlia studentiv dennoi ta zaochnoi form navchannia zi spetsialnosti 201 Ahronomiia [Sowing qualities of

seeds: methodological recommendations for conducting laboratory, practical classes and studying the discipline «Seed science» and «Seed science of agricultural crops» for full-time and part-time students of the specialty 201 Agronomy]. Uman: UNUS [in Ukrainian].
4. Na zamitku ahrariiam: analiz yakisnykh pokaznykiv nasinnia [Note to farmers: analysis of seed quality indicators] [in Ukrainian]. https://www.fitolab.volyn.ua/informuiemo/314-100220201
5. Drahan, M. I., Hryshchenko, R. Ie., Liubchych, O. H., Larina, S. V. & Didenko, L. S. (2007). Posivni vlastyvosti nasinnia silskohospodarskykh kultur u kyslomu seredovyshchi [Sowing properties of seeds of agricultural crops in an acidic environment]. *Instytut zernovoho zemlerobstva UAAN – Institute of Grain Agriculture of the Ukrainian Academy of Sciences,* 2, 83–88 [in Ukrainian].
6. Zubets, M. V. (2004). Naukovi osnovy ahropromyslovoho vyrobnytstva v zoni Lisostepu Ukrainy [Scientific basis of agro-industrial production in the forest-steppe zone of Ukraine]. K.: Lohos [in Ukrainian].
7. Havryliuk, M. M. (2017). Nasinnytstvo i nasinnieznavstvo polovykh kultur [Seed production and seed science of field crops]. *Ahrarna nauka* [in Ukrainian].
8. Kozlenko, N. Pereviriaiemo yakist nasinnia pered posivom: rekomendatsii fakhivtsiv [We check the quality of seeds before sowing: recommendations of experts] https://www.cherk-consumer.gov.ua/hromadianam/upravlinnia-fitosanitarnoi-bezpeky/novyny-upravlinnia-fitosanitarnoi-bezpeky/3458 [in Ukrainian].
9. Bahan, A. V., Shakalii, S. M. & Barat, Yu. M. (2020). Formuvannia nasinnievoi produktyvnosti nutu zalezhno vid sortu ta inokuliatsii nasinnia [Formation of chickpea seed productivity depending on the variety and seed inoculation]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk – Taurian Scientific Bulletin,* 111, 14–21 [in Ukrainian] https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.111.2
10. Bahan, A. V., Yurchenko, S. O. & Shakalii, S. M. (2020). Formuvannia posivnykh yakostei nasinnia zernobobovykh kultur zalezhno vid stymuliatora rostu Foliar Concentrate [The formation of sowing qualities of the seeds of leguminous crops depending on the growth stimulator Foliar Concentrate]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk – Taurian Scientific Bulletin,* 113, 3–9 [in Ukrainian] https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.113.1
11. Bushulian, O. V. & Sichkar, V. I. (2009). Nut: henetyka, selektsiia, nasinnytstvo, tekhnolohiia vyroshchuvannia: monohrafiia [Chickpea: genetics, selection, seed production, growing technology: monograph]. Odesa [in Ukrainian].
12. Yizhyk, M. K. (2001). Silskohospodarske nasinnieznavstvo: realizatsiia potentsiinykh mozhlyvostei nasinnia [Agricultural seed science: realizing the potential of seeds]. Kharkiv, 2. 117 [in Ukrainian].
13. Panasiuk, O. & Panasiuk, R. (2018). Vplyv udobrennia na pokaznyky zhyttiezdatnosti nasinnia soi [The effect of fertilizer on the viability of soybean seeds]. *Visnyk Lvivskoho NAU – Bulletin of Lviv NAU, Seriia: Ahronomiia,* 22 (2), 57-59 [in Ukrainian]. http://nbuv.gov.ua/ UJRN/Vlnau_act_2018_22_15.
14. Radchenko, O. M., Sirant, L. V. & Dykun, M. O. (2018). Polimorfizm alfa-amilaz miakoi pshenytsi. Faktory eksperymentalnoi evoliutsii orhanizmiv. [Polymorphism of soft wheat alpha-amylases. Factors of experimental evolution of organisms], 22, 186-190 [in Ukrainian].
15. Yang Y., Zhao X. L, Xia L. Q. Development and validation of a Viviparous-1 STS marker for pre-harvest sprouting tolerance in Chinese wheats. *Theor. Appl. Genet.* 2008. 115. P. 971–980.
16. Xia L. Q., Ganal M. W., Shewry P. R., He Z. H., Yang Y., Röder M. S. Exploiting the diversity of Viviparous-1 gene associated with pre-harvest sprouting tolerance in *European wheat varieties*. Euphytica. 2008. Vol. 159. P. 411–417.
17. Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. H., Opryshko, V. P. & Kostohryz, P. V.(2005). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii [Basics of scientific research in agronomy]. K: Diia [in Ukrainian].

Баган А.В., Шакалій С.М., Юрченко С.О., Четверик О.О. Формування посівних якостей насіння зернобобових і зернових культур

Мета. Метою досліджень було вивчення закономірностей прояву і формування посівних якостей насіння зернобобових і зернових культур.

Методи. Використовували лабораторні (визначення показників посівних якостей насіння) та статистичні (обробка результатів досліджень) методи. Матеріалом для досліджень були зразки насіння п'яти зернобобових культур – нут звичайний, чина посівна, сочевиця харчова, сочевиця червона і маш; зразки насіння п'яти зернових культур – ячмінь звичайний ярий, пшениця тверда яра, пшениця м'яка яра, овес посівний плівчастий, овес посівний голозерний. Досліджували наступні показники – енергію проростання, лабораторну схожість, швидкість проростання, дружність проростання та індекс проростання. Статистична обробка результатів досліджень включала проведення кореляційного аналізу за допомогою програми «Statistica» .

Результати. За результатами досліджень найбільша енергія проростання насіння відмічена у машу (96 %), лабораторна схожість – у чини посівної і машу (100 %). Найбільш дружнім проростанням характеризувався також маш (33,3 %) із найменшим періодом проростання насіння (2,2 доби). За індексом проростання виділено маш (0,32). За результатами кореляційного аналізу було встановлено тісний зворотній зв'язок показника швидкості проростання із показниками енергії проростання, лабораторної схожості та дружності проростання (r=-0,72…-0,81). Індекс проростання характеризувався прямою сильною залежністю із показником швидкості проростання (r=0,99).

Висновки. Насіння зернобобових культур мало вищі показники енергії проростання, лабораторної схожості, дружності проростання та нижчі показники індексу проростання і швидкості проростання, порівняно із насінням зернових культур. За посівними якостями насіння серед зернобобових культур виділено маш, а серед зернових культур – овес посівний голозерний.

Ключові слова: енергія проростання, лабораторна схожість, швидкість проростання, дружність проростання, індекс проростання.

Bahan A.V., Shakalii S.M., Yurchenko S.O., Chetveryk O.O. Formation of sowing qualities of legume and grain crops seeds

Purpose. The purpose of the research was to study the regularities of manifestation and formation of sowing qualities of seeds of legume and grain crops.

Methods. Laboratory (determination of indicators of seed sowing qualities) and statistical (processing of research results) methods were used. The material for the research was seed samples of five legume crops – chickpea, chickling vetch, lentil, red lentil and mung bean; seed samples of five grain crops – spring barley, spring durum wheat, spring soft wheat, spring filmy oats, spring naked oats. The following parameters were studied: germination energy, laboratory germination, germination rate, seedling vigour and germination index. Statistical processing of the research results included correlation analysis using Statistica software.

Results. According to the research results, the highest seed germination energy was recorded for mung bean (96 %), laboratory germination – for chickling vetch and mung bean (100 %). Mung bean was also characterised by the highest seedling vigour (33.3 %) with the shortest period of seed germination (2.2 days). Mung bean had the highest germination index (0.32). The correlation analysis revealed a close correlation between the germination rate and the germination energy, laboratory germination and seedling vigour (r=-0.72...-0.81). The germination index was characterised by a direct strong correlation with the germination rate (r=0.99).

Conclusions. Legume seeds had higher indicators of germination energy, laboratory germination, seedling vigour and lower indicators of germination index and germination rate compared to grain seeds. In terms of seed quality, mung bean was distinguished among legumes, and naked oats among grain crops.

Key words: germination energy, laboratory germination, germination rate, seedling vigour, germination index.

УДК 631.816:635.656 (477.74)
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.2

МІНЕРАЛЬНІ ДОБРИВА ЯК ФАКТОР ПІДВИЩЕННЯ УРОЖАЙНОСТІ ГОРОХУ ПІДЗИМОВОЇ СІВБИ

БУРИКІНА С.І. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0002-5197-6586
Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України
СЕРГЄЄВ Л.А. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0003-4169-8938
Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Формування врожаю сільськогосподарських культур пов'язане з комплексом факторів, з яких важливе місце займають природно – кліматичні умови. За всіма сценаріями розвитку подій, клімат Південного Степу України від помірно континентального переходить до різко континентального. За результатами багаторічних спостережень встановлено, що в Одеській області, як і в інших областях південного степу спостерігається збільшення температурних екстремумів та аномальних явищ, перепад між денними і нічними температурами, подовження тривалості літньої спеки, зміни в перерозподілі кількості річних опадів, поширення опадів зливного характеру та сильних вітрів, збільшення періоду засухи [1–4].

Одним із напрямків адаптації сільськогосподарського виробництва до кліматичних змін є оновлення асортименту культур, адаптованих до нових умов вирощування [5]. На Одеській державній сільськогосподарській дослідній станції такі роботи розпочаті у 2016 році з вивчення можливостей таких культур як нут, сочевиця, горох підзимової сівби.

Горох підзимової сівби – культура нова для Південного Степу і перевага її в тому, що рослини можуть використовувати як зимову, так і весняну вологу. Нові культури, у тому числі і горох підзимової сівби, потребують розробки зональних технологій вирощування, складовою ланкою яких є система удобрення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аграрії України вперше ознайомилися із горохом підзимової сівби у 2016 році, коли було завезено сорти НС Мороз сербської селекції, Балтрап (Франція) та Ендуро. Пізніше, відомим селекціонером України В.І. Січкарем створено сорт Вавілон, який передано до державного сортовипробування.

Не всі вчені вважають сучасні сорти озимого гороху новим словом в селекції. Так, Олександр Гончаров [6] відмічає, що хоча «озимий» горох рекламують як останнє досягнення селекції, як диво-культуру для осіннього посіву, але на його погляд, морозостійкі сорти гороху існують, але вони, по-перше, не озимі, а просто зимуючі; по-друге, ці сорти є підправлені модифікації так званого «австрійського зимуючого гороху», який виробляється в Європі з кінця 19 століття, а в США і СРСР відомий з 1920-х років.

Незважаючи на розбіжність поглядів, горох озимий в умовах кліматичних змін знаходить своє місце в сівозмінах різних зон України та здобуває прихильність сільгоспвиробників. Окремі елементи технології його вирощування вивчаються та удосконалюються практиками та вченими, де за основу береться базова технологія гороху ярого, що стосується і системи удобрення, зокрема.

Перші посіви озимого гороху з'явилися у Вінницькій та Житомирській областях на полях ТОВ «Українка-Агро» восени 2016 року. Використовувався сорт НС – Мороз, попередники соняшник та гірчиця. На бідних ґрунтах під основний обробіток вносили 150 кг нітроамофоски та 200 кг аміачної селітри, на інших – 100 кг NPK; у фазі появи 4–5 листків проводили позакореневе підживлення препаратами сірки, магнію, молібдену, кобальту; у фазу бутонізації – бору. По мерзлоталому ґрунту для кращої регенерації надземної маси проводили підживлення азотними добривами в нормі 45–60 кг/га д.р. В результаті на чорноземних ґрунтах отримали урожай гороху озимого 4,3 т/га, на піщаних – 3,7 т/га [7].

На полях ФГ «Таврія-Скіф» (Запорізька область) займаються озимим горохом з 2018 року і в умовах Середнього Степу, де розташоване господарство, при несприятливих погодних умовах його посіви забезпечили урожай на рівні 3,0–3,1 т/га проти 1,3–2,0 т/га гороху ярого. Проводили підживлення посівів озимого гороху по мерзлоталому ґрунту дозою 70 кг/га мінерального азоту (аміачна селітра 200 кг/га), щодо основного внесення добрив фахівець інформацію не надав [8].

Ігор Карабанов – керівник ТОВ «НВК «Росток КІВ» (с. Мар'ївка Компаніївського району Кіровоградської області) відмічає, що сьогодні практичний досвід вирощування озимого гороху в Україні мають уже кілька десятків господарств, втім, відпрацювання елементів технології ще триває [9]. В його господарстві після збирання попередника вносили 150 кг/га амофосу та 150 діамофоски. Насіння сорту НС-Мороз, яке оброблене фунгіцидом, додатково обробляли стимулятором росту Вігортем-С – 0,5 кг/т та добривом з фунгіцидним ефектом Кафом Zn-Mn – 1,6 л/т. Навесні внесли 50 кг/га карбаміду; в середині квітня було проведено наступне підживлення посівів сумішшю Наповал 0,2 л/га + карбамід 3 кг/га + сульфат магнію 3 кг/га + Вігортем-С 0,3 кг/га + Кафом Zn-Mn 1,5 л/га; на початку травня провели чергове обприскування препаратами Наповал 0,2 л/га + Етаборо 1 л/га + карбамід 2 кг/га + сульфат магнію 1 кг/га + Вігортем-С 0,3 кг/га. В результаті отримали урожай до 5,0 т/га.

Очевидно, що сільгоспвиробники в питанні удобрення посівів гороху підзимової сівби, використовують досвід вирощування озимих злакових культур і, частково, – гороху ярого. Підкреслюємо, частково, оскільки вважається, що горох польовий потребує невеликої кількості азоту, поки не буде індукований симбіоз з Rhizobium, у всякому разі – до цвітіння. Для формування стручків рослини гороху використовують біологічно фіксований азот, і багато дослідників вважають, що цього достатньо для задоволення потреб рослини в азоті [10–12]. Але в дослідах E. Figueira з ізотопом азоту показано, що за найнижчого режиму азоту коефіцієнт використання ^{15}N горохом був подібним або вищим порівняно зі зерновими злаковими культурами і зменшувався разом із показниками азоту в ґрунті, що, на його думку, підтверджує потребу гороху в мінеральному азоті, зокрема на початку вегетації [13].

В наукових установах проведена велика кількість досліджень присвячених вивченню проблеми використання мінеральних добрив, зокрема, азотних, на продуктивність гороху та на процеси симбіотичної азотфіксації [14–24]. При цьому добрива вносили під основний обробіток, як припосівне і у підживлення, але єдиної думки щодо оптимальної норми азоту під горох, навіть в межах однієї ґрунтово-кліматичної зони не досягнуто.

З короткого огляду літератури очевидно, що наукові дослідження з питань системи живлення гороху посівного існують в основному для його ярих форм, результати яких неоднозначні. Для гороху озимого є, здебільшого, практичні спроби в різних господарствах України і система удобрення для нього підбирається по аналогії з ярим горохом. Відсутня наукова обґрунтованість оптимальних умов для живлення озимого гороху, але інтерес до нього зростає з огляду на глобальне потепління.

Тому, *метою досліджень* було вивчення ефективності різних доз мінеральних добрив при внесенні під горох підзимової сівби в посушливих умовах Південного Степу.

Матеріали та методика досліджень. Польові досліди проводились упродовж 2020–2023 рр. на дослідному полі Одеської державної сільськогосподарської дослідної станції ІКОСГ НААН, яке знаходиться в Одеському районі, Одеської області. Ґрунт дослідного поля – чорнозем південний малогумусний важко суглинковий на лесоподібних відкладах, середньо забезпечений доступними поживними речовинами.

Мінеральні добрива у вигляді аміачної селітри, нітроамофоски (15:15:15), суперфосфату простого та калійної солі вносили під передпосівну культивацію. Варіанти систем удобрення: 1) контроль без внесення добрив; 2) N_{30}; 3) N_{45}; 4) N_{60}; 5) $P_{40}K_{40}$; 6) $N_{30}P_{40}$; 7) $N_{30}K_{40}$; 8) $N_{60}P_{40}$; 9) $N_{60}K_{40}$; 10) $N_{30}P_{40}K_{40}$; 11) $N_{45}P_{40}K_{40}$; 12) $N_{60}P_{40}K_{40}$.

Горох сорту Ендуро висівали кожного року 20 жовтня сівалкою «Клен-1,5 С» з міжряддям 15 см, нормою висіву 1,2 млн./га, розміром ділянки 10х1,5 м; попередник пшениця озима м'яка. Повторність – чотирьохкратна. Обробіток ґрунту – різноглибинний, загальноприйнятий для богарних умов південного степу.

Для збирання падалиці зернових колосових і проти дводольних бур'янів обробляли посіви гербіцидом (базагран 1,5 л/га + пульсар 0,5 л/га); збирання та облік врожаю проводили в червні місяці (16–23 числа) комбайном «Sampo-130».

Проведення польових досліджень, розміщення дослідів в натурі, відбір зразків та їх аналізування проводилось у відповідності до стандартних методик. Статистична обробка результатів досліджень – з використанням загальноприйнятих в рослинництві методик.

Погодні умови років досліджень дуже відрізнялися за температурним режимом, кількістю опадів та їх розподілом за періодами росту рослин гороху підзимової сівби. Кількість опадів, що випали в період від жовтня до травня місяця у 2021 році склала 336 мм, 2022 р. – 208,6 мм та 2023 р. – 356 мм.

У всі роки спостережень допосівний період і період від посіву до сходів були забезпечені опадами недостатньо: передпосівний час найгіршим був у 2021 році, коли від загальної кількості випало всього 11,5% (рис. 1); сходи гороху потерпали від нестачі вологи у всі роки; в зимовий період найбільша частка опадів була у 2022 році, найменша (20,9%) – 2023 р.; під час весняної вегетації найгірше почували себе рослини гороху у 2022 році: за три місяці вони отримали всього 46,1 мм опадів, що склало 22,1% від загальної кількості. Весняна вологозабезпеченість була найкраща у поточному 2023 році, з березня по травень місяць випало 176 мм опадів (49,5% від суми).

Температура повітря у всі роки і протягом всього періоду вища за кліматичну норму (рис. 2), що ще раз підтверджує висновки щодо потепління в нашому регіоні.

Результати досліджень. З трьох років досліджень мінімальний урожай отримали у 2022 році (табл. 1): за варіантами добрив він коливався від 1,67 т/га до 2,06 т/га, тим самим приріст виходу зерна з одиниці площі складав від 11,3% до 37,3%; у 2022 та 2023 роках рівень урожайності в середньому за варіантами добрив був практично однаковий: 3,97 та 3,95 т/га.

В середньому за три роки найбільші прирости урожаю отримали при використанні повного мінерального добрива $N_{30}P_{40}K_{40}$ та $N_{45}P_{40}K_{40}$, 66,4% і 59,6%, відповідно. Внесення лише фосфорно – калійних добрив дозою $P_{40}K_{40}$ забезпечило підвищення урожайності на 1,22 т/га (54,7%). Ефективність азотно – калійних добрив порівняно вище за азотно – фосфорні на 6,1% та 7,6% відповідно дозам азоту 30 кг/га та 60 кг/га.

Аналіз агрономічної ефективності добрив за роками досліджень (рис. 3) дозволив виявити основні дві тенденції: перша – падіння окупності добрив, як повного мінерального, так і моно азоту із зростанням його дози внесення і друга – вихід зерна на 1 кг моно азоту вищий за повне мінеральне добриво з відповідною дозою. Можна відмітити і третю тенденцію: окупність добрив залежить від погодних умов вегетаційного періоду. Так, якщо у 2021 та 2023 роках на 1 кг азоту відповідно дозі внесення додатково отримували від 25,7 до 10,8 кг зерна,то у 2022 – лише 5,7–3,7 кг; аналогічно і для NPK –19,1–9,4 проти 5,1–1,9 кг/кг.

Дійсно кореляційний аналіз показав практично функціональну залежність агрономічної ефективності від

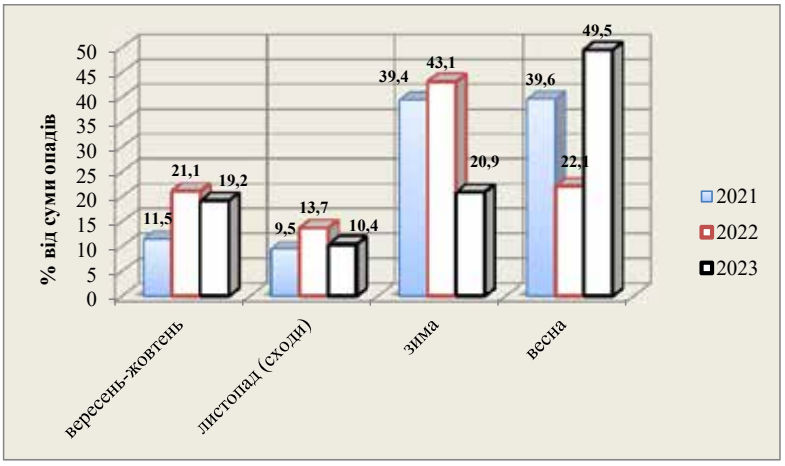


Рис. 1. Розподіл опадів за періодами розвитку гороху підзимової сівби в роки досліджень

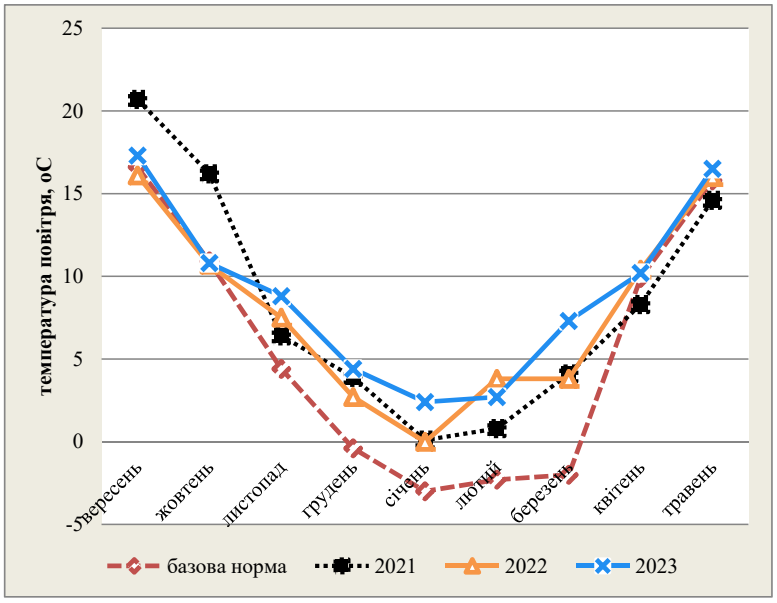


Рис. 2. Середньомісячна температура повітря в роки досліджень

Таблиця 1

Урожай зерна гороху підзимової сівби за варіантами систем удобрення та роками досліджень, т/га

Варіант удобрення	2021	2022	2023	середнє	± до контролю	
					т/га	%
контроль	2,72	1,50	2,46	2,23	-	-
N_{30}	3,46	1,67	3,23	2,79	0,56	25,1
N_{45}	3,39	1,80	3,47	2,89	0,66	29,6
N_{60}	3,37	1,72	3,66	2,92	0,69	30,9
$P_{40}K_{40}$	4,30	1,85	4,19	3,45	1,22	54,7
$N_{30}P_{40}$	3,69	1,94	4,22	3,28	1,05	47,1
$N_{30}K_{40}$	4,22	1,98	4,24	3,48	1,25	56,0
$N_{60}P_{40}$	4,20	1,95	3,31	3,15	0,92	41,3
$N_{60}K_{40}$	4,34	1,98	3,85	3,39	1,16	52,0
$N_{30}P_{40}K_{40}$	4,51	2,06	4,56	3,71	1,48	66,4
$N_{45}P_{40}K_{40}$	4,19	1,80	4,68	3,56	1,33	59,6
$N_{60}P_{40}K_{40}$	4,03	1,77	4,06	3,29	1,06	47,5
$НСР_{0.95}$	0,15	0,15	0,19			

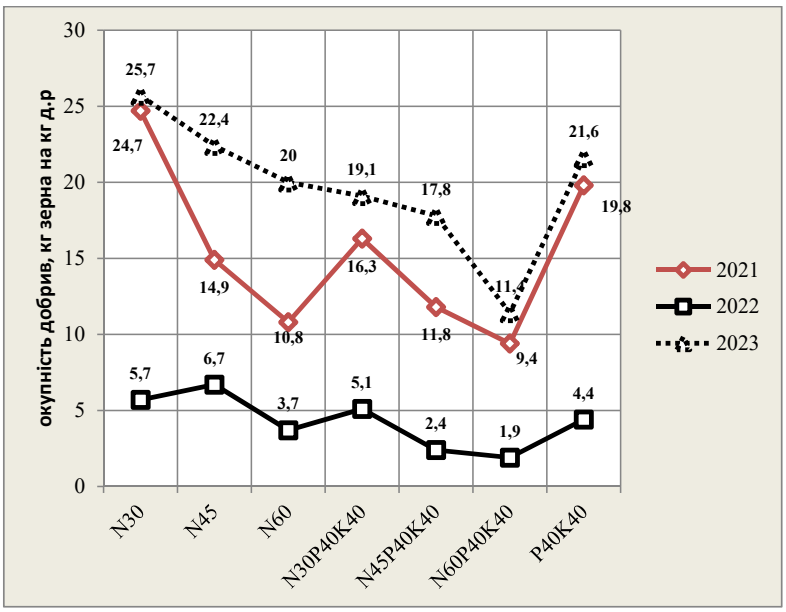


Рис. 3. Окупність 1 кг діючої речовини мінеральних добрив приростами зерна гороху озимого

загальної вологозабезпеченості вегетаційного періоду (r=0,94), високу – від накопичення вологи на момент відновлення весняної вегетації (r=0,89) та середню – від кількості опадів в період посів – сходи та під час активної весняної вегетації (r=0,62–0,66). Загалом частка впливу опадів до сходового періоду і весняної вегетації склала 22,8 та 25,9%, а опадів від припинення до відновлення вегетації – 51,3%. Спостерігали підвищення тісноти зв'язку між кількістю опадів в осінній період вегетації із зростанням дози азотного добрива як у чистому вигляді, так і в складі повного мінерального добрива. В першому випадку коефіцієнти кореляції становили 0,40; 0,76; 0,82; в другому – 0,52; 0,53; 0,69. Як бачимо, у випадку з моно азотними добривами частка впливу опадів різко зростає з 16,0% до 67,2% (у 4,2 рази) із підвищенням дози азоту з 30 до 60 кг/га, а при використанні вказаних норм азоту на фоні фосфорно-калійних добрив частка впливу підвищується у меншій мірі – в 1,8 рази.

Висновки. Внесення мінеральних добрив при посіві гороху підзимової сівби в посушливих умовах Південного степу сприяє підвищенню продуктивності культури. Найбільші прирости урожаю зерна (1,48–1,33 т/га) отримані при використанні повного мінерального добрива $N_{30\text{-}45}P_{40}K_{40}$.

Середня за три роки агрономічна ефективність азотних добрив в ряду N_{30} – N_{45} – N_{60} складала 18,7–14,7–11,5 кг зерна на одиницю діючої речовини, а в ряду $N_{30}P_{40}K_{40}$ – $N_{45}P_{40}K_{40}$ – $N_{60}P_{40}K_{40}$ – 13,4–10,6–9,5.

Ефективність азотно – калійних добрив вища за азотно – фосфорні на 6,1% та 7,6% відповідно дозам азоту 30 кг/га та 60 кг/га.

Продуктивність гороху підзимової сівби та ефективність дії мінеральних добрив визначається вологозабезпеченістю періодів вегетації (r=0,89; 0,62; 0,65). Чим більша доза внесення мінеральних добрив, тим більший вплив на їх ефективність мають опади осіннього періоду, причому при використанні лише азотних добрив частка впливу опадів зростає у 4,2 рази при переході з N_{30} до $N_{60,}$ а при переході з $N_{30}P_{40}K_{40}$ до $N_{60}P_{40}K_{40}$ – в 1,8 рази.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Івус Г.П., Гончарова Л.Д., Косолапова Н.І. Просторово – часове розподілення атмосферних опадів в Одеському регіоні на початку XXI століття. *Український гідрометеорологічний журнал.* 2018. № 22. С.16–27.
2. Гончарова Л.Д., Прокоф'єв О.М. Кліматогеографічні особливості розподілу опадів на території України в осінній період. *Екологічні науки*. 2021. № 2 (35). С. 94–98. DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.2-35.16
3. Вожегова Р.А., Нетіс І.Т., Онуфран Л.І., Сахацький Г.І. Зміна клімату та проблеми юридизації Південного степу України. *Аграрні інновації*. 2021. № 7. С.16–20. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.7.3
4. Бурикіна С.І., Цуркан О.І. Тенденції сучасної зміни агрокліматичної ситуації на території степової чорноземної зони Півдня України. *Таврійський науковий вісник*. Херсон: Видавничий дім «Гельветика», 2020. Випуск 111. С. 29–43. DOI https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.111.4
5. Climate, agriculture and food security: A strategy for change. Alliance of the CGIAR Centers, 2009. 45 p.
6. Гончаров О. Горох на морозі: незвичайні технології для звичайних сортів. URL: http://mbv.org.ua/Peas_in_the_cold
7. Озимий горох НС Мороз. Південь. Агролідер. URL: www.ug...-agrolider.com.ua_
8. Козак Г. Озимий горох – гідна альтернатива ярому. *Пропозиція.* 2019. № 5. С. 52–55.
9. Тонкощі вирощування озимого гороху. Інтерв'ю з Ігорем Карабановим. Агроном. 2018. URL: https://www.agronom.com.ua/igor-karabanov-vlasnyk-tov-nvk-rostok-kiv/

10. Коблай С.В. Адаптивний потенціал різних за морфо типом сортів гороху. Матеріали ІІ міжнародної науково-практичної конференції, 3 листопада 2016 р. м. Київ. "*Світові рослинні ресурси: стан і перспективи розвитку"*. Український Інститут експертизи сортів рослин. Вінниця. Нілан-ЛТД. 2016. С. 38–40.
11. Андрушко М. О. Формування продуктивності гороху залежно від елементів системи удобрення. Міжвідомчий тематичний науковий збірник "*Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*". Львів-Оброшине, 2019. Випуск 66. С. 8–20. DOI: http://phzt-journal.isgkr.com.ua/ua-66/1.pdf
12. Vessey J.K. Cultivar differences in assimilate partitioning and capacity to maintain N_2 fixation rate in pea during podfilling. *Plant and Soil.* 1992. 139: 185–194.
13. Figueira E. Pea Cultivation in Saline Soils: influence on Nitrogen Nutrition. In : Khan M., Zaidi A., Mussarat J. (eds) Microbial Strategies for Crop Improvement. Springer, Berlin:Heidelberg. 2009. P. 267–286. htpps:// doi.org/10.1007/978-3-642-01979-1_13.
14. Андрушко М.О. Вплив елементів системи удобрення на врожайність гороху. Інститут сільського господарства Карпатського регіону. Матеріали VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених «*Актуальні проблеми агропромислового виробництва України*». 14 листопада 2019 р. Львів – Оброшине. 2019. С.3-4.
15. Дворецька С., Любчич О. Мінеральне живлення гороху. *Пропозиція*. 2016. № 11. С. 66–72.
16. Єремко Л.С., Гангур В.В., Киричок О.О., Сокирко Л.П. Мінеральне живлення як фактор підвищення фотосинтетичної продуктивності та урожайності посівів гороху. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2019. № 3. С .50–56.
17. Камінський В.Ф., Сокирко Д.П., Гангур В.В. Вплив технологічних прийомів на формування продуктивності гороху в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 117. С. 73–79. Doi https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.117.10.
18. Телекало Н.В. Вплив комплексу технологічних прийомів на вирощування гороху посівного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 13. С. 84–93.
19. Центило Л.В. Функціонування азотфіксувального симбіозу та продуктивність гороху за різних рівнів удобрення. *Сільськогосподарська мікробіологія.* 2016. Вип. 24. С. 37–42.
20. Faligowska A., Kalembasa S., Kalembasa D., PanasiewiczK.,SzymańskaG.,RatajczakK.,SkrzypczakG. The Nitrogen Fixation and Yielding of Pea in Different Soil Tillage Systems. *Agronomy*. 2022. 12(2):352. https://doi.org/10.3390/agronomy12020352.
21. Hu F., Tan Y., Yu A., Zhao C., Coulter J.A., Fan Z., Yin W., Fan H., Chai Q. Low N Fertilizer Application and Intercropping Increases N Concentration in Pea (*Pisum sativum* L.) Grains. *Frontiers in Plant Science*. 2018. 9:1763. doi: 10.3389/fpls.2018.01763
22. Lithourgidis A.S., Vlachostergios D.N., Dordas C.A., Damalas C.A. Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea-cereal intercropping systems. *European Journal of Agronomy*. 2011. 34: 287–294.
23. Lykhochvor V., Andrushko M., Andrushko O. Influence of variety, elements of the fertilization system, sowing rates of seeds on the pea yield (Pisum sativum). *Folia pomeranae universitatis technologiae stetinensis*. Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin., Agric., Aliment., Pisc., Zootech. 2020. Wydanie 355(54)2. Pp. 23–30. DOI: 10.21005/AAPZ2020.54.2.03
24. Neugschwandtner R.W., Kaul H.-P. Nitrogen uptake, use and utilization efficiency by oat-pea intercrops. *Field Crops Research*. 2015. 179: 113–119.

REFERENCES:

1. Ivus, H.P., Honcharova, L.D., & Kosolapova, N.I. (2018). Prostorovo – chasove rozpodilennya atmosfernykh opadiv v Odeskomu rehioni na pochatku XXI stolittya. [Spatial and temporal distribution of precipitation in the Odesa region at the beginning of the 21st century]. *Ukrayinskyy hidrometeorolohichnyy zhurnal – Ukrainian hydrometeorological journal*, № 22, 16–27 [in Ukrainian].
2. Honcharova, L.D., & Prokofyev, O.M. (2021). Klimato–heohrafichni osoblyvosti rozpodilu opadiv na terytoriyi Ukrayiny v osinniy period. [Climatic-geographic features of the distribution of precipitation on the territory of Ukraine in the autumn period]. *Ekolohichni nauky. – Environmental sciences*, №2 (35), 94–98. DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.2-35.16 [in Ukrainian].
3. Vozhehova, R.A., Netis, I.T., Onufran, L.I., & Sakhatskyi, H.I. (2021). Zmina klimatu ta problemy yurydyzatsii Pivdennoho stepu Ukrainy [Climate change and aridization of the Southern Steppe of Ukraine]. *Ahrarni innovatsii – Agricultural innovations, 7, 16–20*. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.7.3 [in Ukrainian].
4. Burykina, S.I., & Tsurkan, O.I. (2020). Tendentsii suchasnoi zminy ahroklimatychnoi sytuatsii na terytorii stepovoi chornozemnoi zony Pivdnia Ukrainy [Trends of modern changes in the agroclimatic situation in the steppe chernozem zone of southern Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk – Tavrichesky scientific bulletin,* 111, 29–43. DOI https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.111.4 [in Ukrainian].
5. Climate, agriculture and food security: A strategy for change. (2009). Alliance of the CGIAR Centers, 45 [in English].
6. Honcharov, O. Horokh na morozi: nezvychayni tekhnolohiyi dlya zvychaynykh sortiv [Peas in the frost: unusual technologies for ordinary varieties]. URL: http://mbv.org.ua/Peas_in_the_cold [in Ukrainian].
7. *Ozymyy horokh NS Moroz. Pivden Ahrolider [Winter peas NS Moroz. South. Agroleade].* URL: www.ug...-agrolider.com.ua [in Ukrainian].
8. Kozak, H. (2019). Ozymyy horokh – hidna al'ternatyva yaromu. [Winter peas are a worthy alternative to spring peas.] *Propozytsiya–Proposition.* 5, 50–55. [in Ukrainian].
9. Tonkoshchi vyroshchuvannya ozymoho horokhu. Interv"yu z Ihorem Karabanovym. (2018). [Subtleties of growing winter peas. Interview with Igor Karabanov]. *Ahronom–Agronomist.* URL: https://www.agronom.com.ua/igor-karabanov-vlasnyk-tov-nvk-rostok-kiv/ [in Ukrainian].
10. Koblay, S.V. (2016). Adaptyvnyy potentsial riznykh za morfo typom sortiv horokhu [Adaptive potential of pea varieties of different morphological types]. *Materialy II mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi*, 3 lystopada 2016 r. m. Kyiv. Svitovi roslynni resursy: stan i perspektyvy rozvytku: *Materials of the II international*

scientific and practical conference, November 3, Kyiv, 38–40 [in Ukrainian].
11. Andrushko, M.O. (2019). Formuvannya produktyvnosti horokhu zalezhno vid elementiv systemy udobrennya [Formation of pea productivity depending on the elements of the fertilization system]. Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo – Foothill and mountain agriculture and animal husbandry, 66, 8–20. DOI: http://phzt-journal.isgkr.com.ua/ua-66/1.pdf [in Ukrainian].
12. Vessey, J.K. (1992). Cultivar differences in assimilate partitioning and capacity to maintain N_2 fixation rate in pea during podfilling. *Plant and Soil,* 139, 185–194
13. Figueira, E. (2009). Pea Cultivation in Saline Soils: influence on Nitrogen Nutrition. In : Khan M., Zaidi A., Mussarat J. (eds) Microbial Strategies for Crop Improvement. Springer, Berlin:Heidelberg. P. 267–286. htpps:// doi.org/10.1007/978-3-642-01979-1_13
14. Andrushko, M.O. (2019). Vplyv elementiv systemy udobrennya na vrozhaynist horokhu [The influence of elements of the fertilization system on the yield of peas]. Materialy VIII Vseukrayinkoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi molodykh vchenykh *"Aktualni problemy ahropromyslovoho vyrobnytstva Ukrayiny"*. 14 lystopada 2019 r. – Materials of the 8th All-Ukrainian scientific and practical conference of young scientists "*Actual problems of agro-industrial production of Ukraine"*. November 14, 2019. LvivObroshine, 3–4 [in Ukrainian].
15. Dvoretska, S., & Lyubchych, O. (2016). Mineralne zhyvlennya horokhu [Mineral nutrition of peas]. *Propozytsiya – Proposition,* 11, 66–72 [in Ukrainian].
16. Yeremko, L.S., Hanhur, V.V., Kyrychok, O.O., & Sokyrko, L.P. (2019). Mineralne zhyvlennya yak faktor pidvyshchennya fotosyntetychnoyi produktyvnosti ta urozhaynosti posiviv horokhu [Mineral nutrition as a factor in increasing photosynthetic productivity and yield of pea crops]. *Visnyk Poltavskoyi derzhavnoyi ahrarnoyi akademiyi – Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy,* 3, 50–56 [in Ukrainian].
17. Kaminskyi, V.F., Sokyrko, D.P., & Hanhur, V.V. (2021). Vplyv tekhnolohichnykh pryyomiv na formuvannya produktyvnosti horokhu v umovakh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrayiny [The influence of technological methods on the formation of pea productivity in the conditions of the Left Bank Forest Steppe of Ukraine] *Tavriyskyy naukovyy visnyk – Tavrichesky scientific bulletin,* 117, 73–79. Doi https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.117.10 [in Ukrainian].
18. Telekalo, N.V. (2019). Vplyv kompleksu tekhnolohichnykh pryyomiv na vyroshchuvannya horokhu posivnoho [The influence of a complex of technological techniques on the cultivation of field peas]. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo – Agriculture and forestry*, 13, 84–93 [in Ukrainian].
19. Tsentylo, L.V. (2016). Funktsionuvannya azotfiksuvalnoho symbiozu ta produktyvnist' horokhu za riznykh rivniv udobrennya [Nitrogen-fixing symbiosis functioning and pea productivity at different levels of fertilization.] *Silskohospodarska mikrobiolohiya – Agricultural microbiology,* 24, 37–42 [in Ukrainian].
20. Faligowska,A.,Kalembasa,S.,Kalembasa,D.,Panasiewicz,K., Szymańska, G., Ratajczak, K., & Skrzypczak, G. (2022). The Nitrogen Fixation and Yielding of Pea in Different Soil Tillage Systems. *Agronomy*. 12(2):352. https://doi.org/10.3390/agronomy12020352
21. Hu, F., Tan, Y., Yu, A., Zhao, C., Coulter, J.A., Fan, Z., Yin, W., Fan, H., Chai, Q. (2018). Low N Fertilizer Application and Intercropping Increases N Concentration in Pea (*Pisum sativum* L.) Grains. *Frontiers in Plant Science*, 9:1763. doi: 10.3389/fpls.2018.01763
22. Lithourgidis, A.S., Vlachostergios, D.N., Dordas, C.A., & Damalas, C.A. (2011). Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea-cereal intercropping systems. *European Journal of Agronomy*. 34: 287–294
23. Lykhochvor, V., Andrushko, M., & Andrushko, O. (2020). Influence of variety, elements of the fertilization system, sowing rates of seeds on the pea yield (*Pisum sativum*). *Folia pomeranae universitatis technologiae stetinensis*. Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin., Agric., Aliment., Pisc., Zootech. Wydanie 355(54)2. Pp. 23–30. DOI: 10.21005/AAPZ2020.54.2.03
24. Neugschwandtner, R.W., & Kaul, H.-P. (2015). Nitrogen uptake, use and utilization efficiency by oat-pea intercrops. *Field Crops Research*, 179, 113–119

Бурикіна С.І., Сергєєв Л.А. Мінеральні добрива як фактор підвищення урожайності гороху підзимової сівби

Мета. Вивчити ефективність різних доз мінеральних добрив при внесенні під горох підзимової сівби в посушливих умовах Південного Степу. **Методи.** В тимчасових дослідах впродовж 2020–2023 рр**.** досліджували вплив систем удобрення на формування урожайності гороху підзимової сівби. Горох сорту Ендуро висівали кожного року 20 жовтня сівалкою «Клен-1,5 С» з міжряддям 15 см, нормою висіву 1,2 млн./га, розміром ділянки 10х1,5 м; попередник пшениця озима м'яка. Повторність – чотирьохкратна. **Результати.** Середній за варіантами добрив урожай зерна гороху підзимової сівби за роками досліджень був наступний: 2021 р. – 3,98 т/га (+45,9% до варіанту без добрив); 2022 р. – 1,87 т/га (+24,6%) та 2023 р. – 3,95 т/га (+60,6%). Ефективність впливу добрив на формування врожаю гороху озимого визначалася видом удобрення та умовами вологозабезпеченості вегетаційного періоду: в середньому за роки досліджень найбільші прирости урожаю отримали при використанні повного мінерального добрива $N_{30}P_{40}K_{40}$ та $N_{45}P_{40}K_{40}$, 66,4% і 59,6%; внесення фосфорно-калійних добрив дозою $P_{40}K_{40}$ забезпечило підвищення урожайності на 1,22 т/га (54,7%); ефективність азотно – калійних добрив порівняно вище за азотно – фосфорні на 6,1% та 7,6% відповідно дозам азоту 30 кг/га та 60 кг/га. Встановлено: додатковий вихід зерна з одиниці площі на одиницю діючої речовини добрив зменшується із зростанням дози внесення мінерального добрива; окупність 1 кг д.р. мінерального азоту при його внесенні як моно добрива вища за повне мінеральне добриво з відповідною дозою азоту; агрономічна ефективність систем удобрення залежить від опадів за періодами росту і розвитку гороху підзимової сівби. **Висновки**. Внесення мінеральних добрив при посіві гороху підзимової сівби в посушливих умовах Південного степу сприяє підвищенню продуктивності культури. Найбільші прирости урожаю зерна (1,48–1,33 т/га) отримані при використанні повного мінерального добрива $N_{30\text{-}45}P_{40}K_{40.}$ Середня за три роки агрономічна ефективність азотних добрив в ряду N_{30} – N_{45} – N_{60} складала 18,7–14,7–11,5 кг зерна на одиницю діючої речовини, а в ряду $N_{30}P_{40}K_{40}$ – $N_{45}P_{40}K_{40}$ – $N_{60}P_{40}K_{40}$ – 13,4–10,6–9,5. Продуктивність гороху підзимової сівби та ефективність дії мінеральних добрив

визначається вологозабезпеченістю періодів вегетації (r=0,89; 0,62; 0,65). Чим більша доза внесення мінеральних добрив, тим більший вплив на їх ефективність мають опади осіннього періоду, причому при використанні лише азотних добрив частка впливу опадів зростає у 4,2 рази при переході з N_{30} до $N_{60,}$ а при переході з $N_{30}P_{40}K_{40}$ до $N_{60}P_{40}K_{40}$ – в 1,8 рази.

Ключові слова: горох, продуктивність, система удобрення, агрономічна ефективність.

Burykina S.I., Serhieiev L.A. Mineral fertilizers as a factor in increasing the yield of winter-sowing peas

Purpose. To study the effectiveness of different doses of mineral fertilizers when applied to peas under winter sowing in arid conditions of the Southern Steppe. **Methods.** In temporary experiments during 2020–2023, the influence of fertilization systems on the formation of pea yield of winter sowing was studied. Peas of the Enduro variety were sown every year on October 20 with a "Maple-1.5 C" planter with a row spacing of 15 cm, a seeding rate of 1.2 million/ha, a plot size of 10x1.5 m; predecessor of soft winter wheat. Repetition – fourfold. **The results.** The average yield of pea grain for winter sowing according to fertilizer options was as follows: 2021 – 3.98 t/ha (+45.9% compared to the option without fertilizers); 2022 – 1.87 t/ha (+24.6%) and 2023 – 3.95 t/ha (+60.6%). The effectiveness of the effect of fertilizers on the formation of the winter pea crop was determined by the type of fertilizer and the conditions of the moisture supply of the growing season: on average, over the years of research, the largest yield increases were obtained when using complete mineral fertilizer $N_{30}P_{40}K_{40}$ and $N_{45}P_{40}K_{40}$, 66.4% and 59.6%; application of phosphorus-potassium fertilizers with a dose of P40K40 ensured an increase in productivity by 1.22 t/ha (54.7%); the effectiveness of nitrogen-potassium fertilizers is comparatively higher than nitrogen-phosphorus by 6.1% and 7.6%, respectively, at nitrogen doses of 30 kg/ha and 60 kg/ha. Installed: additional yield of grain per unit of area per unit of active substance of fertilizers decreases with increasing dose of mineral fertilizer application; payback of 1 kg d.r. of mineral nitrogen when it is applied as a mono fertilizer is higher than a complete mineral fertilizer with the corresponding dose of nitrogen; the agronomic efficiency of fertilization systems depends on precipitation during the periods of growth and development of peas for winter sowing. **Conclusions**. The introduction of mineral fertilizers during the sowing of winter peas in the arid conditions of the Southern Steppe helps to increase the productivity of the crop. The largest increases in grain yield (1.48–1.33 t/ha) were obtained when using complete mineral fertilizer $N_{30\text{-}45}P_{40}K_{40}$. The average agronomic efficiency of nitrogen fertilizers in the N_{30} – N_{45} – N_{60} series over three years was 18.7–14.7–11.5 kg of grain per unit of active substance, and in the series $N_{30}P_{40}K_{40}$ – $N_{45}P_{40}K_{40}$ – $N_{60}P_{40}K_{40}$ – 13.4–10.6–9.5. The productivity of winter-sowing peas and the effectiveness of mineral fertilizers are determined by the availability of moisture during the growing season (r=0.89, 0.62, 0.65). The greater the dose of mineral fertilizers, the greater the effect of autumn precipitation on their effectiveness, and when only nitrogen fertilizers are used, the proportion of precipitation increases by 4.2 times when going from N30 to N60, and by 1 when going from $N_{30}P_{40}K_{40}$ to $N_{60}P_{40}K_{40}$, 8 times.

Key words: peas, productivity, fertilization system, agronomic efficiency.

УДК 551.501.7 (477.72)
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.3

МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ БАЗИ ДАНИХ "GLOBAL ARIDITY INDEX AND POTENTIAL EVAPOTRANSPIRATION (ET_0) DATABASE V3" В АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

ВОЖЕГОВА Р.А. – доктор сільськогосподарських наук, професор,
академік Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-3895-5633
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
ЛИХОВИД П.В. – кандидат сільськогосподарських наук, докторант
orcid.org/0000-0002-0314-7644
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
ЛАВРЕНКО С.О. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0003-3491-1438
Херсонський державний аграрно-економічний університет
ПІЛЯРСЬКА О.О. – кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник
orcid.org/0000-0001-8649-0618
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Оцінка поточної агрокліматичної ситуації на тлі глобального потепління є важливим етапом планування раціональної сільськогосподарської діяльності. В умовах кліматичних змін надзвичайно гостро постає проблема забезпечення сталого виробництва продукції рослинництва за одночасного зниження антропогенного тиску на природні екосистеми та довкілля. У реаліях сьогодення найбільш перспективним напрямом розвитку аграрного сектору України є трансфер до кліматично орієнтованого сільського господарства. Останнє передбачає перегляд агротехнологій в контексті їх еколого-економічної ефективності з урахуванням низки агрокліматичних параметрів, зокрема, рівня посушливості територій [1]. Саме тому проблематика вибору методологічного підходу до оцінки агрометеорологічних індексів, які прямо або опосередковано характеризують ступінь аридності клімату, є надзвичайно важливим і актуальним питанням сучасної аграрної науки та кліматології.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасна кліматологія у своєму розпорядженні має низку принципово відмінних методологічних підходів до оцінки посушливості клімату. Найбільшої уваги з точки зору агрокліматичного районування та планування сільськогосподарської діяльності заслуговують методики оцінки таких індексів як гідротермічний коефіцієнт (ГТК) [2]; прямий дефіцит природного зволоження (або баланс природної вологи) [1]; індекс інтенсивності посухи за Палмером (PDSI, доволі складний у розрахунку та дуже широко використовуваний у США) [3]; стандартизований індекс опадів (SPI) та стандартизований індекс опадів і випаровування (SPEI) [4, 5], які поряд із високою чутливістю мають у своїй основі недолік визначення евапотранспірації за рівнянням Торнтвейта, яке на тлі змін клімату є неприйнятним для оцінки випаровуваності [6]; індекс аридності (AI), який є одним із найбільш поширених у світовій практиці для класифікації територій за рівнем посушливості клімату, є відносно простим у розрахунку та водночас доволі точно відображає реальну кліматичну ситуацію, оскільки базується на стандартизованому ФАО індексі евапотранспірації за Пенман-Монтейтом [7].

Водночас, окрім зазначених вище підходів, існують відкриті джерела та бази даних агрокліматичної інформації, які можуть використовуватися науковцями та практиками. До однієї з таких баз даних належить "Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database v3" (оновлена у березні 2022 року). Ця база являє собою набір супутникових зображень високої роздільно здатності (30 арксекунд) щодо глобальної гідро-кліматичної характеристики планети, усередненої за період 1970–2000 рр., за основними показниками евапотранспірації (розрахунок за рівнянням Пенман-Монтейта з урахуванням просторової складової) та індексу аридності (з урахуванням просторових складових евапотранспірації та розподілу опадів). Перевірка якості просторових агрометеорологічних даних із базовими показниками бази даних ФАО "CLIMWAT 2.0 for CROPWAT" та британської бази кліматичних даних "Climate Research Unit: Time Series v 4.04" засвідчили про високу спорідненість і відповідність між ними (коефіцієнти детермінації склали 0,85 та 0,89 для евапотранспірації та 0,90 і 0,83 для індексу аридності, відповідно) [8]. Наразі "Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database v3" є однією з найбільших доступних метеорологічних баз даних для оцінки посушливості клімату, що знайшло відображення у її широкому застосуванні у світовій практиці.

Втім, враховуючи просторовий компонент бази даних, варто переконатися, наскільки достовірно і точно вона здатна описувати реальну ситуацію клімату на локальному рівні, оскільки використання недостовірних даних у агрокліматичному районуванні та прогнозуванні впливатиме на ефективність запровадження дій щодо

трансферу до кліматично орієнтованого сільського господарства.

Мета. Здійснити оцінку агрокліматичної ситуації в Херсонській області за період 1970–2000 рр. за даними бази “Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database v3” та порівняти результати зі стандартизованою методикою Пенман-Монтейта із розрахунком параметрів за даними обласного гідрометеорологічного центру, а також з авторською методикою, реалізованою у мобільному додатку Evapotranspiration Calculator (Ukraine) (також за даними обласного гідрометеорологічного центру).

Матеріали та методика досліджень. Зображення, що включено в базу даних “Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database v3”, представлено в форматі GeoTIFF для обробки та інтерпретації в ГІС-програмах. У якості базового ГІС-середовища нами було використано програмне забезпечення QGIS 3.10 A Coruna. Необроблені зображення було проаналізовано засобами растрового аналізу та класифіковано відповідно до градацій евапотранспірації (рис. 1) та індексу аридності (рис. 2). При цьому пікові значення агрометеорологічних показників склали 4050 мм для річної евапотранспірації та 10 одиниць для індексу аридності.

Показники евапотранспірації та індексу аридності було розраховано за даними обласного гідрометеорологічного центру Херсонської області за стандартизованим рівнянням Пенман-Монтейта [9] за період 1970–2000 рр., а індекс аридності розраховано з урахуванням даних гідрометеорологічного центру за даний період. Індекс аридності розраховували за стандартизованою міжнародною методикою [10].

Крім того, оцінку евапотранспірації за досліджуваний період було виконано в мобільному додатку Evapotranspiration Calculator (Ukraine) із використанням неуточнених (середніх) показників метеорологічного індексу [11].

Різницю в оцінці агрометеорологічних індексів виконували як в абсолютній величині, так і у відсотках до стандартного методу визначення (Пенман-Монтейт).

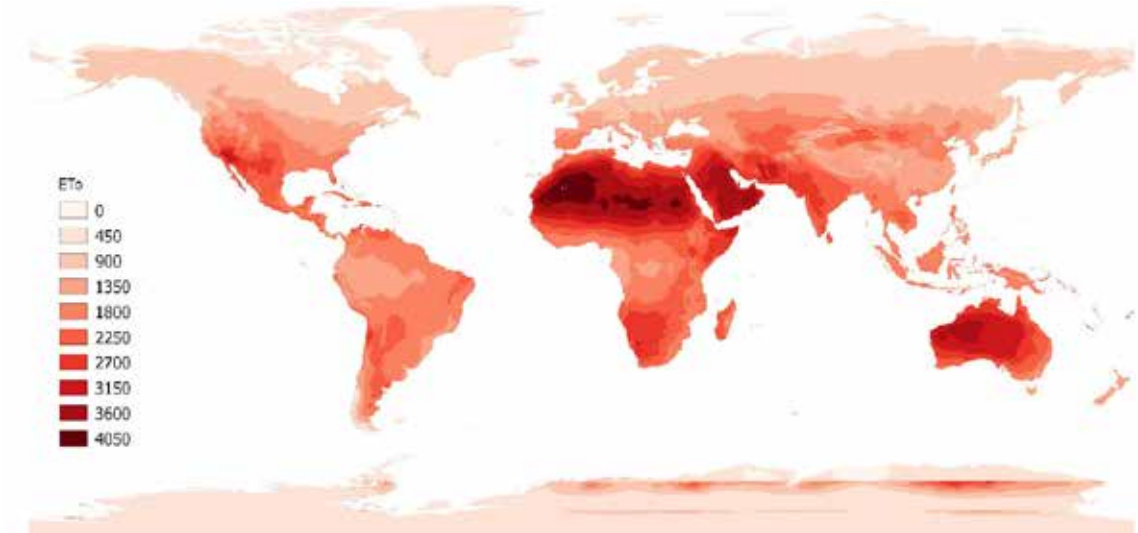


Рис. 1. Глобальний показник евапотранспірації (1970-2000 рр.) згідно бази даних “Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database v3” (авторська інтерпретація)

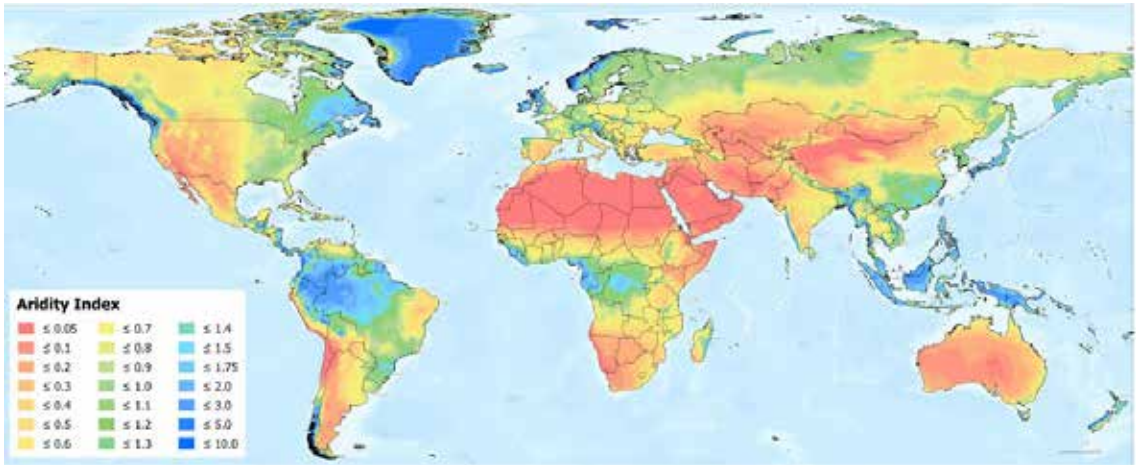


Рис. 2. Глобальний показник індексу аридності (1970–2000 рр.) згідно бази даних “Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database v3” (інтерпретовано згідно [8])

Результати досліджень. Результати порівняльної оцінки різних методологічних підходів щодо визначення посушливості клімату на території Херсонської області за період 1970–2000 рр. вказують на те, що згідно сучасної класифікації усі три досліджувані методи класифікують клімат регіону як напів-посушливий (або напіваридний, індекс аридності в межах 0,20–0,50). Не дивлячись на вищевказане, помітна відчутна різниця у оцінці величини евапотранспірації та індексу аридності за базовими зображеннями "Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database v3" та стандартизованою методикою Пенман-Монтейта. У той самий час, відмінності між стандартизованим рівнянням та модифікованим (Evapotranspiration Calculator) є незначною (табл. 1).

Розмах величини евапотранспірації, визначеної за різними методиками, складав: 1001–1250 для "Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database v3", 825–998 для рівняння Пенман-Монтейта, і 704–1020 для Evapotranspiration Calculator (Ukraine). Розмах величини індексу аридності складав: 0,35–0,50 для "Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database v3", 0,28–0,72 для рівняння Пенман-Монтейта, і 0,29–0,81 для Evapotranspiration Calculator (Ukraine).

Таким чином, "Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database v3" має певну похибку у встановленні істинної агрокліматичної ситуації в Херсонській області. Загальний результат агрокліматичної класифікації при цьому не відрізняється від такого для інших методик, але потрібно мати певну обачність при застосуванні "Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database v3" і не використовувати дану базу як єдине джерело інформації.

Подібна похибка може бути пов'язана з тим, що на території України не було жодної базисної станції, за якими виконувалося картування та оцінка просторових метеорологічних параметрів, а тому калібрування та деталізація кліматичної ситуації моделлю "Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database v3" була неможливою (рис. 3).

Висновки. "Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database v3" є цінним джерелом кліматичної інформації, гнучким та зручним у використанні в рамках ГІС. Втім, базу даних не можна застосовувати в якості єдиного джерела інформації в оцінці агрокліматичної ситуації, оскільки існує висока вірогідність отримання помилкової інформації щодо реальної ситуації з рівнем посушливості клімату на території України, оскільки для Херсонської області відхилення від стандартизованої методики оцінки метеорологічних індексів склали 14–20%.

Таблиця 1

Оцінка евапотранспірації та індексу аридності в Херсонській області (1970-2000 рр.) за різними методологічними підходами

Метод оцінки	AI	ETo	Різниця AI	Різниця ETo
Пенман-Монтейт (стандарт)	0,50	940	0	0
Evapotranspiration Calculator (Ukraine)	0,50	887	0,00	-53 (5,64%)
Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database v3	0,43	1125	-0,07 (14,00%)	185 (19,68%)

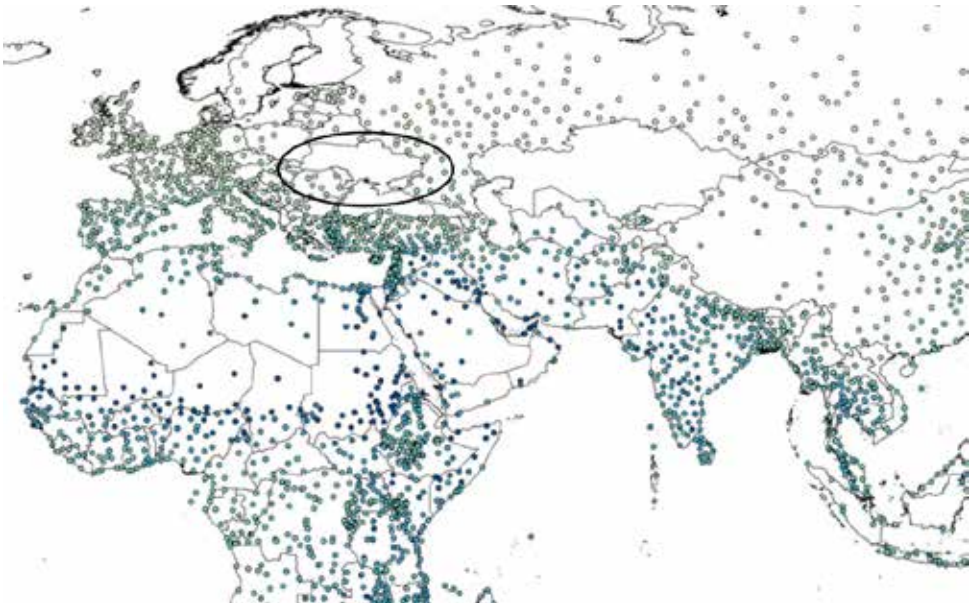


Рис. 3. Фрагмент рисунку щодо розташування базових станцій, використаних для побудови "Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database v3" (згідно [8])

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Lykhovyd P. Theoretical bases of crop production on the reclaimed lands in the conditions of climate change. Poland, Warsaw: RS Global Sp. z O.O. 2022. 259 pp. DOI: 10.31435/rsglobal/050
2. Evarte-Bundere G., Evarts-Bunders P. Using of the hydrothermal coefficient (HTC) for interpretation of distribution of non-native tree species in Latvia on example of cultivated species of genus Tilia. *Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis*. 2012. Vol. 12. No. 2. P. 135–148.
3. Alley W. M. The Palmer drought severity index: limitations and assumptions. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. 1984. Vol. 23. No. 7. P. 1100–1109. DOI: 10.1175/1520-0450(1984)023
4. Agnew C. T. Using the SPI to identify drought. *Drought Network News*. 2000. Vol. 12. No. 1.
5. Vicente-Serrano S. M., Beguería S., López-Moreno J. I. A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of Climate*. 2010. Vol. 23. No. 7. P. 1696–1718. DOI: 10.1175/2009JCLI2909.1
6. Yang Q., Ma Z., Zheng Z., Duan Y. Sensitivity of potential evapotranspiration estimation to the Thornthwaite and Penman-Monteith methods in the study of global drylands. *Advances in Atmospheric Sciences*. 2017. Vol. 34. P. 1381–1394. DOI: 10.1007/s00376-017-6313-1
7. Sahin S. An aridity index defined by precipitation and specific humidity. *Journal of Hydrology*. 2012. Vol. 444. P. 199-208. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2012.04.019
8. Zomer R. J., Xu J., Trabucco A. Version 3 of the global aridity index and potential evapotranspiration database. *Scientific Data*. 2022. Vol. 9. No. 1. P. 409. DOI: 10.1038/s41597-022-01493-1
9. Dlouhá D., Dubovský V., Pospíšil L. Optimal calibration of evaporation models against Penman-Monteith equation. *Water*. 2021. Vol. 13. No. 11. P. 1484. DOI: 10.3390/w13111484
10. Haider S., Adnan S. Classification and assessment of aridity over Pakistan provinces (1960-2009). *International Journal of Environment*. 2014. Vol. 3. No. 4. P. 24-35. DOI: 10.3126/ije.v3i4.11728
11. Lykhovyd P. Comparing reference evapotranspiration calculated in ETo Calculator (Ukraine) mobile app with the estimated by standard FAO-based approach. *AgriEngineering*. 2022. Vol. 4. No. 3. P. 747–757. DOI: 10.3390/agriengineering4030048

REFERENCES:

1. Lykhovyd, P. (2022). *Theoretical Bases of Crop Production on the Reclaimed Lands in the Conditions of Climate Change*. RS Global Sp. z O.O. DOI: 10.31435/rsglobal/050
2. Evarte-Bundere, G., & Evarts-Bunders, P. (2012). Using of the hydrothermal coefficient (HTC) for interpretation of distribution of non-native tree species in Latvia on example of cultivated species of genus Tilia. *Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis*, 12(2), 135–148.
3. Alley, W. M. (1984). The Palmer drought severity index: limitations and assumptions. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 23(7), 1100–1109. DOI: 10.1175/1520-0450(1984)023
4. Agnew, C. T. (2000). Using the SPI to identify drought. *Drought Network News*, 12(1).
5. Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., & López-Moreno, J. I. (2010). A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of Climate*, 23(7), 1696–1718. DOI: 10.1175/2009JCLI2909.1
6. Yang, Q., Ma, Z., Zheng, Z., & Duan, Y. (2017). Sensitivity of potential evapotranspiration estimation to the Thornthwaite and Penman-Monteith methods in the study of global drylands. *Advances in Atmospheric Sciences*, 34, 1381–1394. DOI: 10.1007/s00376-017-6313-1
7. Sahin, S. (2012). An aridity index defined by precipitation and specific humidity. *Journal of Hydrology*, 444, 199–208. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2012.04.019
8. Zomer, R. J., Xu, J., & Trabucco, A. (2022). Version 3 of the global aridity index and potential evapotranspiration database. *Scientific Data*, 9(1), 409. DOI: 10.1038/s41597-022-01493-1
9. Dlouhá, D., Dubovský, V., & Pospíšil, L. (2021). Optimal calibration of evaporation models against Penman-Monteith equation. *Water*, 13(11), 1484. DOI: 10.3390/w13111484
10. Haider, S., & Adnan, S. (2014). Classification and assessment of aridity over Pakistan provinces (1960-2009). *International Journal of Environment*, 3(4), 24–35. DOI: 10.3126/ije.v3i4.11728
11. Lykhovyd, P. (2022). Comparing reference evapotranspiration calculated in ETo Calculator (Ukraine) mobile app with the estimated by standard FAO-based approach. *AgriEngineering,* 4(3), 747–757. DOI: 10.3390/agriengineering4030048

Вожегова Р.А., Лиховид П.В., Лавренко С.О., Пілярська О.О. Можливості застосування бази даних “Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database v3” в агрокліматичних умовах Херсонської області

Мета. Здійснити оцінку агрокліматичної ситуації в Херсонській області за період 1970–2000 рр. за даними бази “Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database v3” та порівняти результати зі стандартизованою методикою Пенман-Монтейта із розрахунком параметрів за даними обласного гідрометеорологічного центру, а також з авторською методикою, реалізованою у мобільному додатку Evapotranspiration Calculator (Ukraine).

Методи. Використано останню версію просторової бази агрокліматичних даних “Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database v3”. Просторові зображення формату GeoTIFF було оброблено та проаналізовано інструментами растрового аналізу ГІС середовища QGIS 3.10 A Coruna. Для розрахунку евапотранспірації застосовано стандартизоване ФАО рівняння Пенман-Монтейта, а також модифіковану методику Evapotranspiration Calculator (Ukraine). Індекс аридності встанволено як відношення кількості опадів до евапотранспірації за заданий період часу. Графічну та картографічну роботу виконано в QGIS 3.10.

Результати. Встановлено мінімальну розбіжність між результатами оцінки евапотранспірації та індексу аридності за стандартизованим рівнянням Пенман-Монтейта та методикою, реалізованою в Evapotranspiration Calculator (Ukraine). Розбіжність між оцінкою згідно “Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration

Database v3” та стандартною методикою склала 14% для індексу аридності та 19,68% для евапотранспірації. Класифікація території регіону збігалася за всіма методиками – напів-посушливий клімат. Втім, помітно нижчий індекс аридності за рахунок переоцінки випаровуваності в Херсонській області згідно “Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database v3” вказує на те, що інформаційною базою можна користуватися лише у якості доповнення, першочергове значення матиме застосування стандартних методик оцінки агрометеорологічних індексів.

Висновки. “Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database v3” є цінним джерелом кліматичної інформації, гнучким та зручним у використанні в рамках ГІС. Втім, базу даних не можна застосовувати в якості єдиного джерела інформації в оцінці агрокліматичної ситуації, оскільки існує висока вірогідність отримання помилкової інформації щодо реальної ситуації з рівнем посушливості клімату на території України, оскільки для Херсонської області відхилення від стандартизованої методики оцінки метеорологічних індексів склали 14–20%.

Ключові слова: агрометеорологія, евапотранспірація, індекс аридності, посушливість, просторові дані.

Vozhehova R.A., Lykhovyd P.V., Lavrenko S.O., Piliarska O.O. The possibilities of the application of “Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database v3” to agroclimatic conditions of Kherson region

Purpose. To evaluate the agroclimatic situation in the Kherson region for the period 1970–2000 according to the data of the “Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database v3” and compare the results with the standardized method of Penman-Monteith with the calculation of parameters according to the data of the regional hydrometeorological center, as well as with the author’s method, implemented in the Evapotranspiration Calculator (Ukraine) mobile application.

Methods. The latest version of the spatial database of agroclimatic data “Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database v3” was used. Spatial images of GeoTIFF format were processed and analysed with raster analysis toolkit within the GIS environment of QGIS 3.10 A Coruna. To calculate evapotranspiration, the standardised FAO Penman-Monteith equation was used, as well as the modified Evapotranspiration Calculator (Ukraine) method. The aridity index is defined as the ratio of precipitation to evapotranspiration for a given period of time. Graphical and cartographic work was performed in QGIS 3.10.

Results. The minimal discrepancy was established between the results of the assessment of evapotranspiration and the aridity index according to the standardised Penman-Monteith equation and the method implemented in the Evapotranspiration Calculator (Ukraine). The difference between the assessment according to the “Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database v3” and the standard method was 14% for the aridity index and 19.68% for evapotranspiration. The classification of the territory of the region coincided in all the studied methods – semi-arid climate. However, the significantly lower aridity index due to the overestimation of evapotranspiration in the Kherson region according to the “Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database v3” indicates that the information base can only be used as a supplement, the primary importance is attributed to the application of standard methods for evaluating agrometeorological indices.

Conclusions. “Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database v3” is a valuable source of climate information, flexible and easy to use within the framework of GIS. However, the database cannot be used as the only source of information in the assessment of the agroclimatic situation, since there is a high probability of receiving false information about the real situation with the level of aridity of the climate in the territory of Ukraine, since for the Kherson region the deviations from the standardized methodology for assessing meteorological indices amounted to 14–20%.

Key words: agrometeorology, evapotranspiration, aridity index, drought, spatial data.

УДК 579.64:631.4:631.51
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.4

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ ДЕСТРУКТОРІВ НА РОСЛИННИХ РЕШТКАХ У ПРОЦЕСІ ЇХ МІНЕРАЛІЗАЦІЇ ПІСЛЯ ЗБИРАННЯ

ГАДЗАЛО Я.М. – доктор сільськогосподарських наук, професор,
академік Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-5028-2048
Національна академія аграрних наук України
ВОЖЕГОВА Р.А. – доктор сільськогосподарських наук, професор,
академік Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-3895-5633
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
ЛІКАР Я.О. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0003-1241-8634
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Постановка проблеми. Кліматичні зміни на фоні підвищення населення світу вимагають від аграрної науки розробки й удосконалення технологій вирощування сільськогосподарських культур для задоволення потреб в продуктах харчування, кормах, сировини для промисловості та забезпечення сталого розвитку сільського господарства [1–3]. Тому виробничники спрямовані на збільшення сільськогосподарського виробництва разом із питаннями, пов'язаними зі зміною клімату, а вчені аграрної науки повинні розробляти інноваційні продукти та технології, що здатні підвищити врожайність та якість сільськогосподарських культур, одночасно зменшуючи антропогенний тиск на довкілля [4–6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основним завданням землеробства є збереження підвищення родючості ґрунтів як основи довгострокової їх продуктивності. Родючість ґрунту тісно пов'язана з наявністю у ньому необхідних і доступних для рослин елементів живлення, причому ці аспекти мають як екологічне, так і біоекономічне значення для продуктивності агроекосистем [7]. В сучасному землеробстві перевагу мають стратегії цілісних агровиробничих систем, що базуються на використанні всіх видів органічної речовини, відходів для покращення родючості ґрунту [8–10]. Перспективним в цьому напрямі є застосування різких за мікробіологічною природою препаратів біопрепаратів, зокрема деструкторів [11–14].

Основним завданням у землеробстві є підтримування вмісту всіх поживних елементів на рівні, необхідному для формування рослинами максимально можливого рівня врожайності. В різних країнах світу в останні роки спостерігається поступове зниження родючості ґрунтів, що пов'язано з нераціональним застуванням мінеральних добрив та порушенням технологій вирощування [15–17]. Одним із заходів покращення живлення рослин в умовах землеробства може бути застосування мікробних препаратів, які сприяють пришвидшенню перетворення недоступних сполук післяжнивних решток рослин у доступні. В останні роки з'явилися препарати мікробного походження, які пришвидшують розкладання рослинних решток і тим самим покращують поживний режим ґрунту [19, 20].

Результати аналізу літературних джерел [21, 22] показали, що існує необхідність встановлення ефективності використання біопрепаратів мікробіологічного походження для покращення родючості ґрунту, підвищення врожайності та якості продукції, вирішення питань екологічної безпеки та зниження антропогенного тиску на навколишнє середовище.

Мета: оцінка ефективності застосування біодеструкторів у взаємодії з різними способами основного обробітку ґрунту з їх адаптуванням до посушливих природно-кліматичних умов Півдня України з метою широкого впровадження розробки у виробництво.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводили протягом 2016–2020 років на дослідному полі Інституту зрошуваного землеробства НААН та у ДП ДГ «Піонер» ІЗЗ НААН.

Двохфакторний дослід (фактор А – культура ланки сівозміни, В – препарат) закладали методом рендомізованих розщеплених блоків. Повторність чотириразова.

Культура ланки сівозміни (фактор А): пшениця озима (осінь 2016 р. під урожай 2017 р.), сорго (осінь 2017 р. під урожай 2018 р., ячмінь ярий (осінь 2018 р. під урожай 2019 р.), соняшник (осінь 2019 р. під урожай 2020 р.).

Препарати деструктори: Біодеструктор стерні, Екостерн, Органік – баланс, Біонорм, Деструктор целюлози.

Біодеструктор стерні. До складу препарату входять мікроскопічні бактерії та гриби, які володіють комплексом корисних в агрономічному аспекті властвостей. Мікроміцети *Trichoderma harzianum* та *Trichoderma lignorum* – це активні целюлозоруйнівні біоагенти, які володіють здатністю до розкладання рослинних решток. Мікроміцети виділяють комплекс целюлозолітичних ферментів, які починають розкладання стерні одразу після внесення препарату та протягом всього преріоду існування грибів у грунті. Істотною перевагою мікроміцетів роду *Trichoderma* є їх фунгіцидна активність, що забезпечує знезараження рослинних решток. Бактеріальна складова препарату представлена бактеріями *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas aureofaciens*, *Paenybacillus polymyxa.* Ці мікроорганізми є активаторами корисної мікрофлори грунту за рахунок

синтезу значної кількості біологічно-активних сполук, таких як ферменти, фітогормони, вітаміни та речовини антибіотичної природи, які пригнічують розвиток фітопатогенів.

Екостерн. *Bacillus subtilis* Бактерії, здатні продукувати ферменти для деструкції складних органічних сполук ґрунту; фіксувати молекулярний азот; мобілізувати фосфор важкорозчинних сполук. Це бактеріїантагоністи патогенних для рослин грибів та бактерій. Синтезують антимікробні речовини — антибіотики полієнового ряду. *Enterobacter* Бактерії, здатні продукувати ферменти для деструкції органічних сполук ґрунту, зв'язувати атмосферний азот, поліпшувати фосфорне живлення рослин, продукувати фітогормони, біополімери. *Enterococcus* Молочнокислі бактерії, працюють як в аеробних умовах, так і за дефіциту повітря, пригнічують розвиток патогенів, продукують велику кількість біологічно активних речовин: амінокислоти, вітаміни, гормони росту, ферменти. *Azotobacter* Вільноживучі бактерії, які здатні фіксувати азот атмосфери в ґрунті в доступній для рослини формі, є індикатором родючості ґрунту. *Trichoderma lignorum, Trichoderma viride* Гриби, які мають виражену фунгіцидну дію за рахунок виділення антибіотичних речовин; активно заселяються та сприяють швидкому розкладанню рослинних решток, а також продукують біологічно активні речовин.

Органік – баланс. Концентрована суміш життєздатних та інактивованих мікроорганізмів та їх активних метаболітів, а саме: Живі бактерії: азотфіксуючі – забезпечують рослини біологічним азотом; фосфор- та калій-мобілізуючі, що перетворюють важкорозчинні сполуки на доступні для рослин форми: фосфор, калій, інші; бактерії з фунгіцидними властивостями, що захищають рослини від бактеріальних та грибкових хвороб. Біологічно-активні продукти життєдіяльності бактерій: фітогормони, вітаміни, антибіотики, фунгіциди, ферменти, амінокислоти, а також компоненти поживного середовища (макро-, мікроелементи та органічні джерела живлення).

Біонорм. Діюча речовина: комплекс грибів *Trichoderma harzianum, Trichoderma lignorum* та бактерій *Pseudomonas fluorescens, Pseudomonas aureofaciens, Paenybacillus polymyxa.* Вміст діючого чинника: 1•109 КУО/мл препарату.

Деструктор целюлози. Основна діюча речовина (-и): Paenibacillus polymyxa, Azotobacter vinelandii, Trichoderma Harsianum, Мікроорганізми.

Концентрація діючої речовини: бактерії штаму *Paenibacillus polymyxa 6M* – 30%, бактерії штаму *Azotobacter vinelandii 87S* – 30%, гриби штаму *Trichoderma harsianum 15S* – 40%; титр клітин мікроорганізмів – 6,0 ×109 КУО/ г препарату [23].

Використовували методичні рекомендації з проведення польових дослідів [24, 25].

Результати досліджень. Слід зауважити, що в наших дослідженнях погодні умови в роки з різним рівнем природного вологозабезпечення (табл. 1) також мали суттєвий вплив на формування продуктивності досліджуваних культур, а також інтенсивності розкладання органічної речовини післяжнивних решток мікроорганізмами, які знаходились у складі препаратів-деструкторів.

Найінтенсивнішим прояв посухи на врожайність культур дослідної сівозміни проявився на початку вегетації у гостропосушливому 2018 р., коли температури повітря зросли, відповідно, у квітні до 14,5; у травні – до

Таблиця 1

Динаміка температури повітря (оС) та кількість опадів (мм) за вегетаційний період досліджуваних культур у період досліджень 2016–2020 рр.

Рік	Місяць					
	Температура повітря, ^{0}C					
	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень
2016	12,6	16,2	22,1	24,4	24,7	18,0
2017	9,3	16,3	22,0	23,4	25,4	19,9
2018	14,1	19,5	22,9	24,2	25,5	18,7
2019	10,5	18,0	23,8	23,2	23,4	18,1
2020	9,8	14,7	22,7	24,5	23,8	20,8
середнє	11,3	16,9	22,7	23,9	24,6	19,1
Кліматична норма	10,0	16,0	19,9	21,9	21,3	16,4
Рік	Місяць					
	Опади, мм					
	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень
2016	56,8	71,7	43,0	46,3	26,7	33,2
2017	87,9	25,6	10,3	39,8	4,8	0,7
2018	1,6	35,7	23,1	90,8	0,0	42,8
2019	56,0	72,8	92,6	48,7	22,1	12,1
2020	2,8	29,3	45,1	20,8	25,3	25,0
середнє	40,8	47,0	42,8	49,3	15,8	22,8
Кліматична норма	33,0	42,0	45,0	49,0	38,0	40,0

19,5; у червні – до 22,9 °С, що на 41,0; 21,9; 15,1% вище за середньобагаторічні показники. При цьому кількість атмосферних опадів, навпаки, мала мінімальні значення – 1,6; 35,7; 23,1 мм, що складало 1962,5; 17,6; 94,8% від середньобагаторічної величини.

У сприятливі за погодними умовами 2016 та 2019 рр. за сумарної кількості опадів за період «квітень – вересень» на рівні 277,7 та 304,3 мм на фоні помірного температурного режиму відбулося зафіксовано стале зростання інтенсивності продукційного процесу у досліджуваних культур сівозміни та покращення розкладання органічної речовини при застосуванні препаратів-деструкторів.

На території досліджуваної сівозміни після збирання товарної частини врожаю на полі залишається подрібнена біомаса стебел та стерні. Дослідження з заробки та розкладання рослинних залишків культур проводились у сівозмінній ланці: пшениця озима – сорго – ячмінь ярий – соняшник – чорний пар. Найбільшу біомасу після збирання залишає на полі пшениця озима – 4,66–5,24 т/га (табл. 2).

Найменша кількість її залишається після ячменю ярого – 2,35–2,50 т/га. У продовж всієї ротації сівозмінної ланки найбільше після збирання врожаю на полі залишилось не товарної рослинної біомаси за умов проведення оранки – 15,88 т/га. На варіантах безполицевих обробітків ґрунту їх було менше – на 7,6% за глибокого і на 13,4% за мілкого.

Зароблена у ґрунт біомаса має різний хімічний склад і з нею заробляється різна кількість поживних речовин, що має безпосередній вплив на родючість ґрунту, зокрема на вміст гумусу. Найбільша кількість азоту (23,3–27,9 кг/га) і фосфору (12,3–147,8 кг/га) потрапляє у ґрунт після збирання товарної частини врожаю з біомасою сорго, а найменша – з біомасою ячменю ярого (12,2–13,0 кг/га) та (6,8–7,2 кг/га).

В цілому впродовж ротації сівозмінної ланки з рослинними залишками побічної продукції у ґрунт надійшло 80,9–94,5 кг/га азоту, 39,0–45,5 фосфору й 226,1–269,1 кг/га калію. Кількість цих елементів був найбільшим за умов оранки, а найменшим – за проведення безполицевого мілкого обробітку.

Швидкість мінералізації залишених на полі рослинних решток залежала від їх хімічного складу та погодних умов післязбирального періоду. При цьому найбільше вона залежала від умов зволоження у цей період. Так, найповільніше відбувалась деструкція рослинних решток сорго у посушливий осінній період і при знижених температурах у 2017 р. – 16,1–20,2% без обробки препаратами деструкторами. Навіть застосування деструкторів мало пришвидшило мінералізацію листостеблової маси сорго – лише на 1,9–17,3%, що значно менше, ніж у більш вологи роки.

Залежно від способу й глибини основного обробітку ґрунту зароблення біомаси рослин, яка залишилась після збирання, проводилась на різну глибину, що в значній мірі визначає різну швидкість її мінералізації. Швидше за все мінералізація рослинних решток всіх досліджуваних культур відбувається за умов проведення оранки, що пов'язано з кращим подрібненням, зволоженням перемішуванням біомаси з ґрунтом у всьому його шарі (табл. 3).

Таблиця 2

Біомаса рослин після збирання культур сівозміни та розрахунковий уміст у ній елементів живлення залежно від обробітку ґрунту

Обробіток ґрунту	Біомаса рослинних решток, т/га	Накопичення, кг/га			
		N азот	P_2O_5 фосфор	K_2O калій	вуглець вуглець
Пшениця озима (2016 р.)					
Оранка	5,2	26,7	13,1	39,8	1964
Безполицевий глибокий	4,8	24,7	12,1	36,8	1814
Безполицевий мілкий	4,7	23,8	11,6	35,4	1747
Сорго (2017 р.)					
Оранка	4,1	27,9	14,8	45,9	1573
Безполицевий глибокий	3,8	25,6	13,6	42,2	1485
Безполицевий мілкий	3,4	23,3	12,3	38,3	1432
Ячмінь ярий (2018 р.)					
Оранка	2,5	13,0	7,2	38,5	1272
Безполицевий глибокий	2,5	12,9	7,2	38,2	1268
Безполицевий мілкий	2,4	12,2	6,8	36,2	1198
Соняшник (2019 р.)					
Оранка	4,1	26,9	10,4	144,9	1355
Безполицевий глибокий	3,6	23,3	9,0	125,6	1309
Безполицевий мілкий	3,3	21,6	8,3	116,2	1270
Всього по ланці сівозміни					
Оранка	15,9	94,5	45,5	269,1	6164
Безполицевий глибокий	14,7	86,5	41,9	242,8	5876
Безполицевий мілкий	13,8	80,9	39,0	226,1	5647

Таблиця 3

Ступінь деструкції заробленої біомаси рослин сівозмінної ланки після їх збирання за 90 діб залежно від застосування препаратів деструкторів і основного обробітку ґрунту у сівозмінній ланці,%

Культура ланки сівозміни (А)	Препарат (В)	Обробіток ґрунту (С)		
		оранка	безполицевий	
			глибокий	мілкий
Пшениця озима (осінь 2016 р. під урожай 2017 р.)	Контроль	23,0	21,9	18,7
	Біодеструктор стерні	55,8	48,1	40,8
	Екостерн	63,6	53,9	45,9
	Органік – баланс	59,7	49,4	41,6
	Біонорм	56,1	47,6	40,0
	Деструктор целюлози	52,2	46,5	39,0
Сорго (осінь 2017 р. під урожай 2018 р.)	Контроль	20,2	19,1	16,1
	Біодеструктор стерні	21,7	20,8	16,4
	Екостерн	22,3	21,7	19,6
	Органік – баланс	23,7	22,9	20,1
	Біонорм	22,9	22,1	19,1
	Деструктор целюлози	24,1	21,1	18,6
Ячмінь ярий (осінь 2018 р. під урожай 2019 р.)	Контроль	31,5	29,0	24,7
	Біодеструктор стерні	52,0	49,0	44,2
	Екостерн	55,0	50,1	47,3
	Органік – баланс	55,3	51,9	47,6
	Біонорм	53,9	49,7	46,7
	Деструктор целюлози	52,3	47,9	45,0
Соняшник (осінь 2019 р. під урожай 2020 р.)	Контроль	25,4	24,0	20,4
	Біодеструктор стерні	36,4	35,0	30,2
	Екостерн	38,7	35,3	33,2
	Органік – баланс	39,5	37,1	33,4
	Біонорм	37,1	37,3	31,3
	Деструктор целюлози	37,1	34,5	31,3
$НІР_{05}$,%: А –2,5; В – 2,3; С – 1,9				

За мілкого безполицевого обробітку подрібнена біомаса заробляється у верхній шар ґрунту, який часто швидко висушується, що погіршує умови її мінералізації. Тому, за такої системи обробітку ґрунту мінералізація рослинних решток проходить значно повільніше, ніж за глибоких обробітків.

Восени 2016 р. погодні умови і стан ґрунту на перших етапах були сприятливими для ефективної діяльності мікробних препаратів деструкторів стерні. За їх застосування ступінь деструкції соломи і післяжнивних решток пшениці озимої істотно підвищилась порівняно з варіантом без їх застосування.

Найбільше підвищував ступінь розкладання соломи за 90 днів після її обробки Екостерн – 45,9–63,6%, що на 31,4% перевищувало контрольний варіант без обробки. Також досить ефективно діяв і Органік-баланс, за умов застосування якого розклалось 41,6–59,7% соломи пшениці. Найповільніше розкладали солому в умовах 2016 р. препарати Біодеструктор стерні і Деструктор целюлози, які спричинили її деструкцію на 39,0–55,8%.

На процес деструкції соломи також істотний вплив мав і спосіб та глибина обробітку ґрунту, що пов'язано з глибиною загортання післяжнивних решток за якої складувались різні умови зволоження у шарі розташування соломи. Так, на контрольному варіанті без обробки деструкторами заміна оранки на безполицевий обробіток на таку ж глибину зменшувала ступінь деструкції на 3,4 відносних відсотків, а перехід на мілкий безполицевий обробіток – на 7,6%. В середньому по фактору обробіток ґрунту глибокий безполицевий зменшував ступінь деструкції на 9,4%, а перехід на мілкий обробіток – на 18,1%.

Застосування системи No-till в дослідах ДП ДГ «Піонер» ІЗЗ НААН в дещо кращих умовах зволоження, ніж на дослідному полі Інституту зрошуваного землеробства НААН сприяло покращенню процесу деструкції соломи. Так за мілкого безполицевого обробітку ступінь деструкції соломи становив 52,6–56,8%. (табл. 4). Обробка незароблених рослинних решток пшениці озимої за системи No-till знижувала інтенсивність розкладання соломи до 42,6–46,7%. Дія препаратів була аналогічною, як і у дослідах безпосередньо на дослідному полі Інституту.

Початок осені у 2017 р. відзначався дуже складними агрометеорологічними умовами. Більше 100 днів тривала жорстка повітряна і ґрунтова посуха. Тому, на час збирання сорго в орному шарі не було продуктивної вологи – вологість була нижче вологості в'янення.

За таких умов розкладання рослинних залишків стебел сорго проходило дуже повільно. Якщо у більш вологих умовах осені 2015 та 2016 рр. у контроль-

Таблиця 4

Ступінь деструкції заробленої біомаси рослин після збирання за 90 діб залежно від обробітку ґрунту у сівозмінній ланці,%

Культура ланки сівозміни (А)	Препарат (В)	Обробіток ґрунту (С)	
		безполицевий мілкий обробіток	No-till
Пшениця озима (осінь 2016 р. під урожай 2017 р.	Контроль	30,9	28,7
	Біодеструктор стерні	52,6	42,6
	Екостерн	56,1	46,1
	Органік – баланс	56,8	46,7
	Біонорм	54,7	45,4
	Деструктор целюлози	53,1	43,2
Сорго (осінь 2017 р. під урожай 2018 р.)	Контроль	18,2	15,2
	Біодеструктор стерні	19,0	15,8
	Екостерн	21,5	16,1
	Органік – баланс	23,8	16,0
	Біонорм	21,3	15,7
	Деструктор целюлози	20,9	15,9
Ячмінь ярий (осінь 2018 р. під урожай 2019 р.)	Контроль	25,5	21,2
	Біодеструктор стерні	45,1	38,7
	Екостерн	48,2	39,1
	Органік – баланс	49,7	39,1
	Біонорм	48,1	38,6
	Деструктор целюлози	45,6	38,4
Соняшник осінь 2019 р. під урожай 2020 р.)	Контроль	21,3	20,7
	Біодеструктор стерні	31,7	28,7
	Екостерн	32,4	29,1
	Органік – баланс	33,1	29,3
	Біонорм	31,7	28,4
	Деструктор целюлози	31,2	28,3
$НІР_{05}$,%: А –1,6; В – 1,4; С – 1,1			

ному варіанті розкладання соломи за 90 днів становило 18,7–23,0% залежно від обробітку ґрунту, то у 2017 р. – 16,1–20,2%. При цьому застосування препаратів-деструкторів підвищувало ступінь розкладання соломи у минулі роки у 2,1–2,6 рази порівняно з контрольним варіантом, а в 2017 р. – лише на 5,9–20,0%.

За таких умов більш ефективно діяв препарат Органік-баланс. Підвищення інтенсивності деструкції стебел сорго за його застосуванням склало в середньому 3,7 відносних відсотки. Практично не вплинув на темпи мінералізації стебел препарат Біодеструктор стерні. Майже у всіх варіантах обробітку ґрунту також кращим виявився препарат Органік-баланс. Хоча слід відмітити, що за умов оранки найбільший ступінь деструкції спостерігався за умов застосування препарату Деструктор целюлози.

Глибина загортання рослинних решток сорго, яка залежала від способу і глибини обробітку ґрунту, також в деякій мірі вплинула на швидкість їх мінералізації. Найбільшою за 90 днів вона була за умов оранки – 22,5%, що значно вище, ніж за безполицевого мілкого обробітку ґрунту.

У дослідах, які проводилися у дослідному господарстві «Піонер» ступінь деструкції рослинних решток сорго була на 2,1–3,7 відносних відсотки вищою порівняно з дослідним полем Інституту зрошуваного землеробства НААН, що пов'язано з дещо більшим зволоженням ґрунту в осінній період. Обробка препаратами-деструкторами решток сорго, які залишились на поверхні ґрунту за системи No-till, практично не вплинуло на їх деструкцію порівняно з контролем.

Після сорго у сівозмінній ланці висівався ячмінь ярий. Після збирання ячменю ярого і заробки його соломи в ґрунт упродовж трьох місяців випало 132,6 мм опадів, з яких 90,8 мм випало зразу ж після заробки соломи у липні за сприятливої середньомісячної температури повітря – 24,2 °С. Тому, після його збирання за 90 днів літньо-осіннього періоду 2018 р. у контрольному варіанті розклалось 24,7–31,5% заробленої в ґрунт соломи. При цьому найбільш інтенсивно вона розклалась за умов глибокої її заробки плугом – 31,5%, а найбільш повільно – при мілкій її зароблення у шарі 12–14 см, у якому вона періодично висушувалась.

Застосування деструкторів істотно прискорило мінералізацію соломи – на 65,1–92,7%, а залежність інтенсивності її розкладання по варіантах обробітку ґрунту залишилась такою ж, як і на контролі. При цьому дія препаратів-деструкторів по різному впли-

нула на пришвидшення процесу розкладання соломи ячменю ярого.

Найбільше підвищилась швидкість деструкції соломи ячменю при застосуванні Органік-баланс – на 80,1% порівняно з контролем у середньому по фактору. Практично так же діяли і препарати Екостерн і Біонорм, хоча інтенсивність розкладання за їх застосування була на 0,8–1,5 абсолютних відсотки нижчою порівняно з варіантом застосування Органік-баланс.

Самою низькою була інтенсивність деструкції соломи ячменю порівняно з препаратом Органік-баланс при застосуванні Біодеструктора стерні й Деструктора целюлози – 48,4 і 48,6%, відповідно. Але це було на 70,4% вище порівняно з контролем і всього на 6,2% нижче порівняно з варіантом, де застосовувався препарат Органік-баланс.

У цілому найбільш висока швидкість розкладення соломи була за умов проведення оранки при глибокій її зароблення й інтенсивним перемішуванням з ґрунтом – 50,0%, у середньому за фактором. Значно повільнішими темпами відбувалась деструкція соломи за умов проведення безполицевого мілкого обробітку ґрунту – 42,7% за 90 днів. Ефективність дії препаратів за всіма варіантами обробітку ґрунту змінювалась практично однаково.

У дослідах встановлено, що на південному чорноземі ДП ДГ «Піонер» за практично такої ж кількості опадів, як і на дослідному полі Інституту ступінь деструкції соломи за безполицевого мілкого обробітку ґрунту була на 3,2–4,4% вищою порівняно з дослідним полем на темно-каштановому ґрунту. Проте, дія препаратів-деструкторів була такою ж, як і на дослідному полі Інституту, хоча різниця між ними була значно меншою. За сівби у попередньо не оброблений ґрунт (No-till), коли солома після збирання залишається на поверхні ґрунту, дія препаратів-деструкторів у пришвидшені інтенсивності мінералізації соломи значно нижча порівняно з варіантами заробки соломи у ґрунт і різниці між препаратами практично не спостерігається.

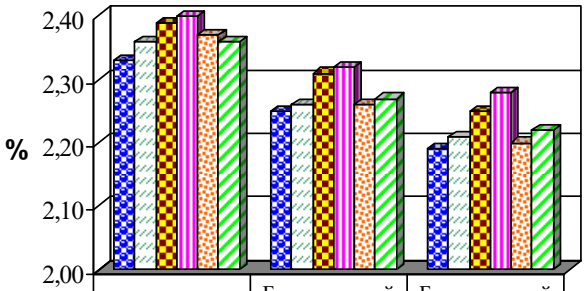
Після збирання соняшника восени 2019 р. склались доволі сприятливі погодні умови для мінералізації залишених на полі рослинних решток. За 90 днів на контрольному варіанті їх розклалось 20,4–25,4% від заробленої кількості залежно від способу та глибини обробітку ґрунту. Обробка рослинних решток соняшника препаратами деструкторами пришвидшила на 48,0–55,5% їх мінералізацію. Як і на рослинних рештках попередніх культур, так і на соняшнику краще діяв препарат Органік баланс ступінь деструкції за якого становила 33,4–39,5%. Близьким до цього показника за його дією виявився і препарат Екостерн.

Розкладання рослинних решток соняшника після їх збирання на дослідному полі ДП ДГ «Піонер» відбувалось також дещо повільніше, ніж попередньої культури ячменю ярого, що пов’язано з гіршим вологозабезпеченням, проте вплив препаратів деструкторів на цей процес залишився таким же, як і інших культур.

Пришвидшення процесів мінералізації рослинних решток та побічної продукції культур ланки сівозмін, а також підвищення біологічної активності ґрунту в умовах застосування препаратів деструкторів зменшило втрати елементів живлення та вуглецю. Це сприяло накопиченню вмісту гумусу в орному шарі ґрунту за період ротації (рис. 1).

Проте, за обробки рослинних решток лише за умов глибокої їх заробки незалежно від способу обробітку ґрунту відбулось достовірне підвищення вмісту гумусу при застосуванні препаратів Екостерн і Органік баланс на 0,06–0,07 відносних відсотків. На фоні застосування інших препаратів на цих варіантах обробітку ґрунту істотного підвищення не відбулось. За умов безполицевого мілкого обробітку ґрунту дія препаратів деструкторів виявилась меншою порівняно з глибокими обробітками. На цьому фоні лише препарат Органік баланс забезпечив достовірне підвищення гумусу.

Застосування оранки сумісно з біодеструктором забезпечило отримання максимального вмісту гумусу –



	Оранка	Безполицевий глибокий	Безполицевий мілкий
Контроль	2,33	2,25	2,19
Біодеструктор стерні	2,36	2,26	2,21
Екостерн	2,39	2,31	2,25
Органік-баланс	2,40	2,32	2,28
Біонорм	2,37	2,26	2,20
Деструктор целюлози	2,36	2,27	2,22

Рис. 1. Уміст гумусу в шарі ґрунту 0–30 см за умов застосування препаратів деструкторів на рослинних рештках, %

2,40%, що пов'язано з покращенням діяльності мікроорганізмів за рахунок кращого розподілу по орному шару, поліпшення водного й поживного режиму ґрунту та наявності більш великої кількості органічної речовини.

Висновки. Визначено, що рослинні рештки трансформуються у доступні для рослин біохімічні з'єднання протягом декількох років, причому цей процес залежить від впливу абіотичних і біотичних чинників, у першу чергу вологості ґрунту та температурного режиму. Застування біодеструкторів прискорює процеси розкладання органічної речовини в ґрунті, попереджає їх непродуктивні втрати від діяльності фітопатогенної мікрофлори, сприяє підвищенню родючості ґрунту, підвищує врожайність та якість рослинницької продукції.

Упродовж ротації сівозмінної ланки з рослинними залишками побічної продукції у ґрунт надійшло 80,9–94,5 кг/га азоту, 39,0–45,5 фосфору й 226,1–269,1 кг/га калію. Кількість цих елементів був найбільшим за умов оранки, а найменшим – за проведення безполицевого мілкого обробітку.

Найбільш висока швидкість розкладення соломи була за умов проведення оранки при глибокій її зароблення й інтенсивним перемішуванням з ґрунтом – 50,0%, у середньому за фактором. Значно повільнішими темпами відбувалась деструкція соломи за умов проведення безполицевого мілкого обробітку ґрунту – 42,7% за 90 днів. Ефективність дії препаратів за всіма варіантами обробітку ґрунту змінювалась практично однаково.

Найбільше підвищилась швидкість деструкції соломи ячменю при застосуванні Органік-баланс – на 80,1% порівняно з контролем у середньому по фактору.

Застосування деструкторів істотно прискорило мінералізацію соломи – на 65,1–92,7%.

Застосування оранки сумісно з біодеструктором забезпечило отримання максимального вмісту гумусу – 2,40%, що пов'язано з покращенням діяльності мікроорганізмів за рахунок кращого розподілу по орному шару, поліпшення водного й поживного режиму ґрунту та наявності більш великої кількості органічної речовини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Мельник М. А., Жужа В. В., Сидоренко О. І., Шукайло С. П., Вожегова Р. А., Малярчук М. П., Коваленко А. М., Коковіхін С. В. Еколого-агрохімічний стан сільськогосподарських земель Херсонської області, проблеми і шляхи їх вирішення: монографія. Херсон: ОЛДІ ПЛЮС, 2020. 350 с.
2. Dias G. A., Rocha R. H. C., Araújo J. L., De Lima J. F., Guedes W. A. Growth, yield, and postharvest quality in eggplant produced under di erent foliar fertiliser (*Spirulina platensis*) treatments. *Semin. Cienc. Agrar*. 2016. Vol. 37. P. 3893–3902.
3. Odegard I. Y. R., Van der Voet E. The future of food – Scenarios and the effect on natural resource use in agriculture in 2050. *Ecol. Econ*. 2014. Vol. 97. P. 51–59.
4. Nabti E., Jha B., Hartmann A. Impact of seaweeds on agricultural crop production as biofertiliser. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 2017. Vol. 14. P. 1119–1134.
5. Zhenga B., Zhangb X., Wanga Q., Lic W., Huanga M., Zhoua Q., Caia J., Wanga X., Caoa W., Daia T., Jianga D. Increasing plant density improves grain yield, protein quality and nitrogen agronomic efficiency of soft wheat cultivars with reduced nitrogen rate. *Field Crops Research*. 2021. Vol. 267. P. 108–145.
6. Schadera C., Heidenreicha A., Kadzerea I., Egyirb I., Muriukic A., Bandanaabi J., Clotteyb J., Ndungucd J., Grovermanna C., Lazzarinia G., Blockeela J., Borgemeisterd C., Mullerae A., Kabif F., Fiaboegh K., Adamteya N., Hubera B., Nigglia U., Stolzea M. How is organic farming performing agronomically and economically in sub-Saharan Africa? *Global Environmental Change*. 2021. Vol. 70. P. 102.
7. Young M. D., Ros G. H., W. de Vries. Impacts of agronomic measures on crop, soil, and environmental indicators: A review and synthesis of meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2021. Vol. 319. P. 5–16.
8. Bruna J., Jeuffroya M.-H., Pénicaudb C., Cerfc M., Meynardd J.-M. Designing a research agenda for coupled innovation towards sustainable agrifood systems. *Agricultural Systems*. 2018. Vol. 191. P. 103–143.
9. Smetana S. Chances and challenges of the biologization of the economy of rural areas. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*. 2020. Vol. 23. P. 46–49.
10. Ronga D., Biazzi E., Parati K., Carminati D., Carminati E., Tava A. Microalgal Biostimulants and Biofertilisers in Crop Productions. *Agronomy.* 2019. Vol. 9(4). P. 192. URL: https://doi.org/10.3390/agronomy9040192.
11. Dudchenko V., Markovska O., Sydiakina O. Soybean Productivity in Rice Crop Rotation Depending on the Impact of Biodestructor on Post-Harvest Rice Residues. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2021. Vol. 22(6). P. 114–121. URL: https://doi.org/10.12912/27197050/141466.
12. Barciszewskia J., Ciemerychb M. A., Twardowskia T. Novel insights and innovations in biotechnology towards improved quality of life. *New Biotechnology*. 2019. Vol. 49. P. 58–65.
13. Schrödera P., Sauvêtrea A., Gnädingera F., Pesaresib P., Chmelikovác L., Doğand N., Gerle G., GökçefA., HamelgC., MillanhR., PerssoniT., RavnskovjS., Rutkowskak B., Schmidh T., Szulck W., Teodosiul C., Terzim V. Discussion paper: Sustainable increase of crop production through improved technical strategies, breeding and adapted management – A European perspective. *Science of The Total Environment*. 2019. Vol. 678. P. 146–161.
14. Rajana S. S. S., Upsdellb M. P. Chapter Four – Environmentally friendly agronomically superior alternatives to chemically processed phosphate fertilizers: Phosphate rock/sulfur/Acidithiobacillus sp. combinations. *Advances in Agronomy*. 2021. Vol. 167. P. 183–245.
15. Wua P., Zhaob G., Liua F., Ahmada S., Shangzhong T. F., Jianjun L., Dangb Z. Y., Wangb L., Wangb S., Chengb W., Caia T. (2021) Agronomic system for stabilizing wheat yields and enhancing the sustainable utilization of soil: A 12-year in-situ rotation study in a semi-arid agro-ecosystem. *Journal of Cleaner Production*. 2021. Vol. 329. P. 129.
16. Yaoabc Z., Zhangac W., Wangd X., Zhangd L., Zhanga W., Liuc D., Chen X. Agronomic, environmental, and ecosystem economic benefits of controlled-release nitrogen fertilizers for maize production in Southwest

China. *Journal of Cleaner Production*. 2021. Vol. 312. P. 127.
17. Das G. G. Food–feed–biofuel trilemma: Biotechnological innovation policy for sustainable development. *Journal of Policy Modelling*. 2017. Vol. 39(3). P. 410–442.
18. Chen L., Yuan X.-J., Li J.-F., Wang S.-R., Dong Z.-H., Shao T. Effect of lactic acid bacteria and propionic acid on conservation characteristics, aerobic stability and in vitro gas production kinetics and digestibility of whole-crop corn based total mixed ration silage. *Journal of Integrative Agriculture*. 2017. Vol. 16(7). P. 1592–1600.
19. Carlson R. Estimating the biotech sector's contribution to the US economy. *Nat Biotechnol*. 2016. Vol. 34. P. 247–255.
20. Jiao X.-Q., Mongol N., Zhang F.-S. The transformation of agriculture in China: Looking back and looking forward. *Journal of Integrative Agriculture*. 2018. Vol. 17(4). P. 755–764.
21. Lokkoa Y., Heijdeb M., Schebestaa K., Scholtèsa P., Montagub M. V., Giacca M. Biotechnology and the bioeconomy – Towards inclusive and sustainable industrial development. *New Biotechnology*. 2018. Vol. 40. P. 5–10.
22. Chandra H., Kumari P., Bisht R., Prasad R., Yadav S. Plant growth promoting Pseudomonas aeruginosa from Valeriana wallichii displays antagonistic potential against three phytopathogenic fungi. *Molecular Biology Reports.* 2020. Vol. 47. P. 6015–6026.
23. Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. https://mepr.gov.ua/upravlinnya-vidhodamy/derzhavnyj-reyestr-pestytsydiv-i-agrohimikativ-dozvolenyh-do-vykorystannya-v-ukrayini/
24. Ушкаренко В. О., Нікішенко В. Л., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Дисперсійний і кореляційний аналіз результатів польових дослідів: монографія. Херсон: Айлант, 2009. 372 с.
25. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Методика польового досліду (зрошуване землеробство). Херсон: Грінь Д.С., 2014. 448 с.

REFERENCES:

1. Melnyk, M.A., Zhuzha, V.V., Sydorenko, O.I., Shukaylo, S.P., Vozhehova, R.A., Malyarchuk, M.P., Kovalenko, A.M., & Kokovikhin, S.V. (2020). *Ekoloho-ahrokhimichnyy stan silskohospodarskykh zemel Khersonskoyi oblasti, problemy i shlyakhy yikh vyrishennya [Ecologist–agrochemical condition of agricultural lands of Kherson region, problems and ways to solve them].* Kherson: OLDI PLYUS, 350 [in Ukrainian].
2. Dias, G.A., Rocha, R.H.C., Araújo, J.L., De Lima, J.F., & Guedes, W.A. (2016). Growth, yield, and postharvest quality in eggplant produced under di erent foliar fertiliser (*Spirulina platensis*) treatments. *Semin. Cienc. Agrar.*, 37, 3893–3902 [in English].
3. Odegard, I.Y.R., & Van der Voet E. (2014). The future of food – Scenarios and the effect on natural resource use in agriculture in 2050. *Ecol. Econ.*, 97, 51–59 [in English].
4. Nabti, E., Jha, B., & Hartmann, A. (2017). Impact of seaweeds on agricultural crop production as biofertiliser. *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, 14, 1119–1134 [in English].
5. Zhenga, B., Zhangb, X., Wanga, Q., Lic, W., Huanga, M., Zhoua, Q., Caia, J., Wanga, X., Caoa, W., Daia, T., & Jianga, D. (2021). Increasing plant density improves grain yield, protein quality and nitrogen agronomic efficiency of soft wheat cultivars with reduced nitrogen rate. *Field Crops Research*, 267, 108–145 [in English].
6. Schadera, C., Heidenreicha, A., Kadzerea, I., Egyirb, I., Muriukic, A., Bandanaabi, J., Clotteyb, J., Ndungucd, J., Grovermanna, C., Lazzarinia, G., Blockeela, J., Borgemeisterd, C., Mullerae, A., Kabif, F., Fiaboegh, K., Adamteya, N., Hubera, B., Nigglia, U., & Stolzea, M. (2021). How is organic farming performing agronomically and economically in sub-Saharan Africa? *Global Environmental Change*, 70, 102 [in English].
7. Young, M.D., Ro, S.G.H., & W., de Vries. (2021). Impacts of agronomic measures on crop, soil, and environmental indicators: A review and synthesis of meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 319, 5–16 [in English].
8. Bruna, J., Jeuffroya, M.-H., Pénicaudb, C., Cerfc, M., & Meynardd, J.-M. (2018). Designing a research agenda for coupled innovation towards sustainable agrifood systems. *Agricultural Systems*, 191, 103–143 [in English].
9. Smetana, S. (2020). Chances and challenges of the biologization of the economy of rural areas. Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry, 23, 46–49 [in English].
10. Ronga, D., Biazzi, E., Parati, K., Carminati, D, Carminati, E., & Tava, A. (2019). Microalgal Biostimulants and Biofertilisers in Crop Productions. *Agronomy,* 9(4), 192. URL: https://doi.org/10.3390/agronomy9040192 [in English].
11. Dudchenko, V., Markovska, O., & Sydiakina, O. (2021). Soybean Productivity in Rice Crop Rotation Depending on the Impact of Biodestructor on Post-Harvest Rice Residues. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 22(6), 114–121. URL: https://doi.org/10.12912/27197050/141466 [in English].
12. Barciszewskia, J., Ciemerychb, M.A., & Twardowskia, T. (2019). Novel insights and innovations in biotechnology towards improved quality of life. *New Biotechnology*, 49, 58–65 [in English].
13. Schrödera, P., Sauvêtrea, A., Gnädingera, F., Pesaresib, P., Chmelikovác, L., Doğand, N., Gerle, G., Gökçef, A., Hamelg, C., Millanh, R., Perssoni, T., Ravnskovj, S., Rutkowskak, B., Schmidh, T., Szulck, W., Teodosiul, C., & Terzim, V. (2019). Discussion paper: Sustainable increase of crop production through improved technical strategies, breeding and adapted management – A European perspective. *Science of The Total Environment*, 678, 146–161 [in English]
14. Rajana, S.S.S., & Upsdellb, M. P. (2021). Chapter Four – Environmentally friendly agronomically superior alternatives to chemically processed phosphate fertilizers: Phosphate rock/sulfur/Acidithiobacillus sp. combinations. *Advances in Agronomy*, 167, 183–245 [in English].
15. Wua, P., Zhaob, G., Liua, F., Ahmada, S., Shangzhong, T.F., Jianjun, L., Dangb, Z.Y., Wangb, L., Wangb, S., Chengb, W., & Caia, T. (2021). Agronomic system for stabilizing wheat yields and enhancing the sustainable utilization of soil: A 12-year in-situ rotation study in a semi-arid agro-ecosystem. *Journal of Cleaner Production*, 329, 129 [in English].
16. Yaoabc, Z., Zhangac, W., Wangd, X., Zhangd, L., Zhanga, W., Liuc, D., & Chen, X. (2021). Agronomic,

environmental, and ecosystem economic benefits of controlled-release nitrogen fertilizers for maize production in Southwest China. *Journal of Cleaner Production*, 312, 127 [in English].
17. Das, G.G. (2017). Food–feed–biofuel trilemma: Biotechnological innovation policy for sustainable development. *Journal of Policy Modelling*, 39(3), 410–442 [in English].
18. Chen, L., Yuan, X.-j., Li, J.-f., Wang, S.-r., Dong, Z.-h., & Shao, T. (2017). Effect of lactic acid bacteria and propionic acid on conservation characteristics, aerobic stability and in vitro gas production kinetics and digestibility of whole-crop corn based total mixed ration silage. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(7), 1592–1600 [in English].
19. Carlson, R. (2016). Estimating the biotech sector's contribution to the US economy. *Nat Biotechnol*, 34, 247–255 [in English].
20. Jiao, X.-Q., Mongol, N., & Zhang, F.-S. (2018). The transformation of agriculture in China: Looking back and looking forward. *Journal of Integrative Agriculture*, 17(4), 755–764 [in English].
21. Lokkoa, Y., Heijdeb, M., Schebestaa, K., Scholtèsa, P., Montagub, M.V., & Giacca, M. (2018). Biotechnology and the bioeconomy – Towards inclusive and sustainable industrial development. *New Biotechnology*, 40, 5–10 [in English].
22. Chandra, H., Kumari, P., Bisht, R., Prasad, R., & Yadav, S. (2020). Plant growth promoting Pseudomonas aeruginosa from Valeriana wallichii displays antagonistic potential against three phytopathogenic fungi. *Molecular Biology Reports,* 47, 6015–6026 [in English].
23. State register of pesticides and agrochemicals approved for use in Ukraine. https://mepr.gov.ua/upravlinnya-vidhodamy/derzhavnyj-reyestr-pestytsydiv-i-agrohimikativ-dozvolenyh-do-vykorystannya-v-ukrayini/ [in Ukrainian].
24. Ushkarenko, V.O., Vozhehova, R.A., Holoborodko, S.P., & Kokovikhin, S.V. (2014). *Metodyka polovoho doslidu (Zroshuvane zemlerobstvo)* [Methods of field research (Irrigated agriculture)]. Kherson: Ailant, 372 [in Ukrainian].
25. Ushkarenko, V.O., Nikishenko, V.L., Holoborodko, S.P., & Kokovikhin, S.V. (2009). *Dyspersiinyi i koreliatsi – inyi analiz rezultativ polovykh doslidiv* [Dispersion and correlation analysis of the results of field experiments]. Kherson: Grin D.S., 448 [in Ukrainian].

Гадзало Я.М., Вожегова Р.А., Лікар Я.О. Ефективність застосування мікробних препаратів деструкторів на рослинних рештках у процесі їх мінералізації після збирання

Мета – оцінка ефективності застосування біодеструкторів у взаємодії з різними способами основного обробітку ґрунту з їх адаптуванням до посушливих природно-кліматичних умов Півдня України з метою широкого впровадження розробки у виробництво. **Матеріали і методи.** Дослідження проводили протягом 2016–2020 років на дослідному полі Інституту зрошуваного землеробства НААН та у ДП ДГ «Піонер» ІЗЗ НААН. Двохфакторний дослід (фактор А – культура ланки сівозміни, В – препарат) закладали методом рендомізованих розщеплених блоків. Повторність чотириразова. **Результати.** У сприятливі за погодними умовами 2016 та 2019 рр. за сумарної кількості опадів за період «квітень – вересень» на рівні 277,7 та 304,3 мм на фоні помірного температурного режиму відбулося зафіксовано стале зростання інтенсивності продукційного процесу у досліджуваних культур сівозміни та покращення розкладання органічної речовини при застосуванні препаратів-деструкторів. На території досліджуваної сівозміни після збирання товарної частини врожаю на полі залишається подрібнена біомаса стебел та стерні. Дослідження з заробки та розкладання рослинних залишків культур проводились у сівозмінній ланці: пшениця озима – сорго – ячмінь ярий – соняшник – чорний пар. Найбільшу біомасу після збирання залишає на полі пшениця озима – 4,66–5,24 т/га. Найменша кількість її залишається після ячменю ярого – 2,35–2,50 т/га. У продовж всієї ротації сівозмінної ланки найбільше після збирання врожаю на полі залишилось не товарної рослинної біомаси за умов проведення оранки – 15,88 т/га. На варіантах безполицевих обробітків ґрунту їх було менше – на 7,6% за глибокого і на 13,4% за мілкого. Зароблена у ґрунт біомаса має різний хімічний склад і з нею заробляється різна кількість поживних речовин, що має безпосередній вплив на родючість ґрунту, зокрема на вміст гумусу. Найбільша кількість азоту (23,3–27,9 кг/га) і фосфору (12,3–147,8 кг/га) потрапляє у ґрунт після збирання товарної частини врожаю з біомасою сорго, а найменша – з біомасою ячменю ярого (12,2–13,0 кг/га) та (6,8–7,2 кг/га). В цілому впродовж ротації сівозмінної ланки з рослинними залишками побічної продукції у ґрунт надійшло 80,9–94,5 кг/га азоту, 39,0–45,5 фосфору й 226,1–269,1 кг/га калію. Кількість цих елементів був найбільшим за умов оранки, а найменшим – за проведення безполицевого мілкого обробітку. **Висновки**. Найбільш висока швидкість розкладення соломи була за умов проведення оранки при глибокій її зароблення й інтенсивним перемішуванням з ґрунтом – 50,0%, у середньому за фактором. Значно повільнішими темпами відбувалась деструкція соломи за умов проведення безполицевого мілкого обробітку ґрунту – 42,7% за 90 днів. Найбільше підвищилась швидкість деструкції соломи ячменю при застосуванні Органік-баланс – на 80,1% порівняно з контролем у середньому по фактору. Застосування деструкторів істотно прискорило мінералізацію соломи – на 65,1–92,7%. Застосування оранки сумісно з біодеструктором забезпечило отримання максимального вмісту гумусу – 2,40%, що пов'язано з покращенням діяльності мікроорганізмів за рахунок кращого розподілу по орному шару, поліпшення водного й поживного режиму ґрунту та наявності більш великої кількості органічної речовини.

Ключові слова: біодеструктор, оранка, мінералізація, грунт, солома, біомаса, сівозміна, пшениця озима.

Hadzalo Ya.M., Vozhehova R.A., Likar Ya.O. The effectiveness of the use of microbial preparations of destructors on plant residues on the process of their mineralization after harvesting

Purpose. Is to evaluate the effectiveness of the use of biodegraders in interaction with various methods of basic tillage with their adaptation to the arid natural and climatic conditions of the south of ukraine with the aim of wide implementation of the development in production. **Research methods.** The research was carried out during 2016–2020 at the research field of the institute of irrigated agriculture of the national academy of sciences and at the se "pioneer" agricultural research institute of the national academy of sciences of the russian academy of sciences. A two-factor

experiment (factor a – culture of the crop rotation link, b – drug) was established by the method of randomized split blocks. The repetition is four times. **Research results.** In the favorable weather conditions of 2016 and 2019, with the total amount of precipitation for the period “april – september” at the level of 277.7 and 304.3 mm against the background of a moderate temperature regime, a steady increase in the intensity of the production process in the studied crops of crop rotation and improvement of decomposition was recorded of organic matter when using destructor drugs. On the territory of the studied crop rotation, after harvesting the marketable part of the crop, chopped biomass of stems and stubble remains on the field. Research on earning and decomposition of plant residues of crops was carried out in the crop rotation chain: winter wheat – sorghum – spring barley – sunflower – black steam. After harvesting, winter wheat leaves the largest biomass in the field – 4.66-5.24 t/ha. The smallest amount remains after spring barley – 2.35–2.50 t/ha. During the entire rotation of the crop rotation link, the most non-marketable plant biomass remained on the field after harvesting under the conditions of plowing – 15.88 t/ha. There were fewer of them in variants of tillage without shelves – by 7.6% for deep and by 13.4% for shallow. Biomass cultivated in the soil has a different chemical composition and different amounts of nutrients are obtained with it, which has a direct impact on soil fertility, in particular, on the content of humus. The largest amount of nitrogen (23.3–27.9 kg/ha) and phosphorus (12.3–147.8 kg/ha) enters the soil after harvesting the marketable part of the crop with sorghum biomass, and the smallest – with spring barley biomass (12 .2–13.0 kg/ha) and (6.8–7.2 kg/ha). In general, 80.9–94.5 kg/ha of nitrogen, 39.0–45.5 kg/ha of phosphorus, and 226.1–269.1 kg/ha of potassium were added to the soil during the rotation of the crop rotation link with plant residues by-products. The number of these elements was the largest under plowing conditions, and the smallest – under plowless shallow tillage. **Conclusions**. The highest speed of straw decomposition was under the conditions of plowing with deep plowing and intensive mixing with the soil – 50.0%, on average by factor. The destruction of straw took place at a much slower pace under the conditions of plowless shallow tillage – 42.7% in 90 days. The rate of destruction of barley straw increased the most when using organic balance – by 80.1% compared to the control in the average factor. The use of destructors significantly accelerated the mineralization of straw – by 65.1–92.7%. The use of plowing in combination with a biodestructor ensured the maximum content of humus – 2.40%, which is associated with the improvement of the activity of microorganisms due to better distribution over the plowed layer, improvement of the water and nutrient regime of the soil, and the presence of a larger amount of organic matter.

Key words: biodestructor, plowing, mineralization, soil, straw, biomass, crop rotation, winter wheat.

УДК 631.82-021.465:631:431.1:631.816.1
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.5

АГРОХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТУ ЗА ТРИВАЛОГО ЗАСТОСУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

ГОСПОДАРЕНКО Г.М. – доктор сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0002-6495-2647
Уманський національний університет садівництва
ЛЮБИЧ В.В. – доктор сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0003-4100-9063
Уманський національний університет садівництва
МАРТИНЮК А.Т. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0002-5751-0760
Уманський національний університет садівництва

Постановка проблеми. Інтерес до вирішення проблеми фосфорного живлення рослин в Україні, так і в усьому світі постійно росте. Ефективність фосфорних добрив на ґрунтах, що сформувалися на лесових породах (каштанових, чорноземах південних, звичайних і типових) пояснюється не вмістом рухомих сполук фосфору, а нестачею вологи, характерною для регіонів поширення цих ґрунтів, а також недосконалістю методів ґрунтової діагностики фосфорного живлення рослин, що спотворює оцінку стану родючості ґрунтів не лише окремих полів, але і цілих регіонів [1]. Це також пояснюється тим, що значна потреба рослин у фосфорі може забезпечуватися біопереміщенням з підорних шарів ґрунту [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Фосфатний режим ґрунту та забезпеченість рослин фосфором обумовлюються динамічними показниками вмісту його рухомих і важкорозчинних форм. Завдяки фізико-хімічним процесам ґрунт постійно прагне до підтримання рівноваги між фракціями сполук фосфору [3]. Динаміка агрохімічного обстеження орних ґрунтів України свідчить, що площі з низьким і середнім вмістом рухомих сполук фосфору збільшуються. Різносторонні функції фосфору (екологічні, фізіолого-біохімічні, агрохімічні) та значення у формуванні врожаїв цього макроелемента, що зростає в часі, потребують перегляду способів оцінювання вмісту потенційно доступних для рослин сполук фосфору в ґрунтах і оптимізації живленням ним рослин [4].

Регулювання фосфатного режиму чорноземних ґрунтів набагато складніше, ніж азотного. Внесенні фосфорні добрива поповнюють поряд з водорозчинною та обмінною, й інші форми фосфору [5]. До того ж у ґрунті фосфор менш рухливий, ніж азот і калій, а темпи поповнення запасів його рухомих сполук завдяки іншим формам зазвичай відстають від темпів засвоєння його рослинами.

Вміст фосфору в чорноземі опідзоленому складає 0,1% від загальної маси ґрунту [6]. У зв'язку з тим, що в ґрунті існує певна рівновага між формами фосфору, виникають труднощі в регулюванні фосфатного режиму ґрунтів і в розробленні системи застосування фосфорних добрив під різні сільськогосподарські культури. Особливо це стосується чорноземів важкого гранулометричного складу, де проходить інтенсивне перетворення сполук фосфору внесених добрив [7].

Вважається [8], що фосфорні добрива зміщують рівновагу між різними формами фосфору в ґрунті в бік підвищення рухливості його сполук. У часі це зміщення для залишкових фосфатів відносно стійке.

У процесі тривалого сільськогосподарського використання ґрунту без внесення добрив проходить зменшення в ньому вмісту рухомих сполук фосфору [9]. Чорноземи мають значні запаси фосфору, тому на ділянках без внесення добрив проходить біопереміщення фосфору з нижніх шарів ґрунту. На нашу думку, це дає можливість допустити незначний тимчасовий від'ємний баланс фосфору в ґрунті. Існує й думка [10], що з підвищенням вмісту фосфору в чорноземних ґрунтах дози фосфорних добрив можна зменшити, оскільки високий рівень фосфатів знижує якість сільськогосподарської продукції і доступність рослинам низки мікроелементів.

У чорноземі опідзоленому засвоювані сполуки фосфору рослинами поступово відновлюються завдяки необмінним формам [11]. Проте навіть у чорноземах, з високими запасами фосфору, процес його переходу в рухомі форми проходить повільно, що не дозволяє за інтенсивного вирощування сільськогосподарських культур оптимізувати їх фосфорне живлення [11]. Припинення внесення фосфорних добрив у польовій сівозміні на чорноземі в Миронівській дослідній станції різко знижувало врожайність культур і з часом депресія врожаїв посилювалася [12].

Мета статті – встановити агрохімічні властивостей чорнозему опідзоленого Правобережного Лісостепу за тривалого застосування мінеральних добрив.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводили у стаціонарному польовому досліді (№ 87 реєстрації НААН України), що територіально розміщувався у Правобережному Лісостепу (м. Умань Черкаської обл.) з географічними координатами 48°46' пн. ш. і 30°14' сх. д. і висотою над рівнем моря 245 м (Stationary, 2014). За даним метеостанції Умань, розміщеної за 2 км від стаціонарного досліду, клімат регіону помірно-континентальний із нестійким зволоженням, холодними умовами взимку і жаркими, а часто і сухим влітку. Середня багаторічна температура повітря становить 8,8 °С, сума опадів – 586 мм. За теплий період (квітня–жовтень) середня температура повітря складає 15,4 °С, а сума опадів – 395 мм. Ґрунт класифікується

як чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі (за класифікацією FAO/WRB 2014 – Luvic Chernozems).

Дослід одночасно закладено на чотирьох полях з послідовним розміщенням варіантів і триразовим повторенням. Загальна площа дослідної ділянки 110 м^2, облікова – 72 м^2.

Відповідно до схеми досліду застосовували такі види мінеральних добрив: аміачна селітра, суперфосфат гранульований і калій хлористий. Фосфорні та калійні добрива вносили під зяблевий обробіток ґрунту, азотні – під передпосівну культивацію та в підживлення пшениці озимої.

У зразках ґрунту, відібраних відповідно до вимог ДСТУ 4287:2004 і ДСТУ ISO 11464:2007 у жовтні 2021 р., визначали такі показники: кислотність ґрунту pH_{KCl} – на іономірі згідно з ДСТУ ISO 10390-2007; гідролітичну кислотність (Hг) – за методом Каппена згідно ДСТУ 7537:2014; вміст увібраних основ (S) – згідно МВВ 31–497058–007–2005; ємність катіонного обміну ґрунту (ЄКО) і насиченість основами (V) – за ДСТУ ISO 11260-2001; вміст азоту легкогідролізованих сполук за методом Корнфілда згідно з ДСТУ 7863:2015; рухомі сполуки фосфору й калію – вилученням їх розчином 0,5 Н оцтової кислоти з наступним фотоколориметруванням за модифікованим методом Чирикова згідно з ДСТУ 4115–2002.

Інтерпретацію отриманих результатів проведено з використанням програм Microsoft Office та STATISTICA 12.

Результати досліджень. Як видно з даних табл. 1, перед закладанням досліду кислотність ґрунту була дуже слабкокислою (pH 5,8), що нижче оптимального рівня для пшениці озимої (pH 6,3–7,5), ячменю ярого (6,5–7,5), сої і кукурудзи (pH 6,0–7,0) [13]. За гідролітичною кислотністю, що знаходиться в межах 3,0–4,0 смоль/кг, такий ґрунт у зоні Лісостепу потребує першочергового вапнування [14]. Насиченість ЄКО основами становила 89,9%. Величина зміни реакції ґрунтового середовища та фізико-хімічних показників ґрунтів, а також зміщення потенціальної кислотності під впливом добрив залежить від багатьох чинників, які в свою чергу впливають на їх ефективність [15].

Дослідженнями встановлено, що інтенсивність тривалого застосування добрив позначилась на структурі ґрунтового вбирного комплексу чорнозему опідзоленого. Застосування мінеральних добрив суттєво підвищувало кислотність ґрунту, що пов'язано зі зменшенням насичення ҐВК карбонатами. Залежно від доз внесення мінеральних добрив показник pH_{KCl} ґрунтового розчину знижувався на 0,3–0,4 од. За внесення фосфорних добрив на азотно-калійному тлі кислотність ґрунту не змінювалась.

Поряд з обмінною кислотністю, застосування мінеральних добрив підвищувало гідролітичну кислотність ґрунту – до 3,76–3,84 смоль/кг залежно від варіанту удобрення. При цьому необхідно зазначити, що фосфорні добрива істотно не впливали на підвищення гідролітичної кислотності ґрунту.

Внесення мінеральних добрив змінювало ЄКО ґрунту в незначних межах – 26,2–27,3 смоль/кг. Насиченість ЄКО обмінними основами залежно від варіанту змінювалася від 85,3 до 89,5% і не залежала від удобрення суперфосфатом гранульованим. Отже, удобрення змінює структуру ЄКО в бік збільшення частки водню, при цьому його фосфорна складова, незалежно від дози, на це не впливає.

Вміст поживних речовин у ґрунті різних варіантів досліду визначався прямою дією добрив, які застосовували безпосередньо під культури сівозміни й післядією добрив, які вносили у сівозміні в попередні роки.

Вміст азоту легкогідролізованих сполук у ґрунті був середнім, за виключенням варіанту досліду без добрив. Застосування мінеральних добрив сприяло підвищенню його вмісту на 16–18 мг/кг (за вмісту на контролі 95 мг/кг).

Вміст рухомих сполук фосфору в ґрунті був у межах 81–114 мг/кг залежно від варіанту досліду. Збереження його початкового вмісту в ґрунті та підвищення пояснюється залишенням на полі нетоварної частини урожаю, додатним балансом у варіантах з внесенням фосфорних добрив, біопереміщенням з нижніх шарів ґрунту кореневими системами рослин і здатністю, наприклад сої, засвоювати фосфор з важкорозчинних сполук ґрунту [16].

Як видно з даних табл. 1, вміст рухомих сполук калію в шарі ґрунту 0–20 см у всіх варіантах досліду залишався підвищеним, тобто більш як 120 мг/кг. Це можна пояснити як додатним балансом калію у сівозміні, так і біопереміщенням калію з нижніх шарів ґрунту і материнської породи []. Значне зниження його вмісту спостерігалося на ділянках без внесення добрив. За внесення калійних добрив не відмічено істотних змін вмісту рухомих сполук калію у ґрунті за виключенням варіан-

Таблиця 1

Зміна агрохімічних властивостей ґрунту в шарі 0–20 см за тривалого застосування мінеральних добрив у польовій сівозміні (у середньому по чотирьох полях, 2021 р.)

Варіант досліду	Вміст гумусу,%	pH_{KCl}	Hг	S	ЄКО	V,%	Вміст у ґрунті, мг/кг		
			смоль/кг				$N_{легк}$	P_2O_5	K_2O
Перед закладанням досліду, 2010 р.	3,81	5,8	2,78	24,8	27,6	89,9	105	106	132
Без добрив (контроль)	3,74	5,5	2,88	24,4	27,3	89,5	95	90	121
$N_{110}K_{80}$ – фон	3,65	5,4	3,76	23,1	26,9	85,9	113	81	147
Фон + P_{30}	3,94	5,4	3,80	22,7	26,5	85,7	112	101	141
Фон + P_{60}	3,99	5,5	3,84	22,4	26,2	85,3	111	114	136
$НІР_{05}$	0,26	0,3	0,22	1,2	1,3	4,3	7	7	9

тів досліду $N_{110}K_{80}$ – фон і Фон + P_{30}. Це пояснюється як підвищенням рухливості сполук калію в ґрунті, так і меншим винесенням його вищими урожаями культур сівозміни порівняно з варіантом Фон + P_{60}.

Інтенсивність удобрення сільськогосподарських культур позначилось на структурі ЄКО ґрунту. На ділянках з внесенням $N_{110}P_{60}K_{80}$ на 1 га площі сівозміни гідролітична кислотність у шарі ґрунту 0–20 см збільшилася з 2,78 до 3,84 смоль/кг, зменшилась сума увібраних основ на 2,4 смоль/кг, погіршилась реакція ґрунтового середовища (на 0,3 од. pH_{KCl}). У варіантах з додатковим внесенням фосфорних добрив на азотно-калійному тлі ($N_{110}P_6$) не відбувається погіршення цих показників.

Висновки. Тривале (11 років) застосування фосфорних, у поєднанні з іншими видами, добрив у дозі P_{60} у польовій сівозміні сприяє підвищенню вмісту рухомих сполук фосфору у ґрунті порівняно з вихідним значенням на 8%, а за внесення P_{30} – підтримувати його початковий вміст. Встановлено, що за різного агрохімічного навантаження проходять незначні зміни ємності ҐВК, але відбувається його структурна перебудова. У варіантах з внесенням фосфорних добрив не змінюються фізико-хімічні показники ґрунту. На ділянках без добрив вмісту рухомих сполук фосфору у ґрунті зменшився порівняно з вихідним значенням на 24%, а за внесення Р60 на 1 га площі сівозміни – підвищився на 8%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Mi W., Chen C., Ma Y., Guo S., Liu M., Gao Q., Wu Q., Zhao H. The Combined Application of Mineral Fertilizer and Organic Amendments Improved the Stability of Soil Water-Stable Aggregates and C and N Accumulation. *Agronomy*. 2022. Vol. 12. Article number 469.
2. Wu Q.C., Zhang C.Z., Yu Z.H., Zhang J.B., Zhu C.W., Zhao Z.H., Xiong J.A.R., Chen J.L. Effects of elevated CO2 and nitrogen addition on organic carbon and aggregates in soil planted with different rice cultivars. Plant Soil. 2018. Vol. 432. P. 245–258.
3. Господаренко Г. М., Любич В. В., Олійник О.О. Анізотропні властивості питомої активності радіонуклідів ґрунту та зерна пшениці м'якої озимої за тривалого застосування добрив. *Збірник Уманського НУС*. 2022. Вип. 100. С. 242–252.
4. Любич В. В. Хвороби і шкідники різних сортів пшениці твердої озимої. *Збірник Уманського НУС*. 2022. Вип. 100. С. 7–16.
5. Господаренко Г. М., Любич В. В., Леонова К. П., Стоцький В. В. Вплив вапнування чорнозему опідзоленого та удобрення на врожайність кукурудзи. *Аграрні інновації*. 2022. №13. С. 35–39.
6. Barbosa G.M.C., Oliveira J.F., Miyazawa M., Ruiz D.B., Filho J.T. Aggregation and clay dispersion of an oxisol treated with swine and poultry manures. *Soil Till. Res*. 2015. Vol. 146. P. 279–285.
7. Xin X.L., Zhang J.B., Zhu A.N., Zhang C.Z. Effects of long-term (23 years) mineral fertilizer and compost application on physical properties of fluvo-aquic soil in the North China Plain. *Soil Till. Res*. 2016. Vol. 156. P. 166–172.
8. Любич В.В., Невлад В.І., Мартинюк А.Т. Продуктивність тритикале ярого за різних доз азотних добрив. *Агробіологія*. 2022. №1. С. 152–159.
9. Gao Q., Mi W.H., Xia S.Q., Liu M.Y., Mao W., Ju J., Zhao H.T. Aggregate composition, stability and nutrient distribution characteristics in yellow clayey paddy soil under long-term different fertilization measures. J. Henan Agric. Sci. 2021. Vol. 50. P. 70–81.
10. Tripathi R., Nayak A.K., Bhattacharyya P., Shukla A.K., Shahid M., Raja R., Panda B.B., Mohanty S., Kumar A., Thilagam V.K. Soil aggregation and distribution of carbon and nitrogen in different fractions after 41 years long-term fertilizer experiment in tropical rice-rice system. *Geoderma*. 2014, Vol. 213. P. 280–286.
11. Господаренко Г. М., Любич В. В., Бурляй О. Л., Притуляк Р. М. Агрохімічні властивості чорнозему опідзоленого за різних доз азотних добрив і їх поєднання з іншими видами мінеральних добрив. *Аграрні інновації*. 2022. №14. С. 18–22.
12. Господаренко Г. М., Любич В. В., Черно О. Д. Вплив вапнування та мінеральних добрив на врожайність пшениці озимої на чорноземі опідзоленому. *Вісник Уманського НУС*. 2022. № 1. С. 32–36.
13. Господаренко Г. М., Любич В. В., Леонова К. П. Агрохімічні параметри родючості чорнозему опідзоленого та врожайність кукурудзи залежно від вапнування і удобрення. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 126. С. 22–28.
14. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Любич В. В., Бойко В. П. Засвоєння основних елементів живлення з ґрунту й мінеральних добрив пшеницею озимою на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. Вип. 3(107). С. 35–44.
15. Господаренко Г. М., Любич В. В., Стоцький В. В. Вплив фосфорних добрив на продуктивність зернової сівозміни. *Вісник Сумського НАУ*. 2022. Вип. 2(48), 2022. С. 46–50.
16. Любич В. В. Ураження пшениці м'якої озимої кореневими гнилями за різних доз добрив. *Зб. наук. пр. Уманського НУС*. 2022. Вип. 101. Ч. 1. С. 129–144.

REFERENCES:

1. Mi W., Chen C., Ma Y., Guo S., Liu M., Gao Q., Wu Q., Zhao H. (2022). The Combined Application of Mineral Fertilizer and Organic Amendments Improved the Stability of Soil Water-Stable Aggregates and C and N Accumulation. Agronomy, 12, 469.
2. Wu Q.C., Zhang C.Z., Yu Z.H., Zhang J.B., Zhu C.W., Zhao Z.H., Xiong J.A.R., Chen J.L. (2018). Effects of elevated CO2 and nitrogen addition on organic carbon and aggregates in soil planted with different rice cultivars. Plant Soil, 432, 245–258.
3. Gospodarenko H.M., Lyubich V.V., Oliynyk O.O. (2022). *Anizotropni vlastyvosti pytomoi aktyvnosti radionuklidiv gruntu ta zerna pshenytsi miakoi ozymoi za tryvaloho zastosuvannia dobryv* [Anisotropic properties of the specific activity of soil radionuclides and soft winter wheat grain during long-term fertilizer application]. Collection of the Uman NUS, 100, 242–252. [in Ukrainian].
4. Lyubich V. V. (2022). *Khvoroby i shkidnyky riznykh sortiv pshenytsi tverdoi ozymoi* [Diseases and pests of different varieties of hard winter wheat]. Collection of the Uman NUS, 100, 7–16. [in Ukrainian].
5. Gospodarenko H.M., Lyubich V.V., Leonova K.P., Stotskyi V.V. (2022). *Vplyv vapnuvannia chornozemu*

opidzolenoho ta udobrennia na vrozhainist kukurudzy [The effect of liming podzolized chernozem and fertilization on corn yield]. Agrarian innovations, 13, 35–39. [in Ukrainian].
6. Barbosa G.M.C., Oliveira J.F., Miyazawa M., Ruiz D.B., Filho J.T. (2015). Aggregation and clay dispersion of an oxisol treated with swine and poultry manures. Soil Till. Res., 146, 279–285.
7. Xin X.L., Zhang J.B., Zhu A.N., Zhang C.Z. (2016). Effects of long-term (23 years) mineral fertilizer and compost application on physical properties of fluvo-aquic soil in the North China Plain. Soil Till. Res., 156, 166–172.
8. Lyubich V.V., Nevlad V.I., Martyniuk A.T. (2022). *Produktyvnist trytykale yaroho za riznykh doz azotnykh dobryv* [Productivity of spring triticale under different doses of nitrogen fertilizers]. Agrobiology. 2022. No. 1. P. 152–159. [in Ukrainian].
9. Gao Q., Mi W.H., Xia S.Q., Liu M.Y., Mao W., Ju J., Zhao H.T. (2021). Aggregate composition, stability and nutrient distribution characteristics in yellow clayey paddy soil under long-term different fertilization measures. J. Henan Agric. Sci., 50, 70–81.
10. Tripathi R., Nayak A.K., Bhattacharyya P., Shukla A.K., Shahid M., Raja, R., Panda B.B., Mohanty S., Kumar A., Thilagam V.K. (2014). Soil aggregation and distribution of carbon and nitrogen in different fractions after 41 years long-term fertilizer experiment in tropical rice-rice system. Geoderma, 213, 280–286.
11. Gospodarenko G. M., Lyubich V. V., Burlyai O. L., Prytulyak R. M. (2022). *Ahrokhimichni vlastyvosti chornozemu opidzolenoho za riznykh doz azotnykh dobryv i yikh poiednannia z inshymy vydamy mineralnykh dobryv* [Agrochemical properties of podzolized chernozem with different doses of nitrogen fertilizers and their combination with other types of mineral fertilizers]. Agrarian innovations, 14, 18–22. [in Ukrainian].
12. Gospodarenko G. M., Lyubich V. V., Cherno O. D. (2022). *Vplyv vapnuvannia ta mineralnykh dobryv na vrozhainist pshenytsi ozymoi na chornozemi opidzolenomu* [The effect of liming and mineral fertilizers on the yield of winter wheat on podzolized chernozem]. Bulletin of the Uman State University, 1, 32–36. [in Ukrainian].
13. Gospodarenko G. M., Lyubich V. V., Leonova K. P. (2022). *Ahrokhimichni parametry rodiuchosti chornozemu opidzolenoho ta vrozhainist kukurudzy zalezhno vid vapnuvannia i udobrennia* [Agrochemical parameters of the fertility of podzolized chernozem and corn yield depending on liming and fertilization]. Taurian Scientific Herald, 126, 22–28.
14. Hospodarenko G. M., Cherno O. D., Lyubich V. V., Boyko V. P. (2020). *Zasvoiennia osnovnykh elementiv zhyvlennia z gruntu y mineralnykh dobryv pshenytseiu ozymoiu na chornozemi opidzolenomu Pravoberezhnoho Lisostepu* [Assimilation of the main nutrients from the soil and mineral fertilizers by winter wheat on the podzolized chernozem of the Right Bank Forest Steppe]. Journal of Agrarian Science of the Black Sea Region, 3 (107), 35–44. [in Ukrainian].
15. Gospodarenko H.M., Lyubich V.V., Stotskyi V.V. (2022). *Vplyv fosfornykh dobryv na produktyvnist zernovoi sivozminy* [The effect of phosphorus fertilizers on the productivity of grain crop rotation]. Bulletin of the Sumy NAU, 2 (48), 46–50. [in Ukrainian].
16. Lyubich V. V. (2022). *Urazhennia pshenytsi miakoi ozymoi korenevymy hnyliamy za riznykh doz dobryv* [Infecting soft winter wheat with root rot at different doses of fertilizers]. Collection of the Uman NUS, 101, 129–144. [in Ukrainian].

Господаренко Г.М., Любич В.В., Мартинюк А.Т. Агрохімічні властивості ґрунту за тривалого застосування мінеральних добрив

Мета. Встановити агрохімічні властивостей чорнозему опідзоленого Правобережного Лісостепу за тривалого застосування мінеральних добрив. **Методи.** Польовий, лабораторний, вимірювальний, розрахунково-порівняльний, аналізування, статистичний. **Результати.** Дослідженнями встановлено, що інтенсивність тривалого застосування добрив позначилась на структурі ґрунтового вбирного комплексу чорнозему опідзоленого. Застосування мінеральних добрив суттєво підвищувало кислотність ґрунту, що пов'язано зі зменшенням насичення ҐВК карбонатами. Залежно від доз внесення мінеральних добрив показник pH_{KCl} ґрунтового розчину знижувався на 0,3–0,4 од. За внесення фосфорних добрив на азотно-калійному тлі кислотність ґрунту не змінювалась. Поряд з обмінною кислотністю, застосування мінеральних добрив підвищувало гідролітичну кислотність ґрунту – до 3,76–3,84 смоль/кг залежно від варіанту удобрення. При цьому необхідно зазначити, що фосфорні добрива істотно не впливали на підвищення гідролітичної кислотності ґрунту. Вміст поживних речовин у ґрунті різних варіантів досліду визначався прямою дією добрив, які застосовували безпосередньо під культури сівозміни й післядією добрив, які вносили у сівозміні в попередні роки. **Висновки.** Тривале (11 років) застосування фосфорних, у поєднанні з іншими видами, добрив у дозі P_{60} у польовій сівозміні сприяє підвищенню вмісту рухомих сполук фосфору у ґрунті порівняно з вихідним значенням на 8%, а за внесення P_{30} – підтримувати його початковий вміст. Встановлено, що за різного агрохімічного навантаження проходять незначні зміни ємності ҐВК, але відбувається його структурна перебудова. У варіантах з внесенням фосфорних добрив не змінюються фізико-хімічні показники ґрунту. На ділянках без добрив вмісту рухомих сполук фосфору у ґрунті зменшився порівняно з вихідним значенням на 24%, а за внесення Р60 на 1 га площі сівозміни – підвищився на 8%.

Ключові слова: поживний режим, добрива, сівозміна, тривале застосування добрив, рухомі сполуки елементів живлення.

Hospodarenko H.M., Liubych V.V., Martyniuk A.T. Agrochemical properties of soil with long-term use of mineral fertilizers

Aim. To determine the agrochemical properties of the podzolic chernozem of the Right-Bank forest-steppe under long-term use of mineral fertilizers. **Methods.** Field, laboratory, measuring, calculation-comparative, analysis, statistical. **Results.** Studies have established that the intensity of long-term fertilizer application affected the structure of the soil absorption complex of podzolic chernozem. The application of mineral fertilizers significantly increased soil acidity, which is associated with a decrease in the saturation of GWC with carbonates. Depending on the doses of mineral fertilizers, the pH_{KCL} of the soil solution decreased by 0.3–0.4 units. Soil acidity did not change due to the application of phosphoric

fertilizers on a nitrogen-potassium background. Along with the exchangeable acidity, the use of mineral fertilizers increased the hydrolytic acidity of the soil – up to 3.76–3.84 smol/kg depending on fertilizer variant. At the same time, it should be noted that phosphorus fertilizers did not significantly affect the increase in hydrolytic soil acidity. Nutrient content in the soil of different experiment variants was determined by the direct effect of fertilizers that were applied directly to the crop rotation and the aftereffect of fertilizers that were applied in crop rotation in previous years. **Conclusions.** Long-term (11 years) use of phosphorus fertilizers in combination with other types in the dose of P_{60} in field crop rotation helps to increase the content of mobile phosphorus compounds in the soil by 8% compared to the original value, and with the introduction of P_{30} – to maintain its initial content. It was established that under different agrochemical loads there are minor changes in GWC capacity, but its structural restructuring takes place. In the variants with the introduction of phosphorus fertilizers, soil physical and chemical parameters do not change. In fertilizer omitted areas, the content of mobile phosphorus compounds in the soil decreased by 24% compared to the initial value, and with the introduction of P_{60} per 1 ha of the crop rotation area, it increased by 8%.

Key words: nutritional regime, fertilizers, crop rotation, long-term use of fertilizers, mobile compounds of nutrients.

УДК 631.51.021:631.371:631.67
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.6

ҐРУНТОЗАХИСНІ СИСТЕМИ ОБРОБІТКУ ОСОЛОНЦЬОВАНИХ ТЕМНО-КАШТАНОВИХ ҐРУНТІВ ІНГУЛЕЦЬКОЇ ЗРОШУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

ГРАНОВСЬКА Л.М. – доктор економічних наук, професор, член-кореспондент НААН
orcid.org/000-0001-7021-3093
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
БАЛЯН А.В. – доктор економічних наук, професор, академік НААН, віце-президент
https://orcid.org/0000-0003-2190-2022
Національна академія аграрних наук України
ТОМНИЦЬКИЙ А.В. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0002-7820-4383
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
РЕЗНІЧЕНКО Н.Д. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0002-5741-6379
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Глобальні зміни клімату та підвищення посушливості є визначальним показником необхідності удосконалення основних складових інтенсивної системи землеробства на зрошуваних землях України. Надзвичайно актуальною проблемою є деградація ґрунтів, що впливає не лише на врожайність та якість рослинницької продукції, але і викликає суттєві економічні витрати. Одним із важливих елементів технології вирощування сільськогосподарських культур є система основного обробітку ґрунту, яка в тій чи іншій мірі або сприяє деградації ґрунтів, або, навпаки, попереджує та запобігає процесам деградації. Крім того, обробка ґрунту має важливий вплив на характеристики мікроструктури ґрунту, збереження і раціональне використання природної вологи та поживних речовин. З цієї причини є нагальна необхідність продовжувати довгострокові польові дослідження щодо оцінки впливу обробітку ґрунту на фізико-хімічні властивості ґрунту та врожайність сільськогосподарських культур. Зазначені проблемні питання є актуальними не тільки для України, але й інших країн світу [1].

Основний обробіток ґрунту є фундаментом на якому базуються подальші складові технологій вирощування сільськогосподарських культур. Протягом багатьох років вітчизняними і зарубіжними вченими часу відбувалося модернізація конструкцій знарядь та їх робочих органів, підвищувалася інтенсивність технології вирощування сільськогосподарських культур, що дозволило різко збільшити площі орних земель та підвищити врожаї. За рахунок поглиблення оранки активізувалися більш глибокі ґрунтові горизонти, які забезпечували досить ефективний захист польових культур від шкідників, хвороб і бур'янів. Водночас наслідки таких позитивних змін негативно вплинули на родючість ґрунтів, викликали посилення водної і вітрової ерозії та зниження продуктивності сільськогосподарських культур на значних площах. Тому важливого значення набуває питання ресурсозбереження в сільському господарстві шляхом удосконалення технологій вирощування сільськогосподарських культур: систем основного обробітку ґрунту та удобрення, використання побічної продукції культур сівозмін для підтримання рівноважного балансу гумусного стану ґрунту, запровадження біологічно оптимальних режимів зрошення, які дозволяють істотно збільшити продуктивність рослин за зменшення фінансових та енергетичних витрат.

В результаті пошуку шляхів послаблення негативної дії антропогенного навантаження на ґрунтові ресурси актуальності набувають ґрунтозахисні системи обробітку ґрунту, а саме: безполицевий обробіток та технології сівби у попередньо необроблений ґрунт [2, 3, 4]. Також актуальними залишаються комбіновані системи обробітку ґрунту, особливо в органічному землеробстві.

Вирішення цих завдань, зокрема на засадах ресурсозбереження, зумовило необхідність наукового обґрунтування використання мінімізованих та нульових систем основного обробітку ґрунту в сівозмінах на зрошуваних землях півдня України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Показники врожайності вирощуваних сільськогосподарських культур та якість рослинницької продукції прямо пов'язані з підвищенням родючості ґрунтів. Основними заходами для досягнення цієї мети є регулювання біологічних процесів, які відбуваються в ґрунті, а також складових елементів поживного, водного, повітряного й теплового режимів. Використання раціональних та еколого-безпечних способів обробітку ґрунту займають не останню роль в цьому процесі, як відмічають в своїх публікаціях вітчизняні та зарубіжні вчені [5, 6].

Для зниження техногенного навантаження на ґрунти розроблено та впроваджено у виробництво інноваційні ресурсозберігаючі технології, основою яких є раціональний ґрунтозахисний основний обробіток ґрунту, що базується на використанні ґрунтообробних знарядь з різною конструкцією робочих органів. Важливою особливістю використання таких систем основного обробітку є ресурсозберігаюча дія на ґрунт, розвиток рослин і в цілому на навколишнє природне середовище. Вони

сприяють створенню найбільш ощадних умов для росту і розвитку сільськогосподарських культур, захисту їх від згубної дії шкідливих організмів (бур'янів, збудників хвороб, шкідників, ерозії тощо) [7, 8].

Відбувається процес постійного удосконалення існуючих та розробка нових найбільш прогресивних агротехнічних, технологічний і меліоративних заходів з урахуванням ґрунтових і регіональних особливостей при умові раціонального використання агроресурсного потенціалу [9, 10].

Система обробітку ґрунту при вирощуванні певної сільськогосподарської культури об'єднує три ланки – основний, передпосівний та післяпосівний обробітки. Численні комплексні дослідження з ефективності різних систем безполицевого обробітку ґрунту здійснюють ряд вітчизняних і зарубіжних вчених, які виконують дослідження в різних ґрунтово-кліматичних зонах. Вченими встановлено основні напрями мінімізації обробітку ґрунту і послаблення негативної дії на нього засобів механізації, до яких належать: використання комбінованих агрегатів; практика широкозахватних агрегатів для зменшення кількості їх проходів по полю; заміна полицевих обробітків менш витратними безполицевими і поверхневими; використання на весняних польових роботах гусеничних тракторів або колісних, але з широко профільними шинами.

Підвищений інтерес до мінімального обробку ґрунту є результатом зміни економічних умов у рослинництві, а також підвищеним інтересом до процесів відтворення родючості ґрунтів. При цьому вчені доводять, а виробники підтверджують, що виробничі витрати за таких прийомів є нижчими, ніж при оранці хоча відмічається помірне зниження врожайності. Відносні витрати на паливо і гербіциди помітно змінилися в останні роки, що зробило мінімізовані системи обробітку ґрунту, у тому числі і no-till більш привабливим з комерційної точки зору. Хоча ефективна боротьба з бур'янами є важливим недоліком no-till технологій, однак за використання таких технологій емісія парникових газів (CO_2, NH_4 тощо) від палива під час використання техніки завжди помітно зменшується. Вчені відмічають у своїх публікаціях, що оцінка відносного вуглецевого балансу при використанні no-till та оранки залежить від складних взаємозв'язків між ґрунтовими та кліматичними факторами, які ще недостатньо досліджені. Тим не менш, вони набувають все більшого значення, оскільки захист ґрунтів та ландшафтів є нагальним питанням, яке потребує вирішення [11, 12, 13, 14].

Переконання у широкому впровадженні мінімізації обробітку ґрунту зумовлене ще й глибокою економічною і енергетичною кризою. Оскільки обробіток ґрунту із застосуванням оранки є найдорожчим та найбільш енергоємним прийомам у землеробстві, на який припадає близько 25 % трудових і 40 % енергетичних витрат від їх загального обсягу при вирощуванні сільськогосподарських культур. Тому скорочення економічних та енергетичних витрат на обробіток ґрунту нині має велике значення для всіх сільськогосподарських виробників [15].

Для темно-каштанових ґрунтів півдня України набуває актуальності безполицевий обробіток із використанням ґрунтообробних знарядь із робочими органами чизельного й дискового типу, а також застосування сівалок для сівби в попередньо необроблений ґрунт. Перевага безполицевого обробітку ґрунту й сівби в попередньо необроблений ґрунт під час вирощування пшениці озимої та ячменю озимого засвідчується результатами наукових досліджень вчених Асканійської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН [6, 16].

В Інституті кліматично орієнтованого сільського господарства НААН розроблено й науково обґрунтовано системи ведення землеробства на зрошуваних землях для сільськогосподарських підприємств і фермерських господарств різної спеціалізації з урахуванням природно-кліматичних, ґрунтових і економічних умов.

Мета. Визначення ефективності застосування різних способів та глибини основного обробітку ґрунту під сільськогосподарські культури сівозміни та їх впливу на агрофізичні параметри ґрунту на фоні тривалого застосування різних систем обробітку.

Матеріали і методика досліджень. Дослідження проводили в стаціонарному досліді Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН у 4-пільній ланці зерно-просапної сівозміни, розгорнутої у часі і просторі. Схема стаціонарного досліду представлена в таблиці 1.

Ґрунт дослідного поля темно-каштановий середньосуглинковий осолонцьований з потужністю гумусового горизонту 40 см, вмістом гумусу в орному шарі до 2,3 %, загального азоту – 0,17 %, валового фосфору – 0,09 %, pH водної витяжки – 6,8–7,3.

Таблиця 1

Схема стаціонарного досліду з експериментального дослідження способів та глибини основного обробітку ґрунту в зерно-просапній сівозміні на зрошенні в зоні дії Інгулецької зрошувальної системи

Система основного обробітку	Обробіток під культури сівозміни			
	кукурудза на зерно	ріпак озимий	пшениця озима	соя
Полицева різноглибинна (контроль)	28–30 (о)	14–16 (о)	20–22 (о)	23–25 (о)
Безполицева різноглибинна	28–30 (ч)	14–16 (ч)	20–22 (ч)	23–25 (ч)
Диференційована на фоні щілювання глибиною 38–40 см	10–12 (д) + 38–40 (щ)	12–14 (д) + післядія щілювання	14–16 (д) + післядія щілювання	10–12 (д) + післядія щілювання

Примітка: о – оранка; ч – чизельне розпушування; д – дисковий обробіток; щ – щілювання

Під час експерименту застосовували польовий, кількісно-ваговий, візуальний, лабораторний, розрахунково-порівняльний, математично-статистичний методи з використанням загальновизнаних в Україні методики та вимог державних стандартів [18, 19, 20].

Технології вирощування сільськогосподарських культур загальновизнані для умов зрошення півдня України. Повторність в досліді 4-разова, площа посівної ділянки 450 м^2, облікової для культур звичайного рядового і широкорядкового способу сівби – 50 м^2.

Правила відбору зразків ґрунту сільськогосподарських ділянок регламентуються державним стандартом ДСТУ ISO 10381-4:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. Він був застосований під час досліджень й оцінювання ґрунту в полі та агрохімічній оцінці ґрунтів у лабораторії після відбирання проб [18]. Визначення показників родючості ґрунту виконувалася згідно ДСТУ 4362:2004. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів [19]. Визначення щільності ґрунту здійснювали на основі ДСТУ ISO 11272 Якість ґрунту. Визначання щільності складення на суху масу [20].

Результати досліджень. Основним показником, який характеризує вплив на ґрунт системи обробітку є щільність складення. У прямій залежності від неї знаходиться водно-повітряний режим ґрунту, його поглинаючий комплекс та агрегатний стан. Оптимальна щільність складення для більшості сільськогосподарських культур знаходиться в межах 1,1–1,4 г/см^3. Перевищення даного показника більше 1,4 г/см^3 погіршує використання рослинами вологи з ґрунту, знижує біологічну активність ґрунту, зокрема нітрифікаційну здатність та негативно позначається на подальшому рості і розвитку рослин.

Щільність складення шару ґрунту 0–40 см в період сходів культур сівозміни по варіантах досліду знаходилася в межах 1,26–1,30 г/см^3. Найменшою щільність була за різноглибинної полицевої та диференційованої систем обробітку і становила 1,26–1,28 г/см^3. Однак за диференційованої системи обробітку з мілким дисковим розпушуванням на глибину від 10–12 до 14–16 см під усі культури лише за умови проведення щілювання на 38–40 см під кукурудзу щільність приймала найменшого значення 1,26 г/см^3 і зростала в наступні роки до величини 1,28 г/см^3. Найбільшою щільність ґрунту була за безполицевої різноглибинної системи з чизельним розпушуванням під усі культури сівозміни і знаходилась в межах 1,29–1,30 г/см^3 (табл. 2).

Перед збиранням урожаю культур сівозміни щільність складення зростала на усіх варіантах досліду в середньому на 0,02–0,04 г/см^3.

За усіх систем основного обробітку найбільш розпушеним був верхній 0–10 см шар ґрунту, де показник щільності ґрунту становила 1,23 г/см^3 за полицевої та диференційованої систем і 1,25 г/см^3 за безполицевої різноглибинної. У більш глибоких шарах спостерігали збільшення величини досліджуваного показника, який досягав найбільших значень 1,30–1,32 г/см^3 у шарі ґрунту 30–40 см. Найбільш інтенсивно процес ущільнення відбувався за системи безполицевого різноглибинного основного обробітку ґрунту з чизельним розпушуванням під усі культури сівозміни. У більш глибоких шарах спостерігали збільшення величини досліджуваного показника, який досягав найбільших значень 1,30–1,32 г/см^3 у шарі ґрунту 30–40 см. Найбільш інтенсивно процес ущільнення відбувався за системи безполицевого різноглибинного основного обробітку ґрунту з чизельним розпушуванням під усі культури сівозміни (рис. 1).

В прямій залежності від щільності будови орного шару ґрунту знаходиться його пористість. На початку вегетації пористість шару ґрунту 0–40 см і в середньому по сівозміні була в межах 50,78–51,66 %. Істотної різниці між варіантами основного обробітку ґрунту при визначенні як на початку вегетації, так і перед збиранням врожаю не виявлено. Найбільших значень досліджуваний показник мав у посівах кукурудзи за диференційованої системи обробітку ґрунту з щілюванням на глибину 38–40 см та в посівах сої за полицевої різноглибинної системи з оранкою під сою на глибину 23–25 см. За безполицевої різноглибинної системи загальна пористість

Таблиця 2

Щільність складення темно-каштанового ґрунту залежно від систем основного обробітку, г/см^3 (середнє за 2021–2022 роки)

Система основного обробітку ґрунту	Культура				Середнє по сівозміні
	кукурудза на зерно	ріпак озимий	пшениця озима	соя	
початок вегетації					
Полицева різноглибинна	1,28	1,26	1,27	1,26	1,27
Безполицева різноглибинна	1,30	1,29	1,29	1,29	1,29
Диференційована на фоні щілювання глибиною 38–40 см	1,26	1,28	1,27	1,28	1,27
НІР$_{05}$, г/см^3	0,04	0,03	0,04	0,02	
перед збиранням врожаю					
Полицева різноглибинна	1,29	1,28	1,29	1,32	1,29
Безполицева різноглибинна	1,32	1,32	1,30	1,32	1,31
Диференційована на фоні щілювання глибиною 38–40 см	1,28	1,30	1,29	1,35	1,30
НІР$_{05}$, г/см^3	0,06	0,05	0,05	0,04	

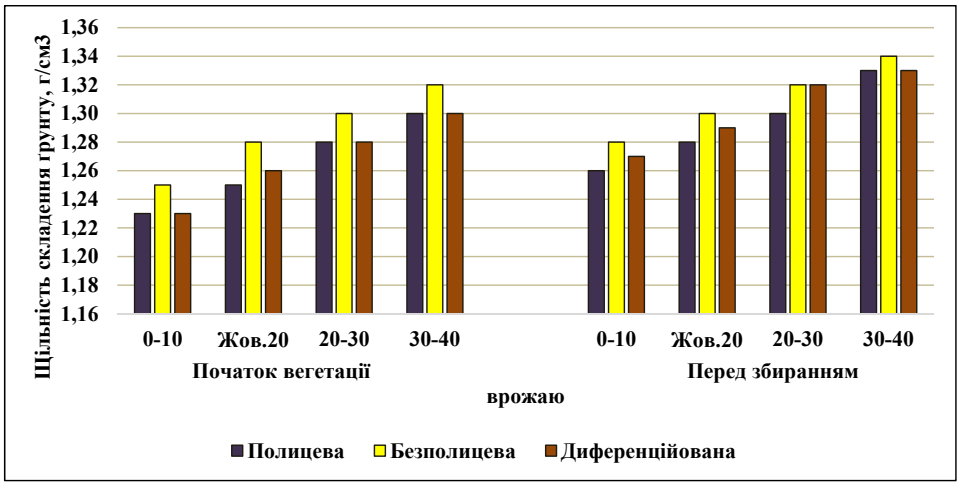


Рис. 1. Щільність складення ґрунту в шарах 0–10 см, 10–20 см, 20–30 см, 30–40 см за різних систем основного обробітку ґрунту, г/см³

темно-каштанового ґрунту була найменшою і знаходилася в межах 50,66–50,95 %. До завершення вегетації сільськогосподарських культур спостерігали зменшення величини загальної пористості на 0,6 % за полицевої різноглибинної, на 0,75 % за безполицевої різноглибинної та на 0,79 % за диференційованої систем основного обробітку ґрунту. (табл. 3).

Однією з найбільш важливих водно-фізичних властивостей ґрунту, пов'язаних зі щільністю складення та пористістю, є здатність ґрунту вбирати та фільтрувати через себе воду, яка подається на поле при вегетаційних поливах і надходить з атмосферними опадами. Найвищі показники водопроникності, як на початку, так і в кінці вегетації були відмічені за полицевої різноглибинної системи обробітку і становили відповідно 4,3 та 3,8 мм/хв. У процесі досліджень спостерігали зменшення водопроникності ґрунту на 0,4 мм/хв., як на початку, так і в кінці вегетації за диференційованої системи з дисковим розпушуванням під усі культури сівозміни, за виключенням досліду з кукурудзою, під посів якої було застосоване щілювання на глибину 38–40 см. В період сходів у варіантах з безполицевим різноглибинним основним обробітком ґрунту відмічається зниження водопроникності ґрунту в посівах усіх культур сівозміни в середньому на 1,0 мм/хв. (табл. 4).

Підвищення щільності складення ґрунту та зменшення його пористості в кінці вегетації культур сприяло зниженню водопроникності темно-каштанового ґрунту і найменші її значення зафіксовано у варіантах безполицевого різноглибинного обробітку ґрунту в сівозміні.

Результати обліку урожайності сільськогосподарських культур сівозміни свідчать, що заміна обробітку ґрунту знаряддями полицевого типу на глибину від 14–16 до 25–27 см безполицевим розпушуванням на таку саму глибину з використанням знарядь чизельного типу призводить до зменшення урожайності всіх культур сівозміни: кукурудзи на 0,41 т/га, ріпаку ози-

Таблиця 3

Пористість темно-каштанового ґрунту залежно від систем основного обробітку, % (середнє за 2021–2022 роки)

Система основного обробітку ґрунту	Культура				Середнє по сівозміні
	кукурудза на зерно	ріпак озимий	пшениця озима	соя	
початок вегетації					
Полицева різноглибинна	51,14	51,99	51,52	52,00	51,66
Безполицева різноглибинна	50,66	50,75	50,95	50,76	50,78
Диференційована на фоні щілювання глибиною 38–40 см	52,00	51,33	51,62	51,23	51,54
$НІР_{05}$, %	0,85	2,97	2,7	2,2	
перед збиранням врожаю					
Полицева різноглибинна	50,75	51,23	50,94	51,33	51,06
Безполицева різноглибинна	49,89	49,89	50,37	49,99	50,03
Диференційована на фоні щілювання глибиною 38–40 см	51,23	50,66	50,85	50,27	50,75
$НІР_{05}$, %	1,08	3,3	3,3	1,55	

Таблиця 4

Водопроникність темно-каштанового ґрунту залежно від систем основного обробітку, % (середнє за 2021–2022 роки)

Система основного обробітку ґрунту	Культура				Середнє по сівозміні
	кукурудза на зерно	ріпак озимий	пшениця озима	соя	
початок вегетації					
Полицева різноглибинна	4,4	3,8	4,2	4,9	4,3
Безполицева різноглибинна	3,9	2,6	3,1	3,8	3,3
Диференційована на фоні щілювання глибиною 38–40 см	4,6	3,2	3,6	4,2	3,9
$НІР_{05}$, мм/хв.	0,4	0,5	0,5	0,3	
перед збиранням врожаю					
Полицева різноглибинна	4,0	3,4	3,6	4,3	3,8
Безполицева різноглибинна	3,9	2,2	2,4	3,1	2,8
Диференційована на фоні щілювання глибиною 38–40 см	4,6	2,7	3,1	3,6	3,4
$НІР_{05}$, мм/хв.	0,5	0,4	0,6	0,4	

мого на 0,07 т/га, пшениці озимої на 0,14 т/га, та сої на 0,15 т/га. В той час, як за диференційованої системи на фоні щілювання на глибину 38–40 см урожайність всіх культур сівозміни була вищою за контроль: кукурудзи на 1,02 т/га, ріпаку озимого на 0,07 т/га, пшениці озимої на 0,24 т/га, та сої на 0,29 т/га. (рис. 2).

Найвищу продуктивність в розрахунку на 1 га сівозмінної площі – 119,1 ГДж валової енергії забезпечили

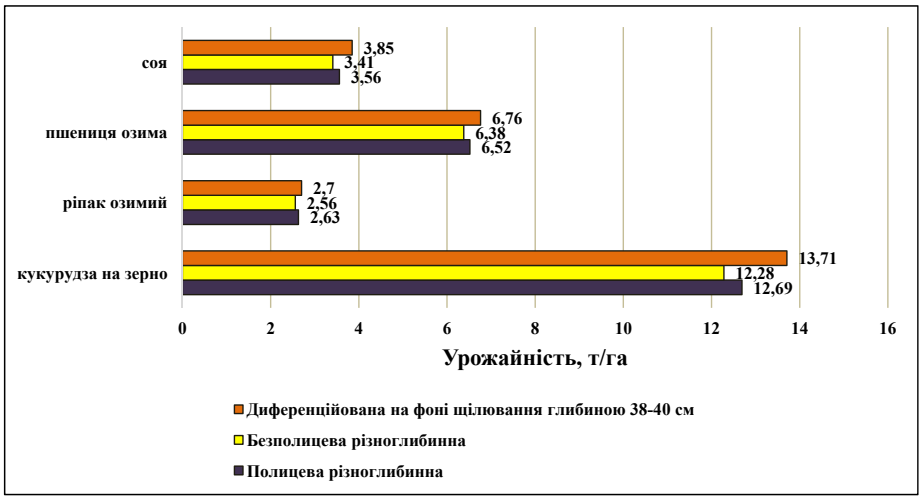


Рис. 2. Урожайність культур короткоротаційної сівозміни за різних систем основного обробітку ґрунту (середнє за 2021–2022 роки)

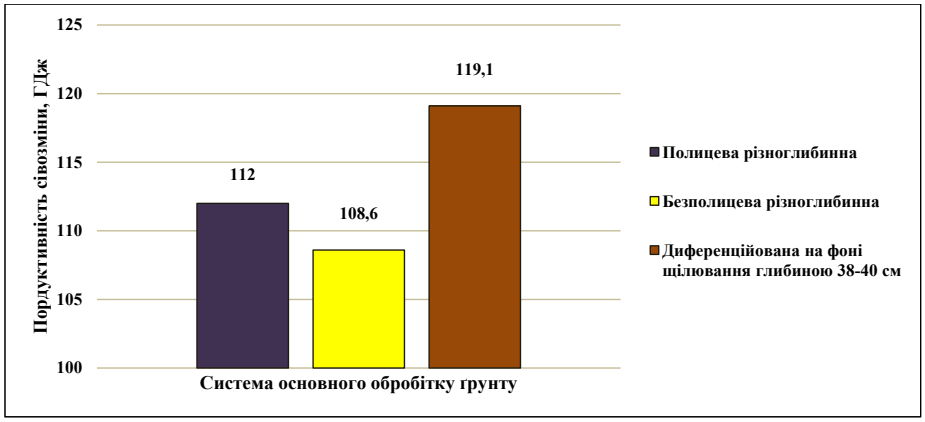


Рис. 3. Продуктивність короткоротаційної сівозміни за різних систем основного обробітку ґрунту (середнє за 2021–2022 роки)

сільськогосподарські культури за диференційованої системи основного обробітку з проведенням за ротацію сівозміни одного щілювання на глибину 38–40 см (рис. 3).

Близькою за рівнем продуктивності була система різноглибинного полицевого обробітку ґрунту в сівозміні, де вихід валової енергії складав 112,0 ГДж. Застосування безполицевої різноглибинної системи з чизельним розпушуванням під сільськогосподарські культури негативно позначилось на урожайності культур, знизивши рівень продуктивності сівозміни до 108,9 ГДж.

Висновки. Застосування ґрунтозахисної та енергозберігаючої системи диференційованого основного обробітку ґрунту з одним щілюванням на глибину 38–40 см забезпечує оптимальні величини агрофізичних параметрів темно-каштанового ґрунту (щільності складення, пористості та водопроникності), за яких сільськогосподарські культури короткоротаційної сівозміни на Інгулецькому зрошуваному масиві формують найбільшу урожайність і найвищу продуктивність, яка в розрахунку на 1 га сівозмінної площі в роки досліджень становила 119,1 ГДж валової енергії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Zhe Liu, Shiliu Cao, Zenghui Sun, Huanyuan Wang, Shaodong Qu, Na Lei, Jing He, Qiguang Dong. Tillage effects on soil properties and crop yield after land reclamation. Scientific Reports. 2021. Volume 11, Article number: 4611.
2. Примак І. Д., Єщенко В. О., Манько Ю. П. Ресурсозберігаючі технології механічного обробітку ґрунту в сучасному землеробстві України. Київ: КВІЦ, 2007. 272 с.
3. Мінімізація обробітку ґрунтів України. Медвєдєв В. В., Грабак Н. Х. та ін. Харків, 2004. 86 с.
4. Бомба М. Я. Комбінована система обробітку ґрунту та органічна система удобрення. *Землеробство.* 2001. № 1. С. 21.
5. Резніченко Н. Д. Вплив способів основного обробітку ґрунту та «прямої сівби» на водно-фізичні властивості ґрунту та врожайність ячменю озимого на зрошуваних землях півдня України. *Таврійський науковий вісник*. 2015. Вип. 91. С. 66–72. http://www.ksau.kherson.ua/files/visnik/THB91_1.pdf
6. Малярчук М. П., Резніченко Н. Д., Малярчук А. С., Котельников Д. І. Продуктивність просапної сівозміни за мінімізованого і нульового обробітків ґрунту в умовах зрошення півдня України. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 1. С. 64–70. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202101-08
7. Jansa J. et al. Soil tillage affects the comunity structure of mycorrhizal fungi in maize roots. *Ecol. Appl.* 2003. 13, 1164–1176. https://doi.org/10.1890/1051-0761(2003)13
8. Helgason B. L., Walley F. L., Germida J. J. No-till soil management increases microbial biomass and alters community profiles in 13, 1164–1176, https://doi.org/10.1890/1051-0761(2003)13 soil aggregates. *Appl. Soil Ecol.* 2010. 46, 390–397, https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2010.10.002
9. Тараріко Ю. О. Енергозберігаючі агроекосистеми. Оцінка та раціональне використання агроресурсного потенціалу України. Рекомендації на прикладі Степу і Лісостепу. Київ: ДІА, 2011. 576 с.
10. Bai Z. et al. Effects of agricultural management practices on soil quality: A review of long-term experiments for Europe and China. *Agr. Ecosyst. Environ.* 2018. 265, 1–7. https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.05.028
11. Soane B. D. et al. No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment. *Soil Till. Res.* 2012. 118, 66–87. https://doi.org/10.1016/j.still.2011.10.015
12. Meurer K. H. E., Haddaway N. R., Bolinder M. A., Katterer T. Tillage intensity affects total SOC stocks in boreo-temperate regions only in the topsoil-A systematic review using an ESM approach. *Ear. Sci. Rev.* 2018. 177, 613–622, https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.12.015
13. Krauss M. et al. Impact of reduced tillage on greenhouse gas emissions and soil carbon stocks in an organic grass-clover ley – winter wheat cropping sequence. *Agr. Ecosyst. Environ.* 2017. 239, 324–333. https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.01.029
14. Fontana M., Berner A., Mäder P., Lamy F., Boivin P. Soil organic carbon and soil bio-physicochemical properties as co-Influenced by tillage treatment. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2015. 79, 1435–1445. https://doi.org/10.2136/sssaj2014.07.0288
15. No-till система землеробства в Україні: наука і практика: монографія. Вожегова Р. А., Малярчук М. П., Грановська Л. М. та ін. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2021. 218 с.
16. Малярчук М. П., Вожегова Р. А., Марковська О. Є. Формування систем основного обробітку ґрунту в агробіоценозах на меліорованих землях південної посушливої та сухостепової ґрунтово–екологічний підзон України. Херсон: Айлант, 2012. 180 с.
17. Вожегова Р. А., Лавриненко Ю. О., Малярчук М. П. та ін. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях. Херсон: Грінь Д. С., 2014. 286 с.
18. Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 1. Настанови щодо складання програм відбирання проб (ISO 10381-1:2002, ЮТ). ДСТУ ISO 10381-1:2004. Чинний від 2006-04-01. Київ; Держспоживстандарт України, 2006. 36 с. https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/1d647b29d412481ea8f8553b0302fb4d.pdf
19. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. ДСТУ 4362:2004. Чинний від 01.01.2006. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 19 с. http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=67099
20. Якість ґрунту. Визначання щільності складення на суху масу (ISO 11272:1998, IDT). ДСТУ ISO 11272-2001. Чинний від 01.07.2003. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=58941

REFERENCES:

1. Zhe, Liu, Shiliu, Cao, Zenghui, Sun, Huanyuan, Wang, Shaodong, Qu, Na, Lei, Jing, He & Qiguang, Dong (2021). Tillage effects on soil properties and crop yield after land reclamation. Scientific Reports volume 11, Article number: 4611
2. Prymak, I. D., Yeshchenko, V. O., & Manko, Yu. P. (2007). *Resursozberihaiuchi tekhnolohii mekhanichnoho obrobitku gruntu v suchasnomu zemlerobstvi Ukrainy [Resource-saving technologies of mechanical tillage in modern agriculture of Ukraine].* Kyiv: KVITs [in Ukrainian].

3. Medvediev, V. V., & Hrabak, N. Kh. et al. (2004). *Minimizatsiia obrobitku gruntiv Ukrainy [Minimization of soil cultivation in Ukraine]*. Kharkiv [in Ukrainian].
4. Bomba, M. Ya. (2001). Kombinovana systema obrobitku hruntu ta orhanichna systema udobrennia [Combined soil cultivation system and organic fertilization system]. *Zemlerobstvo*, 1, 21 [in Ukrainian].
5. Reznichenko, N. D. (2015). Vplyv sposobiv osnovnoho obrobitku gruntu ta «priamoi sivby» na vodno-fizychni vlastyvosti gruntu ta vrozhainist yachmeniu ozymoho na zroshuvanykh zemliakh pivdnia Ukrainy [The influence of methods of main tillage and «direct seeding» on the water-physical properties of the soil and the yield of winter barley on the irrigated lands of the south of Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 91, 66–72. http://www.ksau.kherson.ua/files/visnik/THB91_1.pdf [in Ukrainian].
6. Maliarchuk, M. P., Reznichenko, N. D., Maliarchuk, A. S. & Kotelnykov, D. I. (2021). Produktyvnist prosapnoi sivozminy za minimizovanoho i nulovoho obrobitkiv gruntu v umovakh zroshennia pivdnia Ukrainy [Productivity of row crop rotation with minimal and zero tillage under irrigation conditions in the south of Ukraine]. *Visnyk ahrarnoi nauky* 1, 64–70. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202101-08 [in Ukrainian].
7. Jansa, J., Mozafar A., Kuhn, G., Anken, T., Ruh, R., Sanders, I. R., & Frossard, E. (2003). Soil Tillage Affects the Community Structure of Mycorrhizal Fungi in Maize Roots. *Ecological Applications*, *13*(4), 1164–1176. http://www.jstor.org/stable/4134751
8. Helgason, B. L., Walley, F. L. & Germida, J. J. (2010). No-till soil management increases microbial biomass and alters community profiles in 13, 1164–1176, https://doi.org/10.1890/1051-0761(2003)13 soil aggregates. *Appl. Soil Ecol.* 46, 390–397, https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2010.10.002
9. Tarariko, Yu. O. (2011). *Enerhozberihaiuchi ahroekosystemy. Otsinka ta ratsionalne vykorystannia ahroresursnoho potentsialu Ukrainy. Rekomendatsii na prykladi Stepu i Lisostepu [Energy-saving agroecosystems. Evaluation and rational use of agricultural resource potential of Ukraine. Recommendations on the example of Steppe and Forest Steppe]*. Kyiv: DIA. [in Ukrainian].
10. Bai, Z. et al. (2018). Effects of agricultural management practices on soil quality: A review of long-term experiments for Europe and China. *Agr. Ecosyst. Environ.* 265, 1–7, https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.05.028
11. Soane, B. D. et al. (2012). No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment. Soil Till. Res. 118, 66–87, https://doi.org/10.1016/j.still.2011.10.015
12. Meurer, K. H. E., Haddaway, N. R., Bolinder, M. A. & Katterer, T. (2018). Tillage intensity affects total SOC stocks in boreo-temperate regions only in the topsoil-A systematic review using an ESM approach. *Ear. Sci. Rev.* 177, 613–622, https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.12.015
13. Krauss, M. et al. (2017). Impact of reduced tillage on greenhouse gas emissions and soil carbon stocks in an organic grass-clover ley – winter wheat cropping sequence. *Agr. Ecosyst. Environ*. 239, 324–333, https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.01.029
14. Fontana, M., Berner, A., Mäder, P., Lamy, F. & Boivin, P. (2015). Soil organic carbon and soil bio-physicochemical properties as co-Influenced by tillage treatment. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 79, 1435–1445, https://doi.org/10.2136/sssaj2014.07.0288
15. Vozhehova, R. A., Maliarchuk, M. P., Hranovska, L. M. et al. (2021). *No-till systema zemlerobstva v Ukraini: nauka i* praktyka *[No-till farming system in Ukraine: science and practice]*. Kherson: OLDI-PLIuS, [in Ukrainian].
16. Maliarchuk, M. P., Vozhehova, R. A. & Markovska, O. Ye. (2012). *Formuvannia system osnovnoho obrobitku gruntu v ahrobiotsenozakh na meliorovanykh zemliakh pivdennoi posushlyvoi ta sukhostepovoi gruntovo–ekolohichnyi pidzon Ukrainy [Formation of systems of basic tillage in agrobiocenoses on reclaimed lands of the southern arid and dry steppe soil-ecological subzone of Ukraine].* Kherson: Ailant [in Ukrainian].
17. Vozhehova, R. A., Lavrynenko, Yu. O., Maliarchuk, M. P. et al. (2014). *Metodyka polovykh i laboratornykh doslidzhen na zroshuvanykh zemliakh [Methods of field and laboratory research on irrigated lands].* Kherson: Hrin D. S., [in Ukrainian].
18. *Soil quality. Sampling of samples. Part 1. Guidelines for drawing up sampling programs (ISO 10381-1:2002, UT).* (2006). DSTU ISO 10381-1:2004. from 2006-04-01. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/1d647b-29d412481ea8f8553b0302fb4d.pdf [in Ukrainian].
19. *Soil quality. Indicators of soil fertility*. (2006) DSTU 4362:2004. from 01.01.2006. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=67099 [in Ukrainian].
20. *Soil quality. Determination of bulk density per dry weight (ISO 11272:1998, IDT)* (2003). DSTU ISO 11272-2001. from 01.07.2003. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=5894 [in Ukrainian].

Грановська Л.М., Балян А.В., Томницький А.В., Резніченко Н.Д. Ґрунтозахисні системи обробітку осолонцьованих темно-каштанових ґрунтів Інгулецької зрошувальної системи

Мета досліджень. Визначити ефективність різних способів та глибини основного обробітку ґрунту під сільськогосподарські культури сівозміни та їх вплив на агрофізичні параметри на фоні тривалого застосування різних систем обробітку ґрунту. **Методи**. Дослідження проводили в стаціонарному досліді у 4-пільній ланці зерно-просапної сівозміни, розгорнутої у часі і просторі. Застосовували польовий, кількісно-ваговий, візуальний, лабораторний, розрахунково-порівняльний, математично-статистичний методи з використанням загальновизнаних в Україні методик та вимог державних стандартів. **Результати**. Встановлено, що за різноглибинної полицевої системи обробітку ґрунту з глибиною розпушування від 14–16 до 28–30 см та диференційованої з мілким дисковим розпушуванням на глибину від 10–12 до 14–16 см й одним за ротацію сівозміни щілюванням глибиною 38–40 см щільність складення ґрунту була найменшою і становила 1,26–1,28 г/см^3. За полицевої різноглибинної системи як на початку, так і в кінці вегетації культур були відмічені найвищі показники водопроникності ґрунту – 4,3 та 3,8 мм/хв., відповідно. За результатами обліку врожаю сільськогосподарських культур сівозміни встановлено, що за диференційованої системи на фоні щілювання на глибину 38–40 см

урожайність всіх культур сівозміни була вищою за контроль (різноглибинний полицевий обробіток): кукурудзи на 1,02 т/га, ріпаку озимого на 0,07 т/га, пшениці озимої на 0,24 т/га, та сої на 0,29 т/га, що забезпечило підвищення продуктивності сівозміни на 6,3 %. **Висновки.** Застосування ґрунтозахисної та енергозберігаючої системи диференційованого основного обробітку ґрунту з одним щілюванням на глибину 38–40 см забезпечує оптимальні величини агрофізичних параметрів темно-каштанового ґрунту (щільності складення, пористості та водопроникності), за яких сільськогосподарські культури короткоротаційної сівозміни на Інгулецькому зрошуваному масиві формують найбільшу урожайність і найвищу продуктивність сівозміни, яка в розрахунку на 1 га сівозмінної площі в роки досліджень становила 119,1 ГДж валової енергії.

Ключові слова: агрофізичні параметри ґрунту, диференційована система, полицевий обробіток, сівозміна.

Hranovska L.M., Balian A.V., Tomnytskyi A.V., Reznichenko N.D. Soil protection systems for the cultivation of salted dark chestnut soils of the Ingulets irrigation system

Purpose. To determine the effectiveness of different methods and depth of the main tillage for crop rotation crops and to determine their impact on agrophysical parameters on the background of long-term use of various tillage systems. **Methods.** The research was carried out in a stationary experiment in a 4-field chain of grain-row crop rotation, deployed in time and space. Field, quantitative-weighing, visual, laboratory, calculation-comparative, and mathematical-statistical methods were applied using methods generally recognized in Ukraine and the requirements of state standards. **Results.** It was established that under the multi-depth shelf system of soil cultivation with a loosening depth of 14–16 to 28–30 cm and differentiated with shallow disk loosening to a depth of 10–12 to 14–16 cm and one for the rotation of the crop rotation by slitting with a depth of 38–40 cm, the density the composition of the soil was the lowest and amounted to 1.26–1.28 g/cm^3. The highest values of soil water permeability were noted under the multi-depth shelf system both at the beginning and at the end of the growing season of crops – 4.3 and 3.8 mm/min, respectively. According to the results of crop rotation crop records, it was established that under the differentiated system on the background of 38–40 cm deep slitting, the productivity of all crop rotations was higher than the control (multi-depth shelf cultivation): corn by 1.02 t/ha, winter rapeseed by 0, 07 t/ha, winter wheat by 0.24 t/ha, and soybeans by 0.29 t/ha, which ensured an increase in crop rotation productivity by 6.3%. **Conclusions.** The use of a soil-protecting and energy-saving system of differentiated main tillage with one split to a depth of 38–40 cm provides optimal values of agrophysical parameters of dark chestnut soil (compact density, porosity, and water permeability), under which short-rotation agricultural crops on the Ingulets irrigated massif form the highest yield and productivity crop rotation, which was 119.1 GJ of gross energy per 1 ha of crop rotation area in the years of research.

Key words: agrophysical soil parameters, differentiated system, tillage, crop rotation.

УДК 633.811:631.5(477.43+477.85)
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.7

СХОЖІСТЬ ТА ВИЖИВАННЯ РОСЛИН ШАВЛІЇ МУСКАТНОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ

ГРОХОЛЬСЬКА Т.М. – аспірант
orcid.org/0000-0002-1642-2203
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Постановка проблеми. Лікарські рослини мають широку поширеність, доступність та високу лікувальну ефективність, найкращу при використанні в свіжому вигляді. Дуже багато рослин володіє комплексною лікувальною дією, впливаючи на різні функції організму [1].

Шавлія мускатна, як ефіроолійна та лікарська рослина, ще недостатньо вивчена в умовах Західного Лісостепу.

Різні дослідження вітчизняних вчених з окремих питань вирощування шавлії та продуктивності рослини, підтверджують актуальність а також необхідність досліджень з даної теми.

Отже, існує необхідність у дослідженні елементів технології вирощування, шавлії мускатної для отримання високого врожаю в умовах Західного Лісостепу України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В Україні найпоширенішими ефіроолійними культурами є: коріандр посівний, аніс звичайний, фенхель звичайний, кмин звичайний, м'ята перцева, троянда ефіроолійна, лаванда справжня, шавлія мускатна. Загальна площа посівів ефіроолійних культур в Україні близько 40 тис. га [2, 3].

Шавлія мускатна – дворічна трав'яниста рослина [4–6] яка містить ефірну олію суцвіттях (0,11–0,3%) та інших надземних частинах рослини [7–9]. Ефірна олія шавлії чудово комбінується з маслами грейпфрута, сандалу, коріандру, бергамота, ялівцю, жасмину, ладану, троянди [10]. Рослина допомагає від прищів, вугрів, гнійничкових захворювань шкіри, лікує себорейні дерматити [11].

Стан вирощування шавлії мускатної в Україні проаналізували дослідники В. О Ушкаренко, В. О. Чабан, О. В. Чабан щодо використання лікарської рослинної сировини високої якості [12, 13].

Результати досліджень. О. Князюк, В. Горбатюк , І. Мельник свідчать, що строк і спосіб сівби впливали на схожість насіння шавлії мускатної. Найвища схожість насіння відмічена за строку сівби 15.04 і за широкорядного способу сівби 45 см – 92,3%. Показник виживання рослин шавлії мускатної на кінець вегетації – 95,1%. [14, 15].

А. Павлюк, Л. Котюк дослідили, що впродовж першого року життя сіянець шавлії мускатної формує тільки розетку листків, на другий рік життя вегетативно-генеративні пагони. У фазі листкової розетки рослини вступали у зиму. Після перезимівлі рослини другого року вегетації розвивались цілком інтенсивно [16].

Мета. Визначення схожості і виживання рослин шавлії мускатної залежно від строку сівби та норми висіву насіння за вирощування в умовах Західного Лісостепу

Матеріали та методика досліджень. Дослідження виконувалося на дослідних ділянках кафедри садівництва і виноградарства, землеробства та ґрунтознавства Подільського державного аграрно-технічного університету (зараз Заклад вищої освіти «Подільський державний університет». У досліді вивчалися наступні фактори: А – строк сівби (весняний, літній); В – норма висіву насіння (4, 6, 8 та 10 кг/га). Всі обліки, спостереження та аналізи здійснювались відповідно загальноприйнятих методик.

Результати досліджень. Одними з важливих показників, що в подальшому впливають на продуктивність рослин шавлії мускатної є схожість та виживання рослин. Оцінка стану виживання рослин після перезимівлі дається навесні після початку відростання рослин, як тільки можна відрізнити живі рослини від тих що загинули.

За весняного строку сівби та норми висіву насіння 8 кг/га отримано найвищий показник схожості 95%, а найменший – за літнього строку сівби нормою висіву насіння 10 кг/га, показник становив 72%. Показники на цих варіантах перевищували контрольний варіант відповідно на 4 та 11%. На всіх інших варіантах спостерігалося зменшення схожості шавлії мускатної на 9–20% порівняно із контрольним варіантом (весняний строк сівби, норма висіву насіння 6 кг/га).

Таблиця 1

Схожість шавлії мускатної залежно від строків сівби та норми висіву насіння, % (середнє за 2018–2022 рр.)

Норма висіву кг/га (В)	К-сть рослин на 1 га	Строк сівби (А)			
		весняний		літній	
		схожість, %	± до контролю, %	схожість,%	± до контролю, %
1 рік вегетації (2018-2021)					
4	800000	75	-18	74	-9
6 (К)	1153846	91	0	82	0
8	1269841	95	4	91	11
10	1428571	74	-20	72	-12
V,%		12,91		10,85	

Таблиця 2

Виживання шавлії мускатної після перезимівлі залежно від строків сівби та норми висіву насіння, % (середнє за 2018–2022 рр.)

Норма висіву кг/га (В)	К-сть рослин на 1 га	Строк сівби (А)			
		весняний		літній	
		виживання, %	± до контролю, %	виживання, %	± до контролю, %
4	800000,0	99	2	97	1
6 (К)	1153846,2	97	0	96	0
8	1269841,3	96	-2	94	-3
10	1428571,4	95	-3	92	-5
V, %		1,77		2,34	

Таблиця 3

Виживання шавлії мускатної на кінець вегетації рослин залежно від строків сівби та норми висіву насіння, % (середнє за 2018–2022 рр.)

Норма висіву кг/га (В)	К-сть рослин на 1 га	Строк сівби (А)			
		весняний		літній	
		виживання, %	± до контролю, %	виживання, %	± до контролю, %
4	800000,0	97	1	95	1
6 (К)	1153846,2	96	0	94	0
8	1269841,3	95	-1	92	-2
10	1428571,4	92	-2	90	-3
V,%		2,27		2,39	

За результатами обчислення статистичних характеристик малої вибірки визначено, що коефіцієнт варіювання за весняного строку сівби становив 12,91%, а за літнього – 10,85%. Варіювання вважається середнім, тобто схожість рослин більше варіює за весняного строку сівби.

Виживання рослин шавлії після перезимівлі за впливу строків сівби весняного і літнього (фактор А) та норми висіву насіння 4, 6, 8, 10 кг/га (фактор В). Значення в середньому за роки досліджень отримано в межах від 92 до 99%. Максимальне значення показника відмічено за весняного строку сівби та норми висіву насіння 4 кг/га. Мінімальний показник відмічено за літнього строку сівби і норми висіву насіння 10 кг/га.

З даних таблиці видно, що найбільше випадання рослин спостерігалось при нормі висіву 10 кг/га за літнього строку сівби, а найменше – за весняного посіву 4 кг/га. Впродовж років досліджень окремі рослини випадали за рахунок впливу погодних чинників, а саме температура та опади мали деякі відмінності від середніх багаторічних даних, що показало незначне відображення на продуктивності рослин шавлії мускатної.

Висновки. Досліджено показники схожості та виживання рослин після перезимівлі та на кінець вегетації рослин шавлії мускатної як лікарської, ефіроолійної рослини. Оптимальні показники схожості насіння отримано за весняного строку сівби (квітень) нормою висіву насіння 8 кг/га.

Після перезимівлі виживання рослин шавлії мускатної за впливу досліджуваних чинників протягом років досліджень отримано від 92 до 99%. На кінець вегетації виживання шавлії було в межах від 90 до 97%. Деякі рослини випадали за рахунок впливу погодних чинників.

Коефіцієнт варіювання виживання рослин після перезимівлі за весняного строку сівби становив 1,77%, а за літнього 2,34%. Тому, вирощування шавлії мускатної є доцільним в умовах Західного Лісостепу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Махлаюк В. П. Лікарські рослини в народній медицині. URL: http://bibliograph.com.ua/lekarstvennye/4.htm
2. Ефіроолійні культури. Рослинництво. URL: https://pidru4niki.com/75666/agropromislovist/efirooliyni_kulturi
3. Коваленко О. А., Хоненко Л. Г., Заволока К. С. Ринок ефіроолійних культур в Україні та Європі. *Сучасні підходи до вирощування, переробки і зберігання плодоовочевої продукції* : матеріали міжнародної наук.-практ. конф., 18-20 березня 2020 р. Миколаїв : МНАУ, 2020. С. 229–230.
4. Манушкіна Т. М. Агроекологічні аспекти вирощування ефіроолійних культур у зоні Південного Степу України за умов зміни клімату. 2021. URL: http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/10180/1/137-140.pdf
5. Сторчоус І. Ефіроолійні культури. *Агробізнес сьогодні*. 2010. №5(180). С. 30–31
6. Біленко В. Г. Вирощування лікарських рослин та використання їх у медичній і ветеринарній практиці. Довідник. К. Арістей, 2004. 304 с.
7. Біологія та екологія сільськогосподарських рослин: Підручник / В.Д. Паламарчук, І. С. Поліщук, С. М., Каленська, Л. М. Єрмакова. Вінниця, 2013. 713 с.
8. Рослинництво: Підручник / О. І. Зінченко, В. Н. Салатенко, М. А. Білоножко. За ред. О. І. Зінченка. К. Аграрна освіта, 2001. 591 с.
9. Вирощування лікарських та ефіроолійних рослин: порадник господарю / М. І. Бахмат, О .В. Кващук,

М. В. Загородний, В. Я. Хоміна. Кам'янець-Подільський, 2011. 186 с.
10. Лікувальні властивості і протипоказання шавлії (сальвія) мускатного. URL: https://uk.blabto.com/6597-medicinal-properties-and-contraindications-of-sage-sa.html
11. Шавлії листя. *Ліктрави.* URL: https://liktravy.ua/useful/encyclopedia-of-herbs/shavlii-lystja
12. Ушкаренко В. О., Чабан В. О., Чабан О.В. Аналіз формування урожаю та ефірної олії на посівах шавлії мускатної в умовах Півдня України. *Агробіологія*, 2019. Вип.1. С.38–46.
13. Ушкаренко, В. О., Вожегова, Р. А., Коковіхін, С. В., Шепель, А. В., Чабан В. О. Урожайність шавлії мускатної та вихід ефірної олії залежно від досліджуваних агротехнічних факторів. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. Вип. 2. С. 57–64.
14. Князюк О. В., Горбатюк В. С., Мельник І. А. Вплив строків сівби та ширини міжрядь на біометричні показники та продуктивність рослин шавлії мускатної (Salvia solaria L.). *Агробіологія.* 2018. Вип. 2. С. 55–59.
15. Князюк О. В. Вплив строків сівби та ширини міжрядь на продуктивність ефіроолійних та пряно-ароматичних культур . *Актуальні проблеми біології та методики її викладання у закладах вищої освіти : Збірник наукових праць звітної наукової конференції викладачів за 2018–2019 н.р.* Віннця, 2019. С. 59–70
16. Павлюк А. О., Котюк Л. А. Шавлія мускатна (salvia sclarea) в умовах ботанічного саду поліського національного університету. *Збірник матеріалів V Міжнародної науково-практичної конференції студентів, магістрів, аспірантів, молодих вчених і викладачів*, м. Малин, 21 березня 2023 року. Малин: Вид-во МФК, 2023. 485 с. URL: https://www.researchgate.net/profile/IvanKimeichuk/publication/370445966_zbirnik-original/links/6450eb8397449a0e1a70371b/zbirnik-original.pdf#page=345

REFERENCES:

1. Makhlaiuk, V. P. Likarski roslyny v narodnii medytsyni. [Medicinal plants in folk medicine]. Available at: http://bibliograph.com.ua/lekarstvennye/4.htm [in Ukrainian]
2. Efirooliini kultury. Roslynnytstvo. [Essential oil cultures. Plant growing]. Available at: https://pidru4niki.com/75666/agropromislovist/efirooliyni_kulturi
3. Kovalenko, O. A., Khonenko, L. H., Zavoloka, K. S. (2020). Rynok efirooliinykh kultur v Ukraini ta Yevropi. [The market of essential oil crops in Ukraine and Europe.]. Suchasni pidkhody do vyroshchuvannia, pererobky i zberihannia plodoovochevoi produktsii : materialy mizhnarodnoi nauk.-prakt. konf., 18–20 bereznia 2020 r. Mykolaiv : MNAU. P. 229–230.
4. Manushkina, T. M. (2021). Ahroekolohichni aspekty vyroshchuvannia efirooliinykh kultur u zoni Pivdennoho Stepu Ukrainy za umov zminy klimatu. [Agroecological aspects of growing essential oil crops in the Southern Steppe zone of Ukraine under conditions of climate change]. Available at: http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/10180/1/137-140.pdf. [in Ukrainian]
5. Storchous, I. (2010). Efirooliini kultury. [Essential oil cultures] Ahrobiznes sohodni. № 5(180). P. 30–31 [in Ukrainian]
6. Bilenko, V. H. (2004 Vyroshchuvannia likarskykh roslyn ta vykorystannia yikh u medychnii i veterynarnii praktytsi. [Cultivation of medicinal plants and their use in medical and veterinary practice]. Dovidnyk. K. Aristei. 304 p. [in Ukrainian]
7. Palamarchuk, V. D. Polishchuk, I. S. Kalenska, S. M. Yermakova. L. M. (2013). Biolohiia ta ekolohiia silskohospodarskykh roslyn: [Biology and ecology of agricultural plants]. Pidruchnyk Vinnytsia, p. 713. [in Ukrainian]
8. Zinchenko, O. V. Salatenko, V. N. Bilonozhko, M. A. (2001). Roslynnytstvo: Pidruchnyk. [Vegetation: Textbook]. K.: Ahrarna osvita,. 591 p. [in Ukrainian]
9. Bakhmat, M. I. Kvashchuk, O. V. Zahorodnyi, M. V. Khomina V. YA. (2011). Vyroshchuvannia likarskykh ta efirooliinykh roslyn: poradnyk hospodariu [Cultivation of medicinal and essential oil plants: an adviser to the owner]. Kamianets-Podilskyi, 186 p. [in Ukrainian]
10. Likuvalni vlastyvosti i protypokazannia shavlii (salviia) muskatnoho. [Medicinal properties and contraindications of sage (salvia muscat).] Available at: https://uk.blabto.com/6597-medicinal-properties-and-contraindications-of-sage-sa.html [in Ukrainian]
11. Shavlii lystia. Liktravy. [Sage leaves. Lycra]. Available at: https://liktravy.ua/useful/encyclopedia-of-herbs/shavlii-lystja [in Ukrainian]
12. Ushkarenko V. O. Chaban V. O. Chaban O. V. (2019). Analiz formuvannia urozhaiu ta efirnoi olii na posivakh shavlii muskatnoi v umovakh Pivdnia Ukrainy. [Analysis of crop formation and es ential oil on clary sage crops in Southern Ukraine]. Ahrobiolohiia, 1. P. 38–46. [in Ukrainian]
13. Ushkarenko, V. O., Vozhehova, R. A., Kokovikhin, S. V., Shepel, A. V., Chaban V. O. (2020). Urozhainist shavlii muskatnoi ta vykhid efirnoi olii zalezhno vid doslidzhuvanykh ahrotekhnichnykh faktoriv. [The yield of clary sage and the yield of essential oil depending on the investigated agrotechnical factors]. Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii. 2. P. 57–64. [in Ukrainian]
14. Kniaziuk O. V., Horbatiuk V. S., Melnyk I. A. (2018). Vplyv strokiv sivby ta shyryny mizhriad na biometrychni pokaznyky ta produktyvnist roslyn shavlii muskatnoi (Salvia solaria L.) [The influence of sowing dates and row spacing on biometric parameters and productivity of salvia (Salvia solaria L.) plants.]. Ahrobiolohiia, 2. P. 55–59. [in Ukrainian]
15. Kniaziuk O. V. (2019.). Vplyv strokiv sivby ta shyryny mizhriad na produktyvnist efirooliinykh ta priano-aromatychnykh kultur [The influence of sowing dates and row spacing on the productivity of essential oil and spicy-aromatic crops]. Aktualni problemy biolohii ta metodyky yii vykladannia u zakladakh vyshchoi osvity : Zbirnyk naukovykh prats zvitnoi naukovoi konferentsii vykladachiv za 2018–2019 n.r. Vinntsia. P. 59–70 [in Ukrainian]
16. Pavliuk, A. O., Kotiuk, L. A. (2023). Shavliia muskatna (salvia sclarea) v umovakh botanichnoho sadu poliskoho natsionalnoho universytetu. [Sage muscatna (salvia sclarea) in the botanical garden of the Polish National University]. Zbirnyk materialiv V Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii studentiv, mahistriv, aspirantiv, molodykh vchenykh i vykladachiv, m. Malyn, 21 bereznia 2023 roku. Malyn: Vyd-vo MFK, 485 p. Available at: https://www.researchgate.net/profile/IvanKimeichuk/publication/370445966_zbirnik-original/links/6450eb8397449a0e1a70371b/zbirnik-original.pdf#page=345 [in Ukrainian]

Грохольська Т.М. Схожість та виживання рослин шавлії мускатної залежно від технологічних факторів

Мета. Визначити схожість і виживання рослин шавлії мускатної залежно від строків сівби та норми висіву насіння. Встановити коефіцієнт варіації за весняного та літнього строку сівби залежно від норми висіву насіння.

Методи. У процесі виконання дослідження використовували поєднання методів загальнонаукових: гіпотеза, спостереження, аналіз; та спеціальних: аналітичні методи дослідження, дані польових дослідів. Експериментальні показники обробляли методами математичної статистики за В.О. Єщенком.

Результати. У статті наведено результати досліджень впливу строків сівби і норми висіву насіння на схожість та виживання рослин протягом 2018–2022 років, виконаних в умовах Західного Лісостепу. За результатами дослідження встановлено, що найвищий показник схожості насіння отримано за весняного строку сівби – 95% і норми висіву насіння 8 кг/га., а менш сприятливим для проростання насіння виявився літній строк сівби – 10 кг/га, що становив 72%. Дані на цих варіантах перевищували контрольний варіант (6 кг/га) відповідно на 4 та 11%. Кількість рослин на 1 га коливалась в межах від 800000,0 до 1428571,4 шт. Коефіцієнт варіювання за весняного строку сівби становив 12,91%, а за літнього 10,85%.

Визначено, що виживання рослин шавлії мускатної протягом років досліджень коливалось в межах від 90 до 99%. За норми висіву насіння 8 кг/га після перезимівлі виживання за весняного строку сівби становило – 96%, а за літнього – 94%.

Встановлено, що коефіцієнт варіювання виживання рослин після перезимівлі за весняного строку сівби – 1,77%, а за літнього 2,34%. Коефіцієнт варіювання на кінець вегетації рослин за весняного строку – 2,27%, а за літнього – 2,39%

Висновки. Доведено, що серед строків сівби більш ефективним виявився весняний (друга декада квітня); за отриманими експериментальними показниками досліджень визначено схожість та виживання рослин. Що свідчить про доцільність вирощування шавлії мускатної як лікарської, ефіроолійної, дворічної трав'янистої рослини.

Ключові слова: коефіцієнт варіації, строк сівби, норма висіву, кількість рослин, результати досліджень.

Hrokholska T.M. Similarity and survival of clary sage plants depending on technological factors

Purpose. To determine the germination and survival of clary sage plants depending on the timing of sowing and the rate of seed sowing. To set the coefficient of variation for the spring and summer sowing period depending on the seed sowing rate.

Methods. In the process of carrying out the research, a combination of general scientific methods was used: hypothesis, observation, analysis; and special methods: analytical methods of research, data of field experiments. Experimental indicators were processed by the methods of mathematical statistics according to V.O. Yeshchenko.

Results. The article presents the results of research on the influence of sowing dates and seed sowing rates on germination and plant survival during the years 2018–2022, carried out in the conditions of the Western Forest Steppe. According to the results of the study, it was established that the highest rate of seed germination was obtained during the spring sowing period – 95% and the seed sowing rate of 8 kg/ha, while the summer sowing period – 10 kg/ha, which was 72%, was less favorable for seed germination. Data on these options exceeded the control option (6 kg/ha) by 4 and 11%, respectively. The number of plants per hectare ranged from 800 000 to 1 428 571.4 plants. The coefficient of variation for the spring sowing period was 12.91%, and for the summer sowing period was 10.85%.

It was determined that the survival of clary sage plants during the years of research ranged from 90 to 99%. At the seed sowing rate of 8 kg/ha after overwintering, survival during the spring sowing period was 96%, and during the summer was 94%.

It was established that the coefficient of variation of plant survival after overwintering during the spring sowing period is 1.77%, and during the summer sowing period it is 2.34%. The coefficient of variation at the end of the vegetation period for the spring period is 2.27%, and for the summer period is 2.39%

Conclusions. It has been proved that spring (second decade of April) was more effective among the sowing dates; according to the obtained experimental indicators of research, the similarity and survival of plants are determined. This indicates the expediency of growing clary sage as a medicinal, essential oil, two-year herbaceous plant.

Key words: coefficient of variation, sowing period, sowing rate, number of plants, research results

УДК 633.16:631.526.32 (477.7)
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.8

УРОЖАЙНІСТЬ РІЗНИХ СОРТІВ ЯЧМЕНЮ ОЗИМОГО В УМОВАХ ПІВДЕННОГО СТЕПУ

ЗАЄЦЬ С.О. – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0001-7853-7922
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
БАЛЯН І.В. – кандидат історичних наук, заступник директора
з науково-організаційних та господарських питань
https://orcid.org/0000-0002-6361-3782
Закарпатська державна сільськогосподарська дослідна станція
Національної академії аграрних наук України
ОНУФРАН Л.І. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0001-6247-4920
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
ЮЗЮК С.М. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0001-8761-642X
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Агрокліматичні умови південного Степу України в цілому сприятливі для вирощування ячменю озимого, хоча достатньо мінливі впродовж періоду вегетації. Нерівномірний, а іноді аномальний прояв таких кліматичних факторів, як температура повітря та опади, дуже часто негативно позначається на рості, розвитку і продуктивності культури. Пригнічення розвитку рослин трапляється, коли в період вегетації фіксуються ґрунтові та повітряні посухи [1, 2].

Останніми роками в Україні спостерігається зменшення посівних площ ячменю ярого, тоді як під озимим з 2012 по 2021 рр. вони зросли майже втричі. Врожайність його за сприятливих умов перезимівлі перевершує ячмінь ярий в середньому на 0,7–0,8 т/га, а в окремі роки – на 2,5–3,0 т/га. [3].

Стабільному збільшенню посівів і виробництва ячменю озимого в Україні сприяють значні досягнення вітчизняних селекціонерів, які створили високопродуктивні сорти, адаптовані до конкретних ґрунтово – кліматичних зон умов [4, 5]. Тому на сучасному етапі розвитку виробництва насіння ячменю значно зростає роль сорту. Сорт залишається одним з найефективніших біологічних чинників інтенсифікації зернової галузі та суттєво впливає на врожайність та якість насіння. Внесок селекції у досягнуте зростання врожайності ячменю озимого складає 30%.

Аналіз останніх досліджень і публікацій**.** Потенціал продуктивності нових сортів ячменю озимого сягає 8–10 т/га, але *їх* можливості використовуються в Україні у середньому лише на 20–30%, у кращому випадку – 45–50 % [6, 7].

Натомість, у Нідерландах потенціал сортів використовується на 70%, у Данії й Швеції – на 50–60% [8, 9]. Урожайність ячменю озимого в Україні за останні 7 років збільшилася з 2,0 т/га до 3,4 т/га, але вона, на жаль, у два рази нижча за показник в країнах ЄС – 7,0 т/га [10].

Таку різницю можна пояснити тим, що в Україні недостатньо досліджено особливості вирощування нових сортів, а це не дає реалізувати їх урожайний потенціал.

Для сортів ячменю озимого в посушливих умовах півдня України ставляться підвищенні вимоги. Тут перевагу мають сорти з різними генетичними особливостями, зокрема типово озимі та сорти-дворучки (альтернативні), які виділяються підвищеною морозо- і зимостійкістю або жаро- і посухостійкістю, більш стійкі до вилягання та поширених хвороб [4, 9].

Нині в Україні є великий вибір сортів ячменю озимого. Так, на 2020 р. у Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні, нараховувалось 70 сортів ячменю озимого [11], а в 2021 р. уже 82 [12] (рис. 1).

Графічне зображення рисунку 1 переконливо свідчить, що за останні 21 років кількість зареєстрованих сортів ячменю озимого збільшилась у тричі.

Проте реалізувати урожайний потенціал сорт може лише тоді, коли технологія вирощування повністю відповідає їх біологічним вимогам [13, 14, 15].

Сорти по-різному реагують на основні елементи технології, тому потребують перевірки на адаптацію до конкретних природно-кліматичних умов [16, 17].

На півдні України в основному вирощуються сорти ячменю озимого Селекційно генетичного інституту – Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення Національної академії аграрних наук України. Хоча останніми роками все частіше в господарствах висівають сорти іноземної селекції, які за сурових зим є менш морозостійкими. Відомо, що ячменю озимого морозостійкість нижча, ніж у жита озимого і пшениці. Районовані сорти витримують зниження температури на глибині вузла кущення до мінус 12 °С.

Дослідження наукових установ з впливу різних агротехнічних заходів на продуктивність та якість зерна багатьох сортів ячменю озимого, внаслідок чого було встановлено особливості їх вирощування [18, 19]. Проте слід зауважити, що ці дослідження проводились на сортах, які сьогодні уже не вирощуються: Росава, Основа, Тамань,

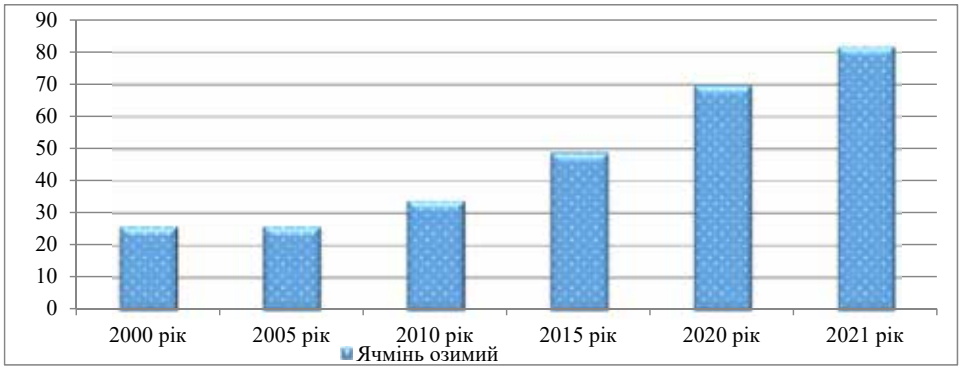


Рис. 1. Кількість сортів ячменю озимого, внесених до Державного реєстру [11, 12]

Метелиця, Трудівник, Восход та інші, тому результати цих досліджень тепер втратили практичну цінність [20].

Нині в Україні на зміну ним прийшли більш урожайні сорти нового покоління вітчизняної селекції: Валькерія, Дев'ятий вал, Снігова королева, Презент, Скарб Пальміри, Статус, Ясон та інші [4, 20].

Мета статті. У зв'язку з цим нами в посушливих умовах південного Степу України в демонстраційних дослідах проводилось випробовування сучасних і нових сортів ячменю озимого та визначались найкращі з них за продуктивністю.

Матеріали та методика досліджень. У 2019–2021 роках на демонстраційно-випробувальних ділянках Інституту зрошуваного землеробства (нині Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства) НААН нами досліджувались сорти ячменю озимого вітчизняної селекції, із яких 9 Селекційно-генетичного інституту Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення НААН (Буревій, Валькірія, Гетьман Сагайдачний, Гордість Пальміри, Дев'ятий вал, Достойний, Презент, Скарб Пальміри, Снігова королева) та 8 Миронівського інституту пшениці НААН (Гладіатор, Дарій, Корсар, Лідер, Оскар, Паладін, Статус і Ясон) [12, 22].

Технологія вирощування культури у досліді була загальноприйнятою відповідно для неполивних умов південного Степу України та відповідала зональним і спеціальним рекомендаціям. Попередником був чорний пар. Перед сівбою в орному шарі ґрунту у 2019–2021 рр. містилось NO^-_3 – 53,1–74,3 мг, P_2O_5 – 53,8–83,9 мг та K_2O – 281–342 мг на 1 кг ґрунту. Тобто в ґрунті спостерігалася достатня кількість всіх елементів живлення. Тому проводилось лише ранньовесняне підживлення азотними добривами із розрахунку 30 кг/га д.р. Насіння протруювали препаратом Іншур Перформ із розрахунку 0,5 л на 1 т зерна. Сівбу ячменю проводили сівалкою СН-16 суцільним рядковим способом 28–30 вересня. Норма висіву схожого насіння становила 4,5 млн шт./га. Глибина загортання насіння складала 5–6 см.

Повторність у дослідах триразова. Варіанти розташовували методом рендомізації. Посівна площа ділянок складала 31,5, облікових – 20 м^2.

Облік урожаю на дослідних ділянках проводився обмолотом рослин з облікової площі шляхом прямого комбайнування комбайном "Сампо"-130 й приведення зерна до стандартної вологості та чистоти. Дані обліку врожайності піддались статистичній обробці методом дисперсійного аналізу [23].

Результати досліджень. Метеорологічні показники, які визначали погодні умови весняно-літнього періоду вегетації пшениці озимої у 2019, 2020 і 2021 рр. взято із спостережень Херсонського обласного центру з гідрометеорології (м. Херсон).

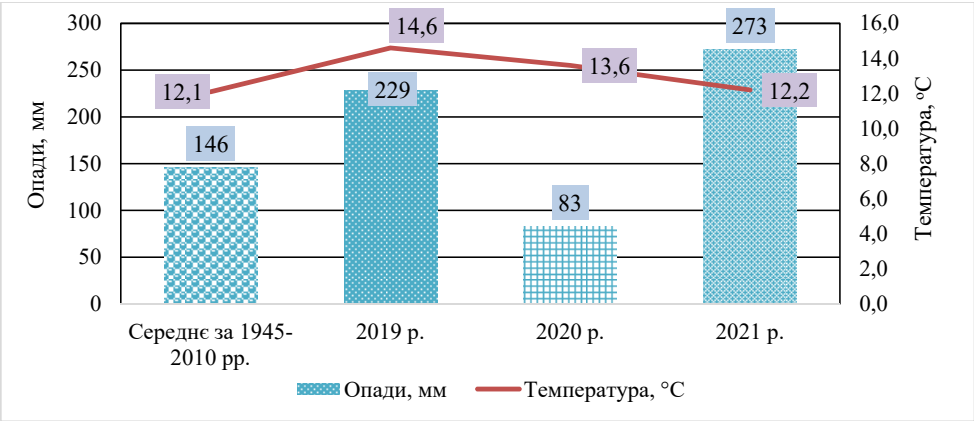


Рис. 2. Опади та температура повітря за весняно-літній період (березень – червень)

Джерело: дані Херсонського обласного центру з гідрометеорології (м. Херсон)

Відмінною особливістю вегетаційного періоду ячменю озимого 2019 року була достатньо висока кількість атмосферних опадів: у березні – 7,3 мм, квітні – 56,0 мм; травні – 72,8 мм і червні – 92,6 мм (рис. 2).

За вегетаційний період (з березня по червень) випало 229 мм опадів, що на 83 мм більше за норму та призвело до вилягання посівів.

Разом з тим, на початку червня, коли ячмінь знаходився у фазі молочної стиглості зерна, утримувався високий температурний режим (+36–38 С), що прискорив дозрівання зерна. Уже 15–18 червня залежно від сорту ячмінь озимий настала фаза повної стиглості зерна. Це на 7–9 днів раніше звичайних строків, що дещо понизило його врожайність. Збирання та облік врожаю зерна ячменю відбувся 22 червня,

Дещо інша ситуація з природним вологозабезпеченням спостерігалась в 2020 році. На початку весни (2.03.2020 р.) уміст продуктивної вологи в 0-100 см шарі ґрунту становив 156 мм, що близько до середньобагаторічної норми. Упродовж першої половини березня 2020 року утримувалась без істотних опадів аномально тепла погода, але з 16–25 березня та 1–2 квітня спостерігались заморозки до мінус 7–8 °С, що пошкодило листя і пагони рослин ячменю озимого. Проте рослини були життєздатними і в подальшому у процесі регенерації відновили нові листя і пагони. У квітні і травні було прохолодніше на 0,2 і 1,3 °С, а в червні тепліше на 2,8 °С, ніж середні багаторічні значення. Недобір опадів за вегетаційний період склав 62,6 мм, особливо значним він був у березні і квітні.

Весна 2021 року була затяжною, прохолодною та вологою. У березні і квітні опади на 137 % перевищили норму, але середньодобові температури повітря були меншими на 0,7 і 1,7 °С, відповідно. За травень і червень випало 97,7 та 91,1 мм опадів, що становило 2,3 і 1,5 норми. Упродовж цих місяців температура повітря також була на 0,7 і 0,5 °С нижче норми, що позитивно вплинуло на формування врожаю зерна.

Встановлено, що рівень урожайності всіх сортів значно коливався за роками, що обумовлено їх реакцією на погодні умови року. Так, у 2019 році рівень урожайності по сортах становив від 4,44 до 5,68 т/га, в 2020 році від 5,21 до 6,94 т/га, а в 2021 р. – від 5,43 до 7,50 т/га (табл. 1).

У 2019 році найвищу врожайність забезпечували сорти Презент і Скарб Пальміри (5,67 та 5,68 т/га), як більш стійкі до вилягання. Інші сорти, внаслідок вилягання 50-80 % рослин знизили свою продуктивність на 0,41–1,24 т/га. Найбільша втрата зерна відмічена у сорта Дарій, який створив значну надземну масу та майже повністю виляг, тому врожайність його була найменшою і склала 4,44 т/га. Тобто у вологих умовах цього року сорти ячменю озимого, які не стійкі до вилягання забезпечували меншу врожайність.

У 2020 році незважаючи на весняні коливання температури, які у квітні місяці опускалися нижче 0 ºС урожайність була вищою на 0,17–2,37 т/га. Цього року найвищу врожайність сформували сорти Ясон, Дев'ятий вал і Паладін, які забезпечили практично однаковий збір зерна відповідно 6,94, 6,77 та 6,68 т/га ($НІР_{05}$=0,36 т/га). Всі інші сорти забезпечили достовірне зниження врожаю зерна. Найнижчі врожайності зерна отримано на сортах Лідер і Гладіатор – 5,21 і 5,32 т/га, відповідно.

У 2021 році за достатньої кількості вологи в грунті та помірних температур повітря сформовано досить високий рівень врожайності зерна, який залежно від сорту знаходився в межах від 5,43 т/га (Гордість Пальміри) до 7,50 т/га (Скарб Пальміри). Тобто різниця між цими сортами складала 2,07 т/га. Порівняно

Таблиця 1

Урожайність сортів ячменю озимого вітчизняної селекції за вирощування по чорному пару в ІКОСГ НААН, т/га

Сорт	Орігінатор	Рік у Держреєстрії	2019 р.	2020 р.	2021 р.	середня
Буревій	СГІ – НЦНС НААН	2013	5,00	6,04	7,13	6,06
Валькірія	СГІ – НЦНС НААН	2018	4,98	6,26	7,48	6,24
Гетьман Сагайдачний	СГІ – НЦНС НААН	ДСВ	4,45	6,56	6,90	5,97
Гордість Пальміри	СГІ – НЦНС НААН	2020	4,68	6,24	5,43	5,45
Дев'ятий вал	СГІ – НЦНС НААН	2015	5,26	6,77	7,39	6,47
Достойний	СГІ – НЦНС НААН	2006	4,80	5,79	6,47	5,69
Презент	СГІ – НЦНС НААН	2020	5,67	6,43	7,00	6,37
Скарб Пальміри	СГІ – НЦНС НААН	2020	5,68	5,85	7,50	6,34
Снігова королева	СГІ – НЦНС НААН	2014	4,54	6,15	6,98	5,89
Гладіатор	МІП НААН	2017	4,79	5,32	6,32	5,48
Дарій	МІП НААН	2018	4,44	6,45	7,20	6,03
Корсар	МІП НААН	ДСВ	4,85	5,87	6,92	5,88
Лідер	МІП НААН	ДСВ	4,56	5,21	6,42	5,40
Оскар	МІП НААН	2017	4,94	6,46	6,42	5,94
Паладін	МІП НААН	2014	4,73	6,68	7,10	6,17
Статус	МІП НААН	2019	5,07	6,21	7,32	6,20
Ясон	МІП НААН	2017	4,57	6,94	6,94	6,15
$НІР_{05}$, т/га			0.21	0.36	0.43	

Примітка: ДСВ – Державне сортовипробування.

з сортом Скарб Пальміри зниження врожайності у сортів Валькерії (-0,02 т/га), Дев'ятий вал (-0,11 т/га), Статус (-0,18 т/га), Дарій (-0,30 т/га), Буревій (-0,37 т/га) і Паладін (-0,40 т/га) не виходило за межі похибки досліду ($НІР_{05}$=0,46 т/га). Можна констатувати, що вказані сорти формували врожай зерна одного рівня. Всі інші сорти забезпечили на 0,50–2,07 т/га меншу врожайність ніж Скарб Пальміри.

Аналіз отриманих даних свідчить, що досліджувані сорти значно різнились за рівнем урожайності. Установлено, що найбільш стійкими до несприятливих погодних умов та менше реагують на стресові фактори і формують стабільну за роками врожайність являються сорти Дев'ятий вал, Презент та Скарб Пальміри. Саме ці сорти в середньому за три роки досліджень забезпечували і саму високу врожайність зерна – 6,47, 6,37 і 6,34 т/га відповідно. Дещо нижчими за врожайності виявилися сорти Валькірія, Статус, Паладін, Ясон, Буревій та Дарій, у яких вона становила 6,24 т/га, 6,20, 6,17, 7,15, 6,06 і 6,03 т/га. Решта сортів сильніше реагують на несприятливі погодні умови року і значно знижують врожайність, особливо сорти Лідер та Гордість Пальміри, у яких вона склала 5,40 і 5,45 т/га.

Висока продуктивність сорту Дев'ятий вал значною мірою обумовлена стійкістю його до грибних захворювань. Дослідженнями встановлено, що найбільш стійкими до сітчастої плямистості (*Drechslera teres* Ito) виявились сорти Дев'ятий вал і Буревій; до смугастої (*Drechslera graminea* Ito) сорт Дев'ятий вал; до ринхоспоріозу (*Rhynchosporium graminicola* Heinsen) та жовтої іржі (*Puccinia striiformis* West) – сорт Буревій; до борошнистої роси (*Blumeria graminis* Speer) – Академічний і Снігова королева.

Висновки. Таким чином, в Україні понад 50 % урожайного потенціалу ячменю озимого є невикористаним резервом сучасних сортів. Крім того стійкість сортів до фітопатогенів – це найдоступніший технологічний, рентабельний та екологічно безпечний захід. Тобто, за рахунок повнішої реалізації потенціалу нових сортів можна значно підвищити рівень урожайності культури.

Подальші дослідження з сортовипробування сортів ячменю озимого повинні враховувати регіональні зміни клімату та адаптивні елементи технології їх вирощування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гармашов В. М., Селіванов А. М., Калус Ю. О. Вплив метеорологічних факторів на врожай ярого ячменю в південному Степу Української Радянської Соціалістичної Республіки. *Вісник сільськогосподарських науки*. 1983. № 10. С. 27–30.
2. Шевченко А. І., Животков Л. О., Барсук Г. Ю. та ін. Основні рекомендації щодо сівби озимого ячменю та догляду за його посівами. *Агроном.* 2003. Серпень. С. 80–82.
3. Вожегова Р. А., Лавриненко Ю. О., Заєць С. О. та ін. Технології вирощування зернових, технічних, кормових культур і картоплі на зрошуваних землях півдня України: Науково-практичні рекомендації. Херсон: Грінь Д. С. 2013. 56 с.
4. Лінчевський А. А. 95 років селекції ячменю в Селекційно-генетичному інституті. *Збірник наукових праць Селекційно генетичного інституту – Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення*. Одеса, 2012. Вип. 20(60). С. 66–83.
5. Орлюк А.П. Теоретичні основи селекції рослин. Херсон: Айлант. 2008. 572 с.
6. Здор А. С. Орієнтуємось на нові сорти. *Насінництво.* 2009. № 2. С. 3–4.
7. Каталог нових сортів та гібридів Селекційно-генетичного інституту. Одеса, 2008. 128 с.
8. Лінчевський А. Насіння ячменю під урожай 2001 року. *Пропозиція*. 2000. № 10. С. 36–38.
9. Лінчевський А. А. Селекція ячменю в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2000. № 12. С. 39–40.
10. Каражбей Г. Стан та перспективи ячменю озимого на насіннєвому ринку України. 2018. URL: https://infoindustria.com.ua/stan-ta-perspektivi-yachmenyu-ozimogo-na-nasinnyevomu-rinku-ukrayini/
11. Реєстр сортів рослин України на 2000 рік. Державна комісія України по випробуванню та охороні сортів рослин Міністерства Агропромислового комплексу України. Частина 1: Зернові, круп'яні, зернобобові, олійні, технічні, прядивні, кормові, овочеві, баштанні культури та картопля. Київ, 1999. 97 с.
12. Державний реєстр сортів рослин придатних для поширення в Україні на 2021 рік. Київ, 2021. Реєстр чинний станом на 11.02.2021.
13. Заєць С. О., Онуфран Л. І. Продуктивність сортів ячменю озимого на зрошуваних землях залежно від попередника та фону азотного живлення. *Зрошуване землеробство*. 2016. Вип. 66. С. 31–34.
14. Заєць С. О., Кисіль Л. Б., Гальченко Н. М. Врожайність сучасних сортів ячменю озимого за різних строків сівби і застосування регуляторів росту в умовах зрошення. *Зрошуване землеробство*. 2019. Вип. 72. С. 72–76.
15. Гамаюнова В. В., Кувшинова А. О. Вплив біопрепаратів на формування врожайності сортів ячменю озимого в умовах Південного Степу України. Сучасні наукові дослідження на шляху до Євроінтеграції: матеріали міжнародного науково-практичного форуму, 21–22 червня 2019 р. Таврійський Державний аграрний університет ім. Д. Моторного. Мелітополь, 2019. Ч. 1. С. 115–117.
16. Гирка А. Д., Сидоренко Ю. Я., Ільєнко О. В., Гирка Т. В. Реалізація потенціалу продуктивності сучасних сортів ячменю ярого в умовах зміни клімату. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. 2011. № 40. С. 114–119.
17. Ярчук І. І., Божко В. Ю. Вплив строків сівби на перезимівлю та врожайність сортів ячменю озимого в умовах північного Степу України. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2012. № 2. С. 43–46.
18. Степаненко Т. Україна зернова. Пропозиція. 2005. № 8–9. С. 28–32.
19. Заєць С. О. Технологічні заходи підвищення врожаю та покращення якості зерна ячменю озимого в умовах зрошення. *Зрошуване землеробство*. 2014. Вип. 62. С. 52–55.
20. Заєць С., Найдьонова В., Найдьонов В., Ніжеголенко В. Кращі сорти зернових культур для умов богари та зрошення півдня України. *Пропозиція*. 2006. № 2. С. 49–52.

21. Каталог сортів та гібридів. Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення. Одеса, 2019. 188 с.
22. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2018 р. Міністерство аграрної політики та продовольства України. Київ, 2018. 415 с.
23. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Статистичний аналіз результатів польових дослідів у землеробстві. Херсон: Айлант. 2013. 403.

REFERENCES:

1. Harmashov, V.M., Selivanov, A.M., & Kalus, Yu.O. (1983). Vplyv meteorolohichnykh faktoriv na vrozhaj iaroho iachmeniu v pivdennomu Stepu Ukrainskoi Radianskoi Sotsialistychnoi Respubliky [Influence of meteorological factors on the yield of spring barley in the southern Steppe of the Ukrainian Soviet Socialist Republic]. *Visnyk silskohospodarskykh nauky – Herald of agricultural science, 10, 27–30* [in Ukrainian].
2. Shevchenko, A.I., Zhyvotkov, L.O., & Barsuk, H.Yu. et al. (2003). Osnovni rekomendatsii schodo sivby ozymoho iachmeniu ta dohliadu za joho posivamy. [Key recommendations for sowing winter barley and caring for its crops]. *Ahronom – Agronomist, 8, 80–82* [in Ukrainian].
3. Vozhehova, R.A., Lavrynenko, Yu.O., & Zaiets, S.O. et al. (2013). Tekhnolohii vyroschuvannia zernovykh, tekhnichnykh, kormovykh kultur i kartopli na zroshuvanykh zemliakh pivdnia Ukrainy [Technologies for growing cereals, industrial, fodder crops and potatoes on irrigated lands in southern Ukraine]. Kherson: Hrin D.S., 56 [in Ukrainian].
4. Linchevskyj, A.A. (2012). 95 rokiv selektsii iachmeniu v Selektsijno-henetychnomu instytuti [95 years of barley breeding at the Institute of Selection and Genetics]. *Zbirnyk naukovykh prats Selektsijno henetychnoho instytutu – Natsionalnoho tsentru nasinnieznavstva ta sortovyvchennia – Collection of scientific works of the Institute of Selection and Genetics – National Center for Seed Science and Varietal Research, 20 (60), 66–83* [in Ukrainian].
5. Orliuk, A.P. (2008). Teoretychni osnovy selektsii roslyn [Theoretical foundations of plant breeding]. Kherson: Ajlant, 572 [in Ukrainian].
6. Zdor, A.S. (2009). Oriientuiemos na novi sorty [Focusing on new varieties]. *Nasinnytstvo – Seed production, 2, 3–4* [in Ukrainian].
7. Kataloh novykh sortiv ta hibrydiv Selektsijno-henetychnoho instytutu [Catalog of new varieties and hybrids of the Breeding and Genetic Institute]. (2008). Odesa, 128 [in Ukrainian].
8. Linchevskyj, A. (2000). Nasinnia iachmeniu pid urozhaj 2001 roku [Barley seeds for the 2001 harvest]. *Propozytsiia – Offer, 10, 36–38* [in Ukrainian].
9. Linchevskyj, A.A. (2000). Selektsiia iachmeniu v Ukraini [Barley breeding in Ukraine]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Herald of Agrarian Science, 12, 39–40* [in Ukrainian].
10. Karazhbej, H. (2018). Stan ta perspektyvy iachmeniu ozymoho na nasinnievomu rynku Ukrainy [Status and prospects of winter barley on the Ukrainian seed market]. URL: https://infoindustria.com.ua/stan-ta-perspektivi-yachmenyu-ozimogo-na-nasinnyevomu-rinku-ukrayini/ [in Ukrainian].
11. Reiestr sortiv roslyn Ukrainy na 2000 rik [Register of Plant Varieties of Ukraine for 2000]. (1999). Derzhavna komisiia Ukrainy po vyprobuvanniu ta okhoroni sortiv roslyn Ministerstva Ahropromyslovoho kompleksu Ukrainy. Chastyna 1: Zernovi, krupiani, zernobobovi, olijni, tekhnichni, priadyvni, kormovi, ovochevi, bashtanni kultury ta kartoplia. Kyiv, 97 [in Ukrainian].
12. Derzhavnyj reiestr sortiv roslyn prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini na 2021 rik [State Register of Plant Varieties Suitable for Distribution in Ukraine for 2021]. (2021). Kyiv, Reiestr chynnyj stanom na 11.02.2021 [in Ukrainian].
13. Zaiets, S.O., & Onufran, L.I. (2016). Produktyvnist sortiv iachmeniu ozymoho na zroshuvanykh zemliakh zalezhno vid poperednyka ta fonu azotnoho zhyvlennia. [Productivity of winter barley varieties on irrigated lands depending on the predecessor and nitrogen nutrition background]. *Zroshuvane zemlerobstvo – Irrigated agriculture, 66, 31–34* [in Ukrainian].
14. Zaiets, S.O., & Onufran, L.I., & Halchenko, N.M. (2019). Vrozhaynist suchasnykh sortiv yachmenyu ozymoho za riznykh strokiv sivby i zastosuvannya rehulyatoriv rostu v umovakh zroshennya [Yield of modern varieties of winter barley at different sowing times and application of growth regulators under irrigation conditions]. *Zroshuvane zemlerobstvo – Irrigated agriculture, 72, 72–76* [in Ukrainian].
15. Hamaiunova, V.V., & Kuvshynova, A.O. (2019). Vplyv biopreparativ na formuvannia vrozhajnosti sortiv iachmeniu ozymoho v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [Influence of biological products on the formation of yield of winter barley varieties in the Southern Steppe of Ukraine]. Suchasni naukovi doslidzhennia na shliakhu do Yevrointehratsii: materialy mizhnarodnoho naukovo-praktychnoho forumu, 21–22 chervnia 2019 r. Tavrijskyj Derzhavnyj ahrarnyj universytet im. D. Motornoho. Melitopol, 1, 115–117 [in Ukrainian].
16. Hyrka, A.D., Sydorenko, Yu.Ya., Ilienko, O.V., & Hyrka, T.V. (2011). Realizatsiia potentsialu produktyvnosti suchasnykh sortiv iachmeniu iaroho v umovakh zminy klimatu [Realization of the productivity potential of modern spring barley varieties in the context of climate change]. *Biuleten Instytutu zernovoho hospodarstva – Bulletin of the Institute of Grain Management, 40, 114–119* [in Ukrainian].
17. Yarchuk, I.I., & Bozhko, V.Yu. (2012). Vplyv strokiv sivby na perezymivliu ta vrozhajnist sortiv iachmeniu ozymoho v umovakh pivnichnoho Stepu Ukrainy [Influence of sowing time on wintering and yield of winter barley varieties in the northern Steppe of Ukraine]. *Visnyk Dnipropetrovskoho derzhavnoho ahrarnoho universytetu – Bulletin of the Dnipropetrovsk State Agrarian University, 2, 43–46* [in Ukrainian].
18. Stepanenko, T. (2005). Ukraina zernova [Ukraine grain]. *Propozytsiia – Offer, 8–9, 28–32* [in Ukrainian].
19. Zaiets, S.O. (2014). Tekhnolohichni zakhody pidvyschennia vrozhaiu ta pokraschennia iakosti zerna iachmeniu ozymoho v umovakh zroshennia [Technological measures to increase yield and improve grain quality of winter barley under irrigation]. *Zroshuvane zemlerobstvo – Irrigated agriculture, 62, 52–55* [in Ukrainian].
20. Zaiets, S., Najdonova, V., Najdonov, V., & Nizheholenko, V. (2006). Kraschi sorty zernovykh kultur dlia umov bohary ta zroshennia pivdnia Ukrainy [The best varieties of grain crops for the conditions of bogra

and irrigation in southern Ukraine]. *Propozytsiia – Offer, 2, 49–52* [in Ukrainian].
21. Kataloh sortiv ta hibrydiv [Catalog of varieties and hybrids]. (2019). Selektsijno-henetychnyj instytut – Natsionalnyj tsentr nasinnieznavstva ta sortovyvchennia. Odesa, 188 [in Ukrainian].
22. Derzhavnyj reiestr sortiv roslyn, prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini na 2018 r (2018). [State Register of Plant Varieties Suitable for Distribution in Ukraine for 2018]. Ministerstvo ahrarnoi polityky ta prodovolstva Ukrainy. Kyiv, 415 [in Ukrainian].
23. Ushkarenko, V.O., Vozhehova, R.A., Holoborodko, S.P., & Kokovikhin, S.V. (2013). Statystychnyj analiz rezultativ polovykh doslidiv u zemlerobstvi [Statistical analysis of the results of field experiments in agriculture]. Kherson: Ajlant, 403 [in Ukrainian].

Заєць С.О., Балян І.В., Онуфран Л.І., Юзюк С.М. Урожайність різних сортів ячменю озимого в умовах Південного Степу

Метою роботи є дослідження з випробовування сучасних і нових сортів ячменю озимого у посушливих умовах південного Степу України, що має велике значення, оскільки вирішує проблему нарощування обсягів валового виробництва зерна. **Методи.** Дослідження проводились в 2019–2021 рр. на демонстраційно-випробувальних ділянках Інституту зрошуваного землеробства (нині Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства) НААН з сортами ячменю озимого вітчизняної селекції, із яких 9 Селекційно-генетичного інституту Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення НААН і 8 Миронівського інституту пшениці НААН за методикою польових і лабораторних досліджень Інституту зрошуваного землеробства НААН. **Результати досліджень**. Встановлено, що навіть за вирощування ячменю озимого по чорному пару, врожайність всіх сортів значно коливалась за роками, що було обумовлено їх реакцією на погодні умови конкретного року. Найбільш стійкими до несприятливих погодних умов та менше реагували на стресові фактори і формували стабільну за роками врожай зерна були сорти Дев'ятий вал, Презент та Скарб Пальміри. У середньому за три роки досліджень вказані сорти забезпечували і саму високу врожайність зерна – 6,47, 6,37 і 6,34 т/га відповідно. Найнижчу врожайність за несприятливих погодних умов зібрано на сортах Лідер та Гордість Пальміри, у яких вона склала 5,40 і 5,45 т/га. Висока продуктивність сорту Дев'ятий вал значною мірою обумовлена стійкістю його до грибних захворювань. **Висновки.** В Україні понад 50 % урожайного потенціалу ячменю озимого є невикористаним резервом сучасних сортів. Крім того стійкість сортів до фітопатогенів – це найдоступніший технологічний, рентабельний та екологічно безпечний захід. Отже, за рахунок повнішої реалізації потенціалу нових сортів можна значно підвищити рівень урожайності культури.

Ключові слова: ячмінь озимий, сортовипрбовування, врожай зерна, грибні хвороби.

Zaiets S.O., Balian I.V., Onufran L.I., Yuzyuk S.M. Yield of different varieties of winter barley in the Southern Steppe

Purpose. The aim of the study is to test modern and new varieties of winter barley in the arid conditions of the southern Steppe of Ukraine, which is of great importance because it solves the problem of increasing gross grain production. **Methods.** The research was conducted in 2019–2021 at the demonstration plots of the Institute of Irrigated Agriculture (now the Institute of Climate-Smart Agriculture) of NAAS with winter barley varieties of domestic selection, including 9 of the National Center for Seed Science and Variety Research of NAAS and 8 of the Mironiv Wheat Institute of NAAS, according to the methodology of field and laboratory research of the Institute of Irrigated Agriculture of NAAS. **Research results**. It was found that even when winter barley was grown on black fallow, the yield of all varieties varied significantly over the years, which was due to their response to the weather conditions of a particular year. The most resistant to unfavorable weather conditions and less responsive to stress factors and forming a stable grain yield over the years were the varieties Dev'iatyj val, Prezent ta Skarb Pal'miry. On average, over the three years of research, these varieties provided the highest grain yields – 6.47, 6.37 and 6.34 t/ha, respectively. The lowest yields under unfavorable weather conditions were recorded in the Lider ta Hordist' Pal'miry varieties, which amounted to 5.40 and 5.45 t/ha. The high productivity of the Dev'iatyj val variety is largely due to its resistance to fungal diseases. **Conclusions.** In Ukraine, more than 50% of the yield potential of winter barley is an untapped reserve of modern varieties. In addition, the resistance of varieties to phytopathogens is the most affordable, cost-effective and environmentally friendly measure. Thus, by fully realizing the potential of new varieties, we can significantly increase crop yields.

Key words: winter barley, variety testing, grain yield, fungal diseases.

УДК 631.811:633.112:631.816
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.9

ГОСПОДАРСЬКИЙ ВИНОС ПШЕНИЦЕЮ ТВЕРДОЮ ОЗИМОЮ І БАЛАНС ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ ЗА ТРИВАЛОГО ЗАСТОСУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

КАЛАНТИР В.О.
orcid.org/0000-0002-6768-0253
Уманський національний університет садівництва

Постановка проблеми. Формування високого врожаю сільськогосподарських культур і високої якості одержаної продукції забезпечується завдяки оптимальному живленню рослин упродовж вегетації [1, 2]. Проведенням агрохімічного аналізу ґрунту не завжди вдається оцінити забезпеченість рослин необхідними елементами живлення [3]. Точніші дані одержують за даними вмісту в них елементів живлення та співвідношення між ними, оскільки зміна цих показників для різних ґрунтово-кліматичних умов незначна [4, 5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Пшениця тверда (*Triticum durum* Desf.) – вид, представлений лише на 8–10 % площі від загальних посівів пшениці. Незважаючи на невелику площу, пшениця тверда є економічно важливим видом через свої унікальні характеристики та кінцеву продукцію [6, 7].

В агротехнології пшениці важливою складовою є застосування добрив, особливо, азотних [8]. Адекватне глобальне постачання продовольства важко підтримувати без застосування добрив [9]. Впроваджуючи точне внесення азотних добрив, можливо підвищити ефективність удобрення і зменшити непотрібні витрати для виробників зерна [10]. У будь-якому випадку внесення азотних добрив має бути завжди добре збалансованим із вмістом фосфору та калію у ґрунті [11].

Застосування азотних добрив без урахування його балансу може негативно впливати на навколишнє природне середовище. Крім цього, буде знижуватись ефективність азотних добрив [12, 13].

Збалансоване застосування добрив є одним із найважливіших факторів підвищення врожайності сільськогосподарських культур [14]. Оптимальні дози азотних добрив для пшениці озимої значно змінюються залежно від ґрунтово-кліматичних і погодних умов [15]. Необхідно відзначити, що вчені роблять висновок про необхідність постійного встановлення ефективної дози азотних добрив. При цьому не проводять аналізування господарського винесення і балансу азоту в ґрунті за вирощування пшениці озимої.

Отже, в системі удобрення пшениці озимої застосування азотних добрив має вирішальне значення. Проте для визначення ефективного їх застосування необхідно проводити розрахунок господарського винесення елементів живлення. Визначення їх балансу в ґрунті дасть можливість простежити за використанням елементів живлення рослинами.

Мета. Визначити господарський винос і баланс основних елементів живлення пшеницею твердою озимою за тривалого застосування мінеральних добрив.

Матеріали та методика досліджень. Експериментальну частину досліджень проведено в умовах Правобережного Лісостепу України у стаціонарному польовому досліді з географічними координатами за Гринвічем 48° 46’ північної широти і 30° 14’ східної довготи, закладеному у 2011 році на дослідному полі Уманського НУС упродовж 2020–2022 рр. Дослід одночасно розгорнутий на чотирьох полях, що дає змогу щорічно отримувати дані врожайності всіх культур сівозміни (пшениця озима, кукурудза, ячмінь ярий, соя). Повторення досліду триразове. Площа облікової ділянки 25 м^2. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі з вмістом гумусу 3,8 %, вміст азоту легкогідролізованих сполук – низький, рухомих сполук фосфору та калію – підвищений, pH_{KCl} – 5,7.

У варіанті досліду виробничого контролю ($N_{150}P_{60}K_{80}$) доза добрив розрахована за господарським винесенням основних елементів живлення культурами сівозміни. Схему досліду складено так, щоб за результатами проведених досліджень можна було визначити можливість зниження доз окремих видів мінеральних добрив і визначити оптимальне їх поєднання як у сівозміні, так і під окремі культури.

Схема застосування добрив у польовій сівозміні під пшеницю тверду озиму (сорт Андромеда) включала такі варіанти: без добрив (контроль), N_{75}, N_{150}, $P_{60}K_{80}$, $N_{150}K_{80}$, $N_{150}P_{60}$, $N_{75}P_{30}K_{40}$, $N_{150}P_{60}K_{80}$, $N_{150}P_{30}K_{40}$, $N_{150}P_{60}K_{40}$, $N_{150}P_{30}K_{80}$. Відповідно до схеми досліду фосфорні та калійні добрива вносяться під зяблевий обробіток ґрунту, азотні – під передпосівну культивацію та в підживлення. Нетоварна частина врожаю культур сівозміни (солома, стебелиння) залишається на полі на добриво. Визначали господарське винесення азоту, фосфору та калію з урожаєм зерна та соломи. Після цього визначали їх баланс у ґрунті.

Результати досліджень. В агрохімічних розрахунках потребу рослин у елементах живлення зазвичай визначають з урахуванням їх господарського винесення. Це показник менший за біологічну потребу сільськогосподарських культур упродовж вегетаційного періоду, оскільки значна частина засвоєних елементів живлення повертається в ґрунт з опадами і кореневими виділеннями, накопичується в кореневій системі й післязбиральних рештках. При цьому вважають, що для формування запланованого врожаю внесенням добрив потрібно покрити господарське їх винесення товарною і нетоварною продукцією, а решту елементів живлення рослини візьмуть з ґрунту [16].

Дослідженнями встановлено, що господарське винесення елементів живлення пшеницею твердою озимою залежить від хімічного складу рослин, рівня врожаю та його структури (табл. 1).

Як видно з даних табл. 1, із урожаєм зерна виноситься значно більше азоту (84,6–135,0 кг/га), ніж фосфору й калію разом узятих – відповідно 26,4–41,5 і 19,5–28,5 кг/га. Судячи з парних комбінацій основних елементів живлення, внесення азотних добрив підвищує винесення азоту зерном на 49 %, тоді як фосфору – на 32, а калію – на 28 %. При цьому застосування фосфорних добрив підвищувало винесення фосфору зерном на 22 %, а азоту й калію – на 8 %.

З урожаєм соломи пшениця озима виносить більше калію, порівняно з азотом і фосфором. За внесення повного мінерального добрива (варіант $N_{150}P_{60}K_{80}$) винесення азоту, фосфору й калію відповідно зростало порівняно з неудобреними ділянками відповідно на 72 %; 41 і 95 %. Це свідчить про те, що рослини пшениці твердої озимої ефективніше розподіляють фосфор між зерном і соломою, порівняно з азотом і калієм.

На господарське винесення азоту найбільше впливало застосування азотних добрив у дозі 150 кг/га д. р., підвищуючи його на 53,8–72,0 кг/га, тоді як фосфорних ($P_{30–60}$) – на 9,6–15,3 і калійних добрив ($K_{40–80}$) – на 2,2–5,6 кг/га залежно від варіанту досліду. Азотні добрива сприяли також підвищенню господарського винесення фосфору на 9,1–11,3 кг/га і калію – на 17,6–23,6 кг/га залежно від варіанту досліду.

Порівняно із вмістом у зерні й соломі, відношення $N : P_2O_5 : K_2O$ в господарському винесенні врожаєм з ділянок без добрив становило 1 : 0,40 : 0,68, тоді як за внесення повного добрива ($N_{150}P_{60}K_{80}$) – 1 : 0,37 : 0,76. Тобто на одиницю внесеного азоту витрачається менше фосфору, але більше калію. Це досить важливо з агрохімічного погляду, тому що економляться фосфорні добрива, а калій із соломою зазвичай повертається у ґрунт у вигляді добрив.

Проведені розрахунки показали, що солома пшениці твердої озимої є важливим джерелом у формуванні балансу елементів живлення у ґрунті (табл. 2). за її видалення з поля під час збирання врожаю в усіх варіантах досліду складався від'ємний баланс основних елементів живлення, за виключенням фосфору у варіанті досліду $P_{60}K_{80}$, де він був додатним (+ 6,6 кг/га P_2O_5).

За умови залишення соломи на полі на добриво і внесення азотних добрив у дозі 150 кг/га д. р. баланс азоту був додатним – +15,0…28,4 кг/га залежно від варіанту досліду. Додатний баланс фосфору з показником +18,5 кг/га у варіанті досліду $N_{150}P_{60}K_{80}$ забезпечувало внесення фосфорних добриву дозі 60 кг/га д. р., тоді як калію – + 12,8 кг/га у варіанті $N_{150}P_{60}K_{40}$.

Висновки. На господарське винесення азоту пшеницею твердою озимою найбільше впливає застосування азотних добрив у дозі 150 кг/га д. р., підвищуючи його на 53,8–72,0 кг/га, тоді як фосфорних ($P_{30–60}$) – на 9,6–15,3 і калійних добрив ($K_{40–80}$) – на 2,2–5,6 кг/га залежно від варіанту досліду. Азотні добрива сприяють також підвищенню винесення фосфору на 9,1–11,3 кг/га і калію – на 17,6–23,6 кг/га залежно від варіанту досліду.

За умови залишення врожаю соломи пшениці твердої озимої на полі на добриво і внесення азот-

Таблиця 1

Господарське винесення основних елементів живлення пшеницею твердою озимою залежно від удобрення (2020–2022 рр.), кг/га

Варіант досліду	Винесення зерном (над рискою) і соломою (під рискою)			Господарське винесення зерном і соломою		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Без добрив (контроль)	84,6 / 30,1	26,4 / 19,1	19,5 / 58,6	114,7	45,5	78,1
N_{75}	110,8 / 38,7	31,2 / 23,4	22,7 / 73,0	149,5	54,6	95,7
N_{150}	121,6 / 46,9	33,1 / 25,0	23,3 / 80,8	168,5	58,1	104,1
$P_{60}K_{80}$	91,3 / 31,4	31,4 / 22,0	22,3 / 68,4	122,7	53,4	90,7
$N_{150}K_{80}$	124,8 / 46,6	33,9 / 23,3	26,4 / 100,2	171,4	57,2	126,6
$N_{150}P_{60}$	130,0 / 51,1	39,9 / 27,1	25,3 / 93,9	181,1	67,0	119,2
$N_{75}P_{30}K_{40}$	117,6 / 41,5	35,8 / 23,6	25,1 / 90,6	159,1	59,4	115,7
$N_{150}P_{60}K_{80}$	135,0 / 51,7	41,5 / 27,0	28,5 / 114,3	186,7	68,5	142,8
$N_{150}P_{30}K_{40}$	128,4 / 47,2	37,5 / 25,6	26,5 / 106,6	175,6	63,1	133,1
$N_{150}P_{60}K_{40}$	132,4 / 50,9	41,0 / 27,6	27,2 / 108,1	183,3	68,6	135,3
$N_{150}P_{30}K_{80}$	129,7 / 53,0	39,7 / 27,0	26,6 / 110,1	182,7	66,7	136,7

Таблиця 2

Баланс основних елементів живлення за вирощування пшениці твердої озимої залежно від удобрення (2020–2022 рр.), кг/га

Варіант досліду	Баланс за умови					
	видалення соломи з поля			залишення соломи на полі		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Без добрив (контроль)	-114,7	-45,5	-78,1	-84,6	-26,4	-19,5
N_{75}	-74,5	-54,6	-95,7	-35,8	-31,2	-22,7
N_{150}	-18,5	-58,1	-104,1	28,4	-33,1	-23,3
$P_{60}K_{80}$	-122,7	6,6	-10,7	-91,3	28,6	57,7
$N_{150}K_{80}$	-21,4	-57,2	-46,6	25,2	-33,9	53,6
$N_{150}P_{60}$	-31,1	-7,0	-119,2	20,0	20,1	-25,3
$N_{75}P_{30}K_{40}$	-84,1	-29,4	-75,7	-42,6	-5,8	14,9
$N_{150}P_{60}K_{80}$	-36,7	-8,5	-62,8	15,0	18,5	51,5
$N_{150}P_{30}K_{40}$	-25,6	-33,1	-93,1	21,6	-7,5	13,5
$N_{150}P_{60}K_{40}$	-33,3	-8,6	-95,3	17,6	19,0	12,8
$N_{150}P_{30}K_{80}$	-32,7	-36,7	-30,1	20,3	-9,7	53,4

них добрив у дозі 150 кг/га д. р. баланс азоту складається додатним – +15,0…28,4 кг/га залежно від варіанту досліду. Додатний баланс фосфору з показником +18,5 кг/га у варіанті досліду $N_{150}P_{60}K_{80}$ забезпечує внесення фосфорних добриву дозі 60 кг/га д. р., тоді як калію – + 12,8 кг/га у варіанті $N_{150}P_{60}K_{40}$.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Каленська С. М., Єрмакова Л. М., Паламарчук В. Д. та ін. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві. Вінниця: Рогальська І. О., 2015. 448 с.
2. Господаренко Г.М., Любич В.В. Динаміка вмісту азоту в рослинах сортів тритикале ярого залежно від норм і строків застосування азотних добрив. *Наукові доповіді НУБіП*. 2010. № 2. Режим доступу до журналу: http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/Nd/2010-2/10hhmnfa.pdf.
3. Любич В. В. Хлібопекарські властивості зерна сортів пшениці озимої залежно від видів, норм і строків застосування азотних добрив. *Вісник Дніпропетровського ДАЕУ*. 2017. № 2. С. 35–41.
4. Заришняк А. С., Цвей Я. П., Іваніна В. В. Оптимізація удобрення та родючості ґрунту в сівозмінах. Київ : Аграрна наука, 2015. 207 с.
5. Любич В. В., Полянецька І. О., Возіян В. В. Енергетична оцінка зерна пшениці спельти залежно від сорту. *Корми і кормовиробництво*. 2015. № 81. С. 116–120.
6. Любич В. В. Продуктивність сортів і ліній пшениць залежно від абіотичних і біотичних чинників. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2017. Вип. 95. С. 146–161.
7. Gadaleta A., Lacolla G., Giove S.L., Fortunato S., Nigro D., Mastro M.A., De Corato U., Caranfa D., Cucci G., de Pinto M.C., et al. Durum Wheat Response to Organic and Mineral Fertilization with Application of Different Levels and Types of Phosphorus-Based Fertilizers. *Agronomy*. 2022. Vol. 12(8). 1861.
8. Любич В. В., Новак Л. Л., Возіян В. В. Технологічні властивості зерна тритикале озимого залежно від норм азотних добрив. *Збірник Уманського НУС*. 2018. Вип. 92. С. 119–125.
9. Arregui L.M., Lasa B., Lafarga A., Iraneta I. Baroja, E., Quemada M. Evolution of chlorophyll meters as tools for N fertilization in winter wheat under humid Mediterranean conditions. *Eur. J. Agromony*. 2006. Vol. 24. P. 140–148.
10. Mahjourimajd S., Taylor J., Sznajder B., Timmins A., Shahinnia F., Rengel Z., Khabas-Saberi H., Kuchel H., Okamoto M., Langridge P. Genetic basis for Variation in Wheat Grain Yield in Response to Varying Nitrogen Application. *PLoS ONE*. 2016. Vol. 11. e0159374.
11. Almaliev M., Kostadinova S., Panayotova G. Effect of fertilizing systems on the phosphorus efficiency indicators at durum wheat. *Agric. For*. 2014. Vol. 60. P. 127–134.
12. Патика В. П., Карпенко В. П., Любич В. В. Азотовмісні сполуки у зерні різних сортів і ліній пшениці спельти. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 8. С. 17–23.
13. Любич В. В. Технологічні параметри виробництва зерна тритикале ярого, вирощеного за різних доз азотних добрив. *Вісник Уманського НУС*. 2023. № 2. С. 74–82.
14. Любич В. В. Вплив абіотичних та біотичних чинників на продуктивність сортів і ліній пшениці спельти. *Вісник Полтавської ДАА*. 2017. № 3. С. 18–24.
15. Любич В. В., Невлад В. І., Мартинюк А. Т. Продуктивність тритикале ярого за різних доз азотних добрив. *Агробіологія*. 2022. № 1. С. 152–159.
16. Господаренко Г. М. Система застосування добрив. Київ : ТОВ «ТРОПЕА», 2022. 376 с.

REFERENCES:

1. Kalenska S. M., Yermakova L. M., Palamarchuk V. D. et al. (2015). Systemy suchasnykh intensyvnykh tekhnolohii u roslynnytstvi [Systems of modern intensive technologies in crop production]. Vinnytsia: Rogalska I. O., 448 p. [in Ukrainian].
2. Gospodarenko H. M., Lyubich V.V. (2010). *Dynamika vmistu azotu v roslynakh sortiv trytykale yaroho zalezhno vid norm i strokiv zastosuvannia azotnykh dobryv* [Dynamics of nitrogen content in plants of spring triticale varieties depending on the norms and terms of application of nitrogen fertilizers]. Scientific reports of NUBiP, 2. Log access mode: http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/Nd/2010-2/10hhmnfa.pdf. [in Ukrainian].

3. Lyubich V. V. (2017). *Khlibopekarski vlastyvosti zerna sortiv pshenytsi ozymoi zalezhno vid vydiv, norm i strokiv zastosuvannia azotnykh dobryv* [Breadmaking properties of winter wheat varieties depending on species, norms and periods of application of nitrogen fertilizers]. Bulletin of the Dnipropetrovsk DAEU, 2, 35–41. [in Ukrainian].
4. Zaryshnyak A. S., Tsvei Y. P., Ivanina V. V. (2015). Optymizatsiia udobrennia ta rodiuchosti gruntu v sivozminakh [Optimization of fertilization and soil fertility in crop rotations]. Kyiv: Agrarian Science, 207 p. [in Ukrainian].
5. Lyubich V. V., Polyanetska I. O., Voziyan V. V. (2015). *Enerhetychna otsinka zerna pshenytsi spelty zalezhno vid sortu* [Energy assessment of wheat and spelled grain depending on the variety]. Fodder and fodder production, 81, 116–120. [in Ukrainian].
6. Liubych, V. V. (2017). Produktyvnist sortiv i linii pshenyts zalezhno vid abiotychnykh i biotychnykh chynnykiv [Productivity of varieties and lines of wheat depending on abiotic and biotic factors]. *Visny`k agrarnoyi nauky` Pry`chornomor'ya* [Ukrainian Black Sea region agrarian science], no. 95, pp. 146–161. [in Ukrainian].
7. Gadaleta A., Lacolla G., Giove S.L., Fortunato S., Nigro D., Mastro M.A., De Corato U., Caranfa D., Cucci G., de Pinto M.C., et al. (2022). Durum Wheat Response to Organic and Mineral Fertilization with Application of Different Levels and Types of Phosphorus-Based Fertilizers. Agronomy, 12(8). 1861.
8. Lyubich V.V., Novak L.L., Voziyan V.V. (2018). *Tekhnolohichni vlastyvosti zerna trytykale ozymoho zalezhno vid norm azotnykh dobryv* [Technological properties of winter triticale grain depending on nitrogen fertilizer rates]. Collection of the Uman NUS, 92, 119–125. [in Ukrainian].
9. Arregui L.M., Lasa B., Lafarga A., Iraneta I. Baroja, E., Quemada M. (2006). Evolution of chlorophyll meters as tools for N fertilization in winter wheat under humid Mediterranean conditions. Eur. J. Agromony, 24, 140–148.
10. Mahjourimajd S., Taylor J., Sznajder B., Timmins A., Shahinnia F., Rengel Z., Khabas-Saberi H., Kuchel H., Okamoto M., Langridge P. (2016). Genetic basis for Variation in Wheat Grain Yield in Response to Varying Nitrogen Application. PLoS ONE, 11, e0159374.
11. Almaliev M., Kostadinova S., Panayotova G. (2014). Effect of fertilizing systems on the phosphorus efficiency indicators at durum wheat. Agric. For., 60, 127–134.
12. Patyka V.P., Karpenko V.P., Lyubich V.V. (2018). *Azotovmisni spoluky u zerni riznykh sortiv i linii pshenytsi spelty* [Nitrogen-containing compounds in the grain of different varieties and lines of spelled wheat]. Herald of Agrarian Science, 8, 17–23. [in Ukrainian].
13. Lyubich V. V. (2023). *Tekhnolohichni parametry vyrobnytstva zerna trytykale yaroho, vyroshchenoho za riznykh doz azotnykh dobryv* [Technological parameters of spring triticale grain production grown under different doses of nitrogen fertilizers]. Bulletin of the Uman State University, no. 2, pp. 74–82. [in Ukrainian].
14. Liubych V. V. (2017). *Vplyv abiotychnykh ta biotychnykh chynnykiv na produktyvnist sortiv i linii pshenytsi spelty* [The influence of abiotic and biotic factors on the productivity of varieties and spelled wheat lines]. *Visny`k Poltavs`koyi DAA* [Bulletin of Poltava SAA], no. 3, pp. 18–24. [in Ukrainian].
15. Lyubich V.V., Nevlad V.I., Martyniuk A.T. (2022). *Produktyvnist trytykale yaroho za riznykh doz azotnykh dobryv* [Productivity of spring triticale under different doses of nitrogen fertilizers]. Agrobiology, no. 1, pp. 152–159. [in Ukrainian].
16. Gospodarenko G. M. (2022). Systema zastosuvannia dobryv [Fertilizer application system]. Kyiv: "TROPEA" LLC, 376 p. [in Ukrainian].

Калантир В.О. Господарський винос і баланс основних елементів живлення пшеницею твердою озимою за тривалого застосування мінеральних добрив

Мета. Визначити господарський винос і баланс основних елементів живлення пшеницею твердою озимою за тривалого застосування мінеральних добрив. **Методи.** Польовий, лабораторний, розрахунково-порівняльний, аналізування, статистичний. **Результати.** із урожаєм зерна виноситься значно більше азоту (84,6–135,0 кг/га), ніж фосфору й калію разом узятих – відповідно 26,4–41,5 і 19,5–28,5 кг/га. Судячи з парних комбінацій основних елементів живлення, внесення азотних добрив підвищує винесення азоту зерном на 49 %, тоді як фосфору – на 32, а калію – на 28 %. При цьому застосування фосфорних добрив підвищувало винесення фосфору зерном на 22 %, а азоту й калію – на 8 %. З урожаєм соломи пшениця озима виносить більше калію, порівняно з азотом і фосфором. За внесення повного мінерального добрива (варіант $N_{150}P_{60}K_{80}$) винесення азоту, фосфору й калію відповідно зростало порівняно з неудобреними ділянками відповідно на 72 %; 41 і 95 %. Це свідчить про те, що рослини пшениці твердої озимої ефективніше розподіляють фосфор між зерном і соломою, порівняно з азотом і калієм. На господарське винесення азоту найбільше впливало застосування азотних добрив у дозі 150 кг/га д. р., підвищуючи його на 53,8–72,0 кг/га, тоді як фосфорних ($P_{30–60}$) – на 9,6–15,3 і калійних добрив ($K_{40–80}$) – на 2,2–5,6 кг/га залежно від варіанту досліду. Азотні добрива сприяли також підвищенню господарського винесення фосфору на 9,1–11,3 кг/га і калію – на 17,6–23,6 кг/га залежно від варіанту досліду. Проведені розрахунки показали, що солома пшениці твердої озимої є важливим джерелом у формуванні балансу елементів живлення у ґрунті. за її видалення з поля під час збирання врожаю в усіх варіантах досліду складався від'ємний баланс основних елементів живлення, за виключенням фосфору у варіанті досліду $P_{60}K_{80}$, де він був додатним (+ 6,6 кг/га P_2O_5). **Висновки.** На господарське винесення азоту пшеницею твердою озимою найбільше впливає застосування азотних добрив у дозі 150 кг/га д. р., підвищуючи його на 53,8–72,0 кг/га, тоді як фосфорних ($P_{30–60}$) – на 9,6–15,3 і калійних добрив ($K_{40–80}$) – на 2,2–5,6 кг/га залежно від варіанту досліду. Азотні добрива сприяють також підвищенню винесення фосфору на 9,1–11,3 кг/га і калію – на 17,6–23,6 кг/га залежно від варіанту досліду. За умови залишення врожаю соломи пшениці твердої озимої на полі на добриво і внесення азотних добрив у дозі 150 кг/га д. р. баланс азоту складається додатним – +15,0…28,4 кг/га залежно від варіанту досліду. Додатний баланс фосфору з показником +18,5 кг/га у варіанті досліду $N_{150}P_{60}K_{80}$ забезпечує внесення фосфорних добриву дозі 60 кг/га д. р., тоді як калію – + 12,8 кг/га у варіанті $N_{150}P_{60}K_{40}$.

Ключові слова: пшениця тверда озима, господарський винос, баланс елементів живлення, зерно, солома.

Kalantyr V.O. Economic removal and nutrient balance of durum winter wheat with long-term use of mineral fertilizers

Aim. To determine the economic removal and nutrient balance of durum winter wheat with long-term use of mineral fertilizers. **Methods.** Field, laboratory, calculation-comparative, analysis, statistical. **Results.** Significantly more nitrogen (84.6–135.0 kg/ha) is removed with grain harvest than phosphorus and potassium combined – 26.4–41.5 and 19.5–28.5 kg/ha, respectively. Judging by the paired combinations of the main nutrients, the application of nitrogen fertilizers increases the removal of nitrogen by grain by 49%, while phosphorus – by 32%, and potassium – by 28%. At the same time, the use of phosphorus fertilizers increased the removal of phosphorus by grain by 22%, and nitrogen and potassium by 8%. With a straw yield, winter wheat removes more potassium than nitrogen and phosphorus. With the introduction of complete mineral fertilizer ($N_{150}P_{60}K_{80}$ variant), nitrogen, phosphorus, and potassium removal increased by 72%, respectively, compared to unfertilized plots; 41 and 95%. This indicates that durum wheat plants distribute phosphorus between grain and straw more efficiently than nitrogen and potassium. The application of nitrogen fertilizers at a dose of 150 kg/ha per year had the greatest effect on nitrogen economic removal, increasing it by 53.8–72.0 kg/ha, while phosphorus ($P_{30–60}$) – by 9.6–15.3 and potassium fertilizers ($K_{40–80}$) – by 2.2–5.6 kg/ha depending on the experiment variant. Nitrogen fertilizers also contributed to an increase in the economic removal of phosphorus by 9.1–11.3 kg/ha and potassium – by 17.6–23.6 kg/ha, depending on the experiment variant. The calculations showed that durum wheat straw is an important source in forming the nutrient balance in the soil. When it was removed from the field during harvest in all experiment variants, the balance of the main nutrients was negative, with the exception of phosphorus in $P_{60}K_{80}$ experiment variant, where it was positive (+ 6.6 kg/ha P_2O_5). **Conclusions.** The use of nitrogen fertilizers at a dose of 150 kg/ha per year has the greatest effect on the economic removal of nitrogen by durum winter wheat, increasing it by 53.8–72.0 kg/ha, while phosphorus ($P_{30–60}$) – by 9.6 –15.3 and potassium fertilizers ($K_{40–80}$) – by 2.2–5.6 kg/ha depending on the experiment variant. Nitrogen fertilizers also contribute to an increase in the removal of phosphorus by 9.1–11.3 kg/ha and potassium by 17.6–23.6 kg/ha, depending on the experiment variant. Under the condition of leaving the straw yield of durum winter wheat on the field for fertilizer and applying nitrogen fertilizers at a dose of 150 kg/ha per year, the nitrogen balance is positive – +15.0...28.4 kg/ha depending on the experiment variant. A positive balance of phosphorus with an indicator of +18.5 kg/ha in $N_{150}P_{60}K_{80}$ experiment variant ensures the application of phosphorus fertilizers at a dose of 60 kg/ha per year, while potassium – + 12.8 kg/ha in $N_{150}P_{60}K_{40}$ variant.

Key words: durum winter wheat, economic removal, balance of nutrients, grain, straw.

УДК 631.675:631.674.6:635.64
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.10

ВОДНИЙ РЕЖИМ І ВРОЖАЙНІСТЬ ТОМАТІВ ЗА ПІДҐРУНТОВОГО КРАПЛИННОГО ЗРОШЕННЯ

КОВАЛЕНКО І.О.
orcid.org/0000-0003-1548-3992
Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України
ШАТКОВСЬКИЙ А.П. – доктор сільськогосподарських наук, професор,
член-кореспондент Національної академії аграрних наук України
orcid.org/0000-0002-4366-0397
Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. В умовах постійно зростаючого дефіциту прісної води, зростання цін на енергетичні ресурси, погіршення екологічного стану зрошуваних земель, важливого значення набуває розроблення та впровадження ресурсоощадливих, енергозберігаючих та екологічно безпечних агротехнологій. У зрошуваному землеробстві, і в овочівництві зокрема, цей напрям реалізують на основі впровадження технологій мікрозрошення [1, 2]. До 2022 р. в Україні швидкими темпами розвивалось вирощування овочевих, баштанних культур та картоплі із застосуванням краплинного зрошення. До прикладу, у 2018 р. площі овочевих культур, які зрошували за допомогою систем краплинного поливу, досягли майже 50 тис. га. Проте, як свідчать статистичні дані, середня врожайність овочевих культур в Україні не відповідає потенційно можливій продуктивності сучасних гібридів. Зокрема, це стосується і найбільш поширеної овочевої культури на зрошенні – томатів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Ефективність застосування підґрунтового краплинного зрошення за вирощування томатів є достатньо вивченою для різних ґрунтово-кліматичних умов [3-10]. Найбільш детально потенціал підґрунтового краплинного зрошення томатів для переробки, інфільтраційні втрати вологи, процеси вторинного засолення ґрунту та економічні параметри було досліджено Блейні Хенсоном і Доном Мейом [3] в Каліфорнії (США). Також ними було проведено досліди з обґрунтування підходів до проектування, а саме – укладання краплинних поливних трубопроводів (ПТ) на глибину 0,22–0,36 м з розміщенням ПТ безпосередньо під рядами рослин. У цьому дослідженні було вивчено вплив різних варіантів укладання ПТ на врожайність і якість плодів культури. Результати показали, що найвищої врожайності було досягнуто при більш заглибленому укладанні ПТ. З іншого боку, деякі дослідники встановили, що такий спосіб укладання ПТ зменшував проблеми із захворюваннями рослин томатів, які зазвичай виникають при усталеній практиці вирощування культури [4].

Нами було проведено комплексні експериментальні дослідження у кліматичних умовах Степу України, відмінність яких полягає в обґрунтуванні ефективності різних глибин закладання ПТ за вирощування органічних томатів на основі аналізування параметрів ростових процесів рослин та процесів евапотранспірації.

Мета дослідження полягає у вивченні впливу параметрів технології підґрунтового краплинного зрошення (ПКЗ) органічного розсадного томата в умовах Степу України на водний режим, ростові процеси і продуктивність рослин.

Матеріали та методика досліджень. Польові експерименти проведено протягом 2019–2021 рр. у межах землекористування ПП «Агро Ліга» (Херсонська область, Каховський район, смт Чаплинка, підзона Степу Сухого – клімат помірно жаркий, посушливий). Гібрид томата – Мелман F1 (H 9997 F1) Organic, який вирощували за органічною технологією у виробничих умовах на загальній площі 150 га. Площа під виробничими дослідними ділянками відповідала поливним модулям системи ПКЗ: варіант із глибиною закладання 10 см – 8,6 га, а з глибиною закладання 25 см – 8,2 га [11]. Для моніторингу метеорогічних параметрів використано інтернет-метеостанцію iMetos®, яка знаходилась безпосередньо на дослідній ділянці [12]. Загальну евапотранспірацію визначали за допомогою станції вологості ґрунту iMetos® ECOD2, яку було обладнано сенсорами вологості ґрунту типу Watermark 200SS [13]. Одночасно, величину евапотранспірації рослин томата розсадного розраховували методом Penman-Monteith [1]. Ґрунт дослідної ділянки – темно-каштановий залишково-слабосолонцюватий легкоглинистий, щільність складення ґрунту (ДСТУ ISO 11272 [14]) у шарі 0–50 см становила 1,35 г/см^3, найменша вологомісткість 0–50 см шару ґрунту – 25,8 % від маси абсолютно сухого ґрунту.

Кількість продуктивних опадів протягом вегетаційного періоду була різною за роки досліджень. Так, у 2019 р. випало лише 79,6 мм, протягом 2021 р. –133,4 мм, та у 2022 р. – 378,4 мм, що є аномальним явищем для умов Степу Сухого. Площу листкової поверхні (ПЛП) визначали за методикою А.О. Ничипоровича, урожайність – обліковим методом, статистичну обробку даних проводили з використанням програми Statistical Analysis Software 9.4.

Результати досліджень. Результати експериментальних досліджень показали, що глибина закладання поливних трубопроводів (ПТ) достовірно впливала як на продукційні процеси рослин томата розсадного, так і на формування водного режиму ґрунту. Встановлено, що більш раціональним за підґрунтового краплинного зрошення було укладання ПТ на глибину 25 см (таблиця 1).

На формування параметрів водного режиму ґрунту та режимів зрошення (кількість поливів, норму зро-

Таблиця 1

Водний режим та евапотранспірація (ЕТс) томата розсадного залежно від глибини укладання ПТ

Глибина укладання ПТ, м	Кількість поливів	Норма зрошення	Продуктивні опади	Запаси ґрунтової вологи, м³/га			ЕТс, м³/га
		м³/га	м³/га	поч.	кін.	баланс	
2019 рік							
10 см	61	5749	796	1696	1337	299	6844
25 см		5749		1646	1472	174	6719
2020 рік							
10 см	56	4565	1334	1276	798	479	6378
25 см		4424		1392	1001	392	6150
2021 рік							
10 см	47	3475	3748	1498	980	518	7741
25 см		3458		1442	896	546	7752

шення) за вирощування томата розсадного достовірний вплив мала як глибина укладання ПТ, так і кількість продуктивних опадами протягом вегетації. Аналізуючи дані таблиці 1 евапотранспірація рослин томата розсадного залежно від варіантів досліду відрізнялась та становила: 6,84 тис. м³/га і 6,72 тис.м³/га у 2019 р., 6,38 тис. м³/га та 6,15 тис. м³/га у 2020 р., 7,74 та 7,75 тис. м³/га протягом 2021 р. при укладанні ПТ на 10 см і 25 см відповідно. В середньому ж за три роки досліджень за глибини укладання ПТ на 25 см евапотранспірація рослин була нижчою на 0,12 тис. м³/га за вегетацію.

Внутрішньоґрунтове укладання поливних трубопроводів у комплексі з продуктивними опадами впливали на приживлюваність розсади томатів. Так, кінцева густота рослин томата становила 22 тис. рослин/га в 2019 р.; 23–27 тис. рослин/га – 2020 р. та 23 тис. рослин/га – у 2021 р. (таблиця 2).

Основні параметри продуктивності рослин томата розсадного також залежали від глибини укладання ПТ (таблиця 2).

За параметром «кількість плодів на рослину» варіант з укладанням ПТ на 25 см переважав майже у 1,8 разів варіант з укладанням ПТ на 10 см, що свідчить про позитивний вплив закладання поливного трубопроводу на таку глибину.

У 2021 році врожайність плодів томату була в 1,8–2,4 рази нижча, ніж у 2019–2020 рр. Поясненням цього факту є значні опади зливового характеру, які, у свою чергу, спровокували ураження рослин збудником *Phytophthora infestans dBy* – фітофтороз пасльонових (рис. 1).

Оскільки томати у виробничих умовах вирощували за органічною технологією (без використання синтетичних (хімічних) засобів захисту рослин), то швидкому поширенню цього захворювання ефективно запобігти не вдалося.

Біологічна врожайність плодів томата за глибини укладання ПТ на 25 см була в середньому на 25 % вища, ніж за глибини 10 см, а саме: в 2019 р. врожайність становила 73,0 т/га та 100,9 т/га за укладання поливного трубопроводу на глибину 10 см та 25 см відповідно, у 2020 р. врожайність становила 58,6 т/га та 79,2 т/га та в 2021 р. було отримано практично однаковий рівень врожайності плодів – 36,0 т/га та 37,8 т/га відповідно (рис. 2).

Висновки. Доведено, що різні конструкції систем підґрунтового краплинного зрошення, а саме – глибина укладання поливних трубопроводів, достовірно впливають на водний режим ґрунту, параметри росту і розвитку, структуру врожаю та врожайність томата розсадного. Встановлено, що укладання ПТ на глибину 25 см є більш доцільним, ніж на 10 см. Систематичні спостереження за динамікою вологості кореневого шару ґрунту та евапотранспірацією рослин показали, що за реалізації такого варіанту формувався більш оптимальний водний режим ґрунту (80-100 % від НВ ґрунту) та значно

Таблиця 2

Структура врожаю та врожайність рослин томата розсадного за підґрунтового краплинного зрошення залежно від глибини укладання ПТ

Показник	2019 р.		2020 р.		2021 р.		Середнє 2019–2021 рр.		$НІР_{05}$ (2019–2021)	
	Фактор А – глибина укладання ПТ, см									
	10	25	10	25	10	25	10	25	10	25
Мага плодів, кг	3,318	5,177	2,169	3,445	1,504	1,514	2,330	3,379	0,224	0,325
Кількість плодів, шт./рослину	51	80	43	72	24	25	33,3	59,0	3,40	5,45
Маса 1 плоду, кг	0,066	0,066	0,050	0,048	0,062	0,060	0,059	0,058	0,006	0,006
Густота, тис./га	22	22	27	23	23	23	24,0	22,67	2,32	2,12
Урожайність, т/га	73,0	100,9	58,6	79,2	36	37,8	55,87	72,63	4,95	6,69

Рис. 1. Ураження рослин томата збудником *Phytophthora infestans dBy* протягом вегетаційного періоду 2021 року

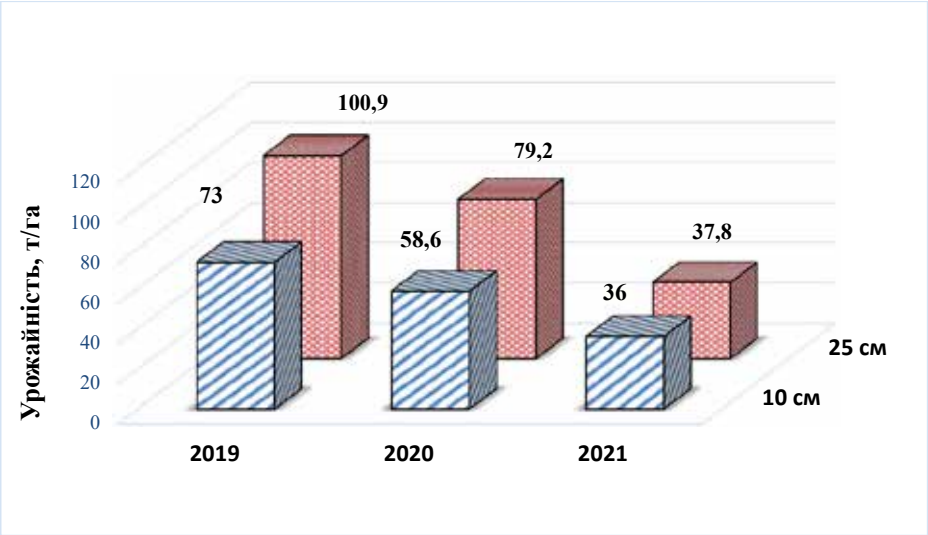


Рис. 2. Урожайність плодів органічного розсадного томата залежно від глибини укладання ПТ (2019–2021 рр.)

менше вологи втрачалось на фізичне випаровування, що є непродуктивними втратами За три роки досліджень середній показник врожайності плодів томата за укладання ПТ на глибину 25 см склав 72,63 т/га, тоді як за укладання на глибину 10 см – 55,87 т/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Адаптація методу Penman-Monteith на культурі томата розсадного у виробничих умовах за краплинного зрошення / Ромащенко М.І. та ін. *Меліорація і водне господарство*. 2018. № 2. С. 5–11. DOI: 10.31073/mivg20180108-146
2. Транспіраційний коефіцієнт томата залежно від гранулометричного складу ґрунту / Журавльов О.В. та ін. *Аграрні інновації.* 2021. № 6. С. 5–10. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.6.1
3. Hanson, B., May, D. Effect of subsurface drip irrigation on processing tomato yield, water table depth, soil salinity, and profitability. Agricultural Water Management. 2004. Volume 68. Issue1,15. P. 1–17. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2004.03.003
4. Hanson, B., May, D. The effect of drip line placement on yield and quality of drip-irrigated processing tomatoes. Irrigation and Drainage Systems (21). 2007. P. 109–118. https://doi.org/10.1007/s10795-007-9023-5
5. Patel, N., Rajput, T.B. Effect of subsurface drip irrigation on onion yield. Irrigation Science. 2009. № 27. P. 88–97. https://doi.org/10.1007/s00271-008-0125-0.
6. Ayars J.E., Fulton A., Taylor B. Subsurface drip irrigation in California – Here to stay?. Agricultural Water Management. 2015. Volume 157. P. 39–47. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.01.001

7. Daniel Geisseler, Brenna J. Aegerter, Eugene M. Miyao, Tom Turini, Michael D. Cahn. Nitrogen in soil and subsurface drip-irrigated processing tomato plants (Solanum lycopersicum L.) as affected by fertilization level. *Scientia Horticulturae.* 2020. Volume 261. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108999
8. Rui M. A. Machado, Maria do Rosário, G. Oliveira & Carlos A. M. Portas. Tomato root distribution, yield and fruit quality under subsurface drip irrigation. Roots: The Dynamic Interface between Plants and the Earth (DPSS,volume 101). 2003. P. 333–341.
9. Proximity to subsurface drip irrigation emitters altered soil microbial communities in two commercial processing tomato fields. / Michelle Quach et al. *Applied Soil Ecology*. 2022. Volume 171. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2021.104315
10. Методика польового досліду (зрошуване землеробство) / В.О. Ушкаренко та ін. Херсон : Грінь Д.С., 2014. 448 с.
11. Підґрунтове краплинне зрошення: технічні та технологічні аспекти. / А.П. Шатковський та ін. Зерно. 2020. № 12. С. 62–66.
12. Шатковський А.П., Журавльов О.В. Управління краплинним зрошенням на основі використання Інтернет-метеостанцій iMetos®. Наукові доповіді НУБіП України. 2016. № 2(59). DOI: 10.31548/dopovidi2016.02.007
13. iMetos-ECO-D2 / A reliable and cost-effective solution for Soil Moisture monitoring, Rain, Water level and Irrigation Management [Електронний ресурс] / Режим доступу: http://metos.at/page/en/products/2/iMetos-ECO-D2.
14. Якість ґрунту. Визначання щільності складення на суху масу: ДСТУ ISO 11272:2001 (ISO 11272:1998, IDT). – [Чинний від 2003.07.01]. – Київ: Держспоживстандарт України, 2008. 12 с. (Національні стандарти України).

REFERENCES:

1. Romaschenko, M.I., Shatkovskyi, A. P., Zhuravlov, O.V., Vasiuta, V. V. & Cherevychnyi, Yu. O. Adaptatsiia metodu Penman-Monteith na kulturi tomata rozsadnoho u vyrobnychykh umovakh za kraplynnoho zroshennia [Adjustment of the «Penman-Monteith» method for growing tomato seedlings in production conditions when applying drip irrigation]. *Melioratsiia i vodne hospodarstvo*. (1). 12-18. DOI: 10.31073/mivg20180108-146 [In Ukrainian].
2. Zhuravlov, O.V., Shatkovskyi, A.P., Melnychuk F.S., & Cherevychnyi, Yu. O. (2021). Transpiratsiinyi koefitsiient tomata zalezhno vid hranulometrychnoho skladu gruntu [The transpiration coefficient of tomato depending on the granulometric composition of the soil]. *Ahrarni innovatsii*. (26). 5–10. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.6.1 [In Ukrainian].
3. Hanson, B. & May, D. (2004). Effect of subsurface drip irrigation on processing tomato yield, water table depth, soil salinity, and profitability. *Agricultural Water Management.* 68. (115). 1–17. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2004.03.003
4. Hanson, B. & May, D. (2007). The effect of drip line placement on yield and quality of drip-irrigated processing tomatoes. *Irrigation and Drainage Systems.* (21). https://doi.org/10.1007/s10795-007-9023-5
5. Patel, N. & Rajput, T. (2009) Effect of subsurface drip irrigation on onion yield. *Irrigation Science*. 3 (27). 56-63. https://doi.org/10.1007/s00271-008-0125-0.
6. Ayars, J.E., Fulton, A. & Taylor, B. (2015) Subsurface drip irrigation in California—Here to stay. *Agricultural Water Management*. 7. 48-56. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.01.001
7. Daniel Geisseler, Brenna J. Aegerter, Eugene M. Miyao, Tom Turini & Michael D. Cahn. (2020). Nitrogen in soil and subsurface drip-irrigated processing tomato plants (*Solanum lycopersicum* L.) as affected by fertilization level. *Scientia Horticulturae*. Vol. 261. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108999
8. Rui, M. A., Machado, Maria do Rosário, G. Oliveira & Carlos, A. M. (2023). Tomato root distribution, yield and fruit quality under subsurface drip irrigation. Roots: The Dynamic Interface between Plants and the Earth.
9. Michelle Quach, Pauline M. Mele, Helen L. Hayden, Alexis J. Marshall, Liz Mann, Hang-Wei Hu & Ji-Zheng He. (2022). Proximity to subsurface drip irrigation emitters altered soil microbial communities in two commercial processing tomato fields. *Applied Soil Ecology*. Vol. 171. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2021.104315
10. Ushkarenko, V. O., Vozhehova, R. A., Holoborodko, S. P. & Kokovikhin, S. V. (2014). Metodyka polovoho doslidu (zroshuvane zemlerobstvo) [Methodology of field experiment (irrigated agriculture)]. Kherson : Hrin D.S. [In Ukrainian].
11. Shatkovskyi, A., Zhuravlov, O., Bilobrova, A., Kovalenko, I., Hulenko, O., Kalilei, V. & Ovchatov, I. (2020). Pidgruntove kraplynne zroshennia: tekhnichni ta tekhnolohichni aspekty [Subsurface drip irrigation: technical and technological aspects]. *Zerno*. 12. 62–67. [In Ukrainian].
12. Shatkovskyi, A.P. & Zhuravlyov, O.V. (2016). Upravlinnia kraplynnym zroshenniam na osnovi vykorystannia Internet-meteostantsii iMetos® [Management of drip irrigation based on the use of Internet weather stations iMetos®]. Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy. DOI : 10.31548/dopovidi2016.02.007 [In Ukrainian].
13. iMetos-ECO-D2 / A reliable and cost-effective solution for Soil Moisture monitoring, Rain, Water level and Irrigation Management. Retrieved from http://metos.at/page/en/products/2/iMetos-ECO-D2.
14. Yakist gruntu. Vyznachannia shchilnosti skladennia na sukhu masu [Soil quality. Determination of compaction density per dry mass]. (2008). DSTU ISO 11272:2001 (ISO 11272:1998, IDT). Natsionalni standarty Ukrainy. Kyiv. Derzhspozhyvstandart Ukrainy.

Коваленко І.О., Шатковський А.П. Водний режим і врожайність томатів за підґрунтового краплинного зрошення

Мета. Вивчити вплив параметрів технології підґрунтового краплинного зрошення (SDI) органічного розсадного томата на водний режим ґрунту, ростові процеси і продуктивність рослин. **Методи.** Короткотерміновий польовий дослід, аналітичні і статистичні методи обробки експериментальних даних. **Результати досліджень.** Підґрунтове краплинне зрошення розглянуто як ключовий фактор вирощування органічного томата в умовах Степу України. Саме такий спосіб зрошення

мінімізує сходи бур'янів та розвиток збудників патогенних хвороб. Польові експериментальні дослідження проведено протягом 2019–2021 рр. у межах землекористування Приватного підприємства «Агро Ліга». Особливість проведення польового досліду – виробничі умови в межах 150 га масиву. Площа під виробничими дослідними ділянками відповідала поливним модулям системи SDI: варіант із глибиною закладання поливних трубопроводів (ПТ) 10 см – 8,6 га, а з глибиною закладання ПТ 25 см – 8,2 га. Результати експериментальних досліджень показали, що глибина закладання поливних трубопроводів (ПТ) достовірно впливала як на продукційні процеси рослин томата розсадного, так і на формування водного режиму ґрунту. Евапотранспірація залежно від варіантів досліду становила: 6,84 тис. м^3/га і 6,72 тис.м^3/га у 2019 р., 6,38 тис. м^3/га та 6,15 тис. м^3/га у 2020 р. і 7,74 та 7,75 тис. м^3/га протягом 2021 р. за укладання ПТ на 10 см і 25 см відповідно. Встановлено, що вищу інтенсивність ростових процесів та продуктивність культури забезпечувало закладання ПТ на глибину 25 см. Достовірно нижчі значення отримано для умов підґрунтового краплинного зрошення із закладанням ПТ на глибину 10 см. **Висновки.** Доведено, що різні конструкції систем підґрунтового краплинного зрошення, а саме – глибина укладання поливних трубопроводів, достовірно впливали на параметри росту і розвитку рослин, структуру врожаю та врожайність томата розсадного. Встановлено, що укладання ПТ на глибину 25 см є більш доцільним, ніж на 10 см. Систематичні спостереження за динамікою вологості кореневого шару ґрунту та евапотранспірацією рослин показали, що за реалізації такого варіанту формувався більш оптимальний водний режим ґрунту (80–100 % від НВ ґрунту) та значно менше вологи втрачалось на фізичне випаровування, що є непродуктивними втратами За три роки досліджень середній показник врожайності плодів томата за укладання ПТ на глибину 25 см склав 72,63 т/га, тоді як за укладання ПТ на глибину 10 см – 55,87 т/га.

Ключові слова: системи мікрозрошення, спосіб укладання поливних трубопроводів, евапотранспірація, продуктивність, структура врожаю.

Kovalenko I.O., Shatkovskyi A.P. Water regime and yield of tomatoes under subsurface drip irrigation

Purpose of the research. To study the influence of parameters of subsurface drip irrigation (SDI) technology of organic seedling tomato on water regime of the soil, growth processes and plant productivity. **Methods.** Short-term field experiment, analytical and statistical methods of experimental data processing. **The results of the research.** Subsurface drip irrigation is considered a key factor in the cultivation of organic tomatoes in the conditions of the Steppe of Ukraine. This type of irrigation minimizes weed growth and the development of pathogens. Field experimental studies were conducted in 2019–2021 within the land use of the "Agro League" Private Enterprise. A feature of the field experiment is the production conditions within the 150-hectare massif.

The area under the production test plots corresponded to the irrigation modules of the SDI system: the variant with the depth of laying irrigation pipelines (IP) of 10 cm – 8,6 ha, and with the depth of laying of IP 25 cm – 8,2 ha. The results of experimental studies showed that the depth of laying irrigation pipelines (IP) reliably influenced both the production processes of seedling tomato plants and the formation of the water regime of the soil. Evapotranspiration, depending on the test options, was: 6,84 thousand m^3/ha and 6,72 thousand m^3/ha in 2019, 6,38 thousand m^3/ha and 6,15 thousand m^3/ha in 2020 and 7,74 and 7,75 thousand m^3/ha during 2021 when laying IP at 10 cm and 25 cm, respectively. It was established that the higher intensity of growth processes and crop productivity was provided by the laying of IP to a depth of 25 cm. Significantly lower values were obtained for the conditions of subsurface drip irrigation with the laying of IP to a depth of 10 cm. **Conclusions.** It has been proven that different designs of subsurface drip irrigation systems, namely, the depth of laying irrigation pipelines, reliably influenced the parameters of plant growth and development, the structure of the crop, and the yield of seedling tomatoes. It was determined that the laying of IP to a depth of 25 cm is more expedient than to a depth of 10 cm. Systematic observations of the dynamics of the moisture of the root layer of the soil and the evapotranspiration of plants showed that the implementation of this option formed a more optimal water regime of the soil (80–100% of the MMHC of the soil) and significantly less moisture was lost to physical evaporation, which is unproductive losses. Over the three years of research, the average yield of tomatoes when laying IP to a depth of 25 cm was 72,63 t/ha, while when IP was laid to a depth of 10 cm – 55,87 t/ha.

Key words: micro-irrigation systems, method of laying irrigation pipelines, evapotranspiration, productivity, crop structure.

УДК 631.472.54:631.15
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.11

ОЦІНКА СТУПЕНЯ ЗАЛЕЖНОСТІ СТРУКТУРНОГО СКЛАДУ ҐРУНТІВ ВІД ВМІСТУ І СКЛАДУ ГУМУСУ ТА АМФІФІЛЬНИХ КОМПОНЕНТІВ ЇХНЬОГО ГУМУСОВОГО СКЛАДНИКА

КОВАЛЬОВ М.М. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0003-4421-8960
Центральноукраїнський національний технічний університет
ТОПОЛЬНИЙ Ф.П. – доктор біологічних наук, професор
orcid.org/0000-0002-7151-7694
Центральноукраїнський національний технічний університет
МАЩЕНКО Ю.В. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0001-7965-0193
Інститут сільського господарства Степу Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Гумінові речовини – це природні гетерогенні сполуки, що становлять основну частину стійкої органічної речовини у ґрунтах. Вони складаються з ароматичних кілець, аліфатичних ланцюжків, а також містять полярні угрупування та не полярні фрагменти. Саме ці угрупування надають амфіфільність гуміновим речовинам – здатність виявляти як гідрофобні, так і гідрофільні властивості [1, с. 21]. Дослідження гумінових речовин як полідисперсної суміші дало загальну інформацію про їх склад та властивості. Найчастіше використовується поділ гумінових речовин на низькомолекулярні гідрофільні фульвокислоти, при чому незалежно від генетичної приуроченості, та високомолекулярні гідрофобні гумінові кислоти [2, с. 111].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вченими була запропонована концепція, в рамках якої продукти гуміфікації органічного матеріалу розглядаються як система природних гідрофобно – гідрофільних сполук, що мають просторову та структурно – функціональну організацію та багато в чому визначають морфологічні, хімічні та фізичні властивості ґрунтів. Основна ідея даної концепції полягала в тому, що гідрофільні компоненти гумусових речовин представлені в ґрунтах у складі продуктів гуміфікації in situ (автохтонними) та латеральними (аллохтонно-ілювіальними) формами. Гідрофільні продукти гуміфікації здійснюють сучасний метаморфізм мінеральної маси ґрунтів [3, с. 56]. Акумуляція гідрофільних гумусових речовин відбувається у складі глино–гумусових, залізистих та алюмінієвих – гумусових сполук. Продукти гуміфікації органічного матеріалу в аеробних умовах представлені переважно гідрофільними сполуками. Гідрофільні гумусові речовини найбільш лабільні компоненти гумусу ґрунтів, схильні до мікробіологічної та хімічної мінералізації. Гідрофобні компоненти гумусових речовин ґрунтів представляють автохтонні утворення, просторово прив'язані до продуктів гуміфікації органічного матеріалу in situ. Незалежно від типу водного режиму ґрунтів, вони нерухомі у профілі, накопичуються до гуміфікації органічних залишків. Анаеробна мікробіологічна трансформація органічного матеріалу сприяє гідрофобізації продуктів гуміфікації, що робить їх стійкими до мікробіологічних та абіотичних факторів [4, с. 122; 5, с. 82].

Мета статті. Мета роботи полягає у виявленні залежності між ґрунтовою структурою та складом гумусу ґрунтів чорноземного типу Кіровоградської області в межах природних (ліс, переліг) та агроекосистем (рілля).

Матеріали та методика досліджень. При польових дослідженнях проводили описи ґрунтів в межах лісостепової, степової зони та перехідної смуги Кіровоградської області [5, с. 88]. Розрізи закладали на водороздільних плато. За способом використання угідь розрізи закладені в природних та агроекосистемах [6, с. 81].

У польових умовах на кожній цілинній та орній ділянці було закладено повнопрофільні розрізи для опису морфологічних властивостей ґрунтів [7, с. 32]. Зразки проведення досліджень відбиралися пошарово, на глибину 0–10 см; 10–20 см; 20–30 см. Оцінка структурного складу та вмісту гумусу ґрунтів передбачала вивчення вмісту загального гумусу та її фракційно–групового складу [8, с. 3].

Вміст гумусу визначали загальноприйнятим методом І. В. Тюріна в модифікації ЦІНАО за ДСТУ 4289 [9, с. 5]. В основі вивчення якісного складу гумусу лежить методика І. В. Тюріна, заснована на виділенні в розчині різних груп і фракцій гумусових речовин

Ґрунтові розрізи закладалися на основі принципу єдиної відмінності: усі фактори ґрунтоутворення майже однотипні, окрім антропогенного, що дає можливість встановити якісні та кількісні зміни властивостей досліджуваних ґрунтів в результаті сільськогосподарського використання. Аналітичні дослідження відібраних ґрунтових зразків проводили, згідно загальноприйнятих методик [10, с. 44].

Результати досліджень. Гідрофобні компоненти гумусових речовин ґрунтів є автохтонними утвореннями, просторово приуроченими до продуктів гуміфікації органічного матеріалу. Вони є нерухомими у профілі та накопичуються на місці утворення біомаси з подальшою гуміфікацією органічних залишків, стійкі до мікробіологічних та абіотичних факторів розкладання, мають знижений рівень гідратації, енергії водневих зв'язків та в'язкості розчинів, не розчиняються у воді [11, с. 40].

Гідрофільні компоненти гуміфікації здійснюють сучасний метаморфізм мінеральної маси ґрунтів, найбільш лабільні та схильні до мікробіологічної, а також хімічної мінералізації, розчинні у воді. В той же час вони більш гідратовані та міцніше утримують гідратну воду, в них суттєво переважають карбоксильні групи над фенольними гідроокислами [12, с. 16].

Таким чином, оцінка ступеня гідрофобності гумусу в цілому та окремих його фракцій дає важливу інформацію про будову, функції та властивості органічної речовини ґрунтів [11, с. 41].

Згідно з отриманими даними (див. рис. 1) ступінь гідрофобності гумінових кислот на цілинній ділянці чорнозему типового коливається в межах 1,17–1,49, що є свідченням переважання гідрофобних компонентів над гідрофільними в складі гумусових речовин ґрунтів. Максимальний вміст гідрофобних компонентів гумусу спостерігається у шарі 10–20 см при незначному їх зниженні у шарі 20–30 см.

В агроекосистемах нами було відмічено відносне зниження ступеня гідрофобності у верхній третині ґрунтового профілю (r=0,96– 0,73), що свідчить про переважання гідрофільних компонентів над гідрофобними у складі гумусової речовини чорноземів агроекосистем.

Значення показника ступеня гідрофобності гумусу в ґрунтах природних екосистем чорнозему звичайного аналогічно дозволяє стверджувати про переважання гідрофобних компонентів у його складі, однак відношення гідрофобних компонентів до гідрофільних в чорноземі звичайному знижується у порівнянні з аналогічним показником чорнозему типового (1,12-1,3).

Зміна показника гідрофобності в ґрунтах агроекосистем подібна до такої у чорноземів типових, найбільше значення даного показника 0,96 виявлено в шарі 0–10 см, найменше – 0,73 у нижній частині гумусового профілю, у шарі 20–30 см.

Як природних, так і в агроекосистемах чорнозему вилуженого спостерігається подібне до чорноземів типових та звичайних зміна показника гідрофобності. Переважна більшість гідрофобних компонентів над гідрофільними у складі гумусу ґрунтів зафіксовано на цілинній ділянці (1,10–1,32) з максимальним значенням у шарі 10–20 см (1,32). У ґрунтах агроекосистем у складі гумусу переважають гідрофільні компоненти. Найбільше значення показника гідрофобності (0,93) виявлено для шару 0–10 см. В низ по профілю спостерігається подальше зниження вмісту гідрофобних компонентів при одночасному зростанні частки гідрофільних складових.

Для природних та агроекосистем чорнозему звичайного неглибокого антропогенна трансформація показника гідрофобності гумусових речовин виявилася схожою з описаними вище ґрунтовими відмінами. Варто відмітити відносне зниження показника гідрофобності в ґрунтах природних екосистем чорнозему звичайного неглибокого на противагу чорноземів, розташованих північніше. Найбільше значення показника гідрофобності зазначено у першому двадцяти сантиметровому шарі (1,05–1,20) з наступним незначним зниженням у шарі 20–30 см (1,10).

Помітно зниження частки гідрофобних компонентів у складі гумусових речовин у ґрунтах орної ділянки чорнозему звичайного неглибокого, на що вказує значення відношення вмісту гідрофобних фракцій гумусу до гідрофільних (0,82–0,57).

Таким чином, при тривалому сільськогосподарському використанні відбувається зниження ступеня гідрофобності у всіх досліджуваних підтипах ґрунтів, що пов'язано зі зменшенням частки фракцій гідрофобних з одночасним збільшенням гідрофільних складових. В результаті зростає розчинність гумусових речовин та їх міграційна здатність вниз по ґрунтовому профілю, що, ймовірно, робить свій внесок у зниження вмісту гумусових речовин у верхніх шарах агроекосистем.

Відзначається домінування гідрофобних фракцій гумусу у верхніх шарах генетичного горизонту Н, що можна пояснити активними процесами новоутворення гумусу, що відбуваються тут, та подальшим вимиванням гідрофільних його компонентів дощовими та талими водами в нижчі горизонти Нр та Ph, де й відбувається їх часткове осадження [13, с. 55].

Гідрофобно – гідрофільні властивості продуктів гуміфікації обумовлюють просторову диференціацію ком-

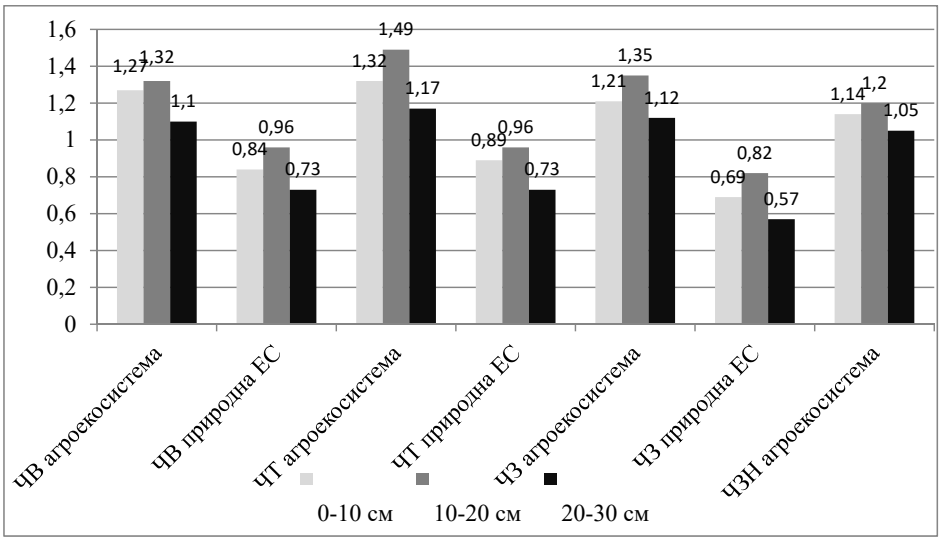


Рис. 1. Ступінь гідрофобності гумінових кислот ґрунтів Кіровоградської області (позначення: ЧВ – чорнозем вилужений, ЧТ – чорнозем типовий, ЧЗ – чорнозем звичайний, ЧЗН – чорнозем звичайний неглибокий)

понентів гумусових речовин у ґрунтах, що відображає причинно-наслідковий зв'язок між характером надходження органічного матеріалу, типом водного режиму та, як наслідок, спрямованістю сучасного метаморфізму мінеральної маси ґрунтів. Механізм, що забезпечує диференціацію гідрофобно–гідрофільних компонентів гумусових речовин у ґрунтах, полягає у виносі з низхідною течією води гідрофільних гумусових речовин зі складу продуктів гуміфікації in situ та акумулятивному накопиченні гідрофобних гумусових речовин на місці свого утворення [14, с. 66].

Для оцінки ступеня залежності структурного складу ґрунтів від вмісту та складу гумусу та амфіфільних компонентів гумусових речовин нами були використані методи математичної статистики.

Як вихідні дані для статистичного розрахунку кореляційної залежності властивостей ґрунту від амфіфільних компонентів їх гумусових речовин використовувалися емпіричні проби в шарі 0–10 см, 10–20 см та 20–30 см досліджуваних підтипів ґрунтів за системою показників: коефіцієнт структурності, вміст гумусу, ступінь гуміфікації та ступінь гідрофобності. Для виявлення наявності та сили взаємозв'язку між властивостями ґрунтів застосовувалися непараметричні методи рангової кореляції, оскільки вони розглядаються як кількісні випадкові величини, властивості яких можна виміряти.

Аналіз даних статистичного розрахунку коефіцієнта кореляції між коефіцієнтом структурності, вмістом гумусу, ступенем гуміфікації та ступенем гідрофобності, дозволив виявити наявність зв'язку помірного та середнього ступеня (див. рис. 2–9).

Так, при аналізі коефіцієнта кореляції між вище зазначеними властивостями ґрунтів встановлено, що для природних екосистем чорнозему вилуженого характерна наявність середнього ступеня зв'язку між коефіцієнтом структурності ґрунту та ступенем його гідрофобності (r=0,66), ступенем гуміфікації (r=0,56) та вмістом гумусу (r=0,63). Найбільший внесок у структуроутворення природних екосистем чорнозему вилугуваного належить амфіфільним властивостям, на що вказує значення коефіцієнта кореляції (r=0,66), отриманого при статистичному розрахунку.

Структуроутворення орної ділянки чорнозему вилугуваного переважно залежить від амфіфільних властивостей гумусу, оскільки коефіцієнт кореляції між коефіцієнтом структурності ґрунту та ступенем його гідрофобності (r=0,52) значно вищий за коефіцієнт кореляції між ступенем гуміфікації (r=0,37) і вмістом гумусу (R = 0,38).

Найбільший внесок у структуроутворення природних та агроекосистем чорнозему типового належить амфіфільним властивостям, на що вказує значення

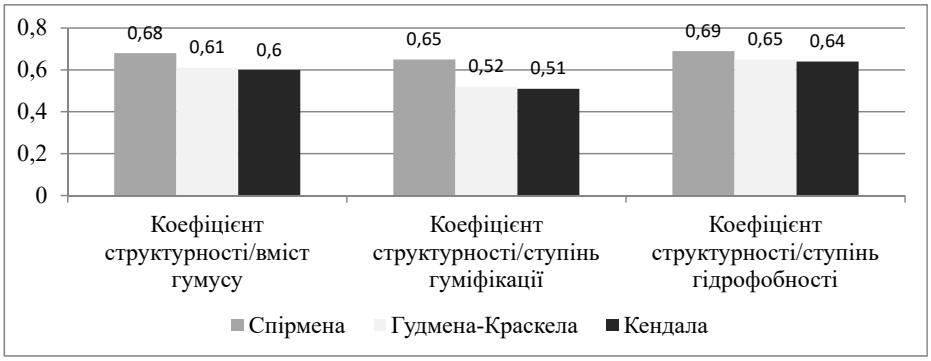


Рис. 2. Рангові коефіцієнти кореляції чорнозему вилугуваного (природна екосистема)

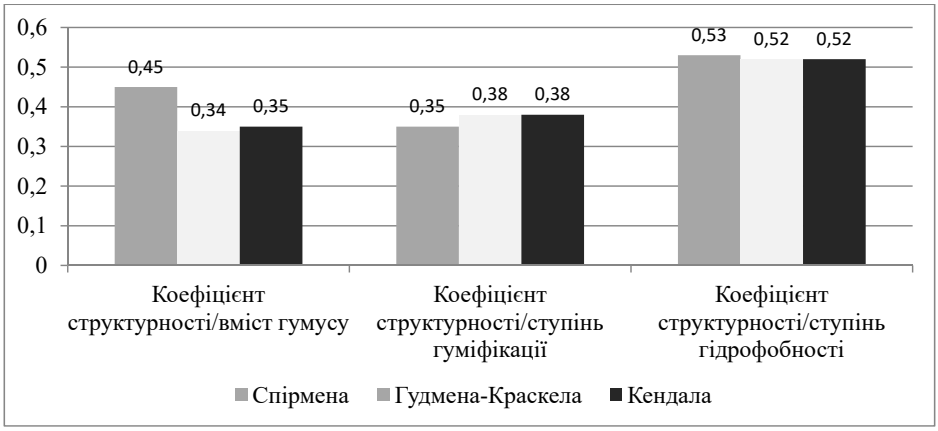


Рис. 3. Рангові коефіцієнти кореляції чорнозему вилугуваного (агроекосистема)

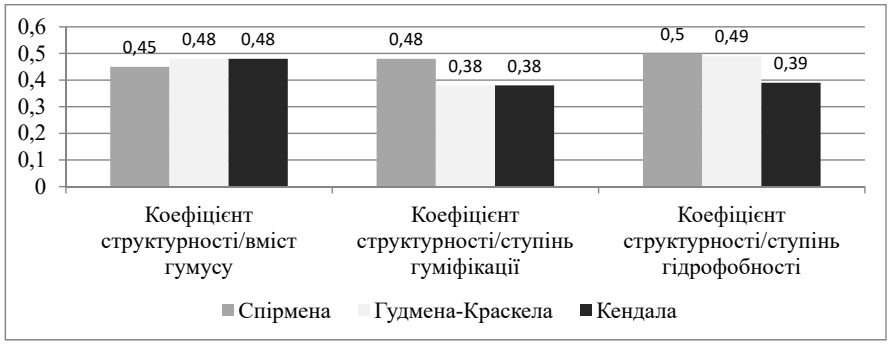


Рис. 4. Рангові коефіцієнти кореляції чорнозему типового (природна екосистема)

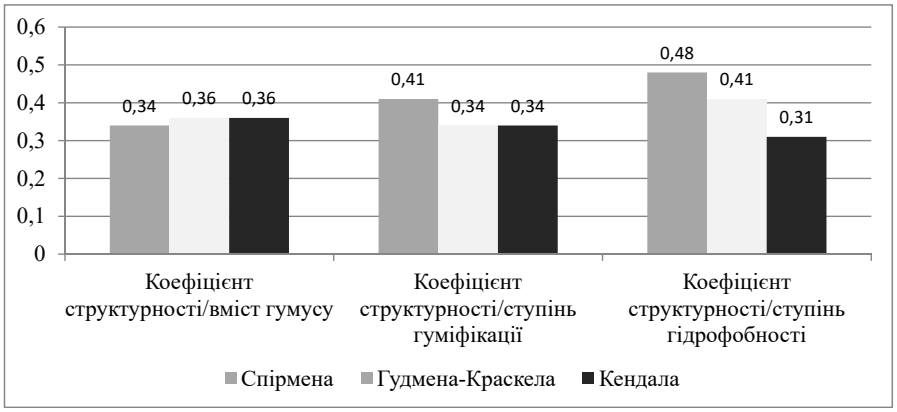


Рис. 5. Рангові коефіцієнти кореляції чорнозему типового (агроекосистема)

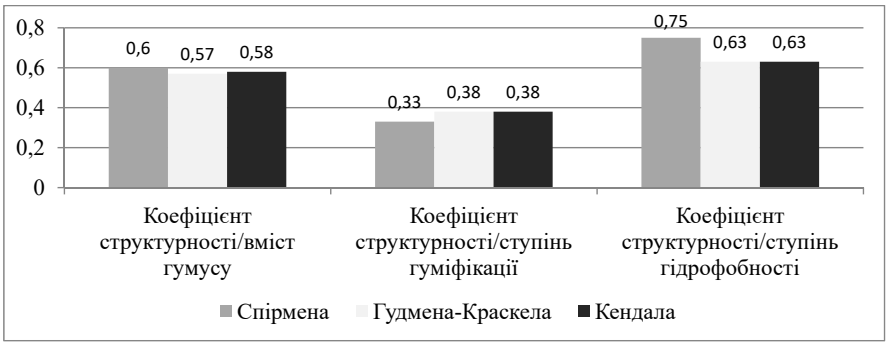


Рис. 6. Рангові коефіцієнти кореляції чорнозему звичайного (природна екосистема)

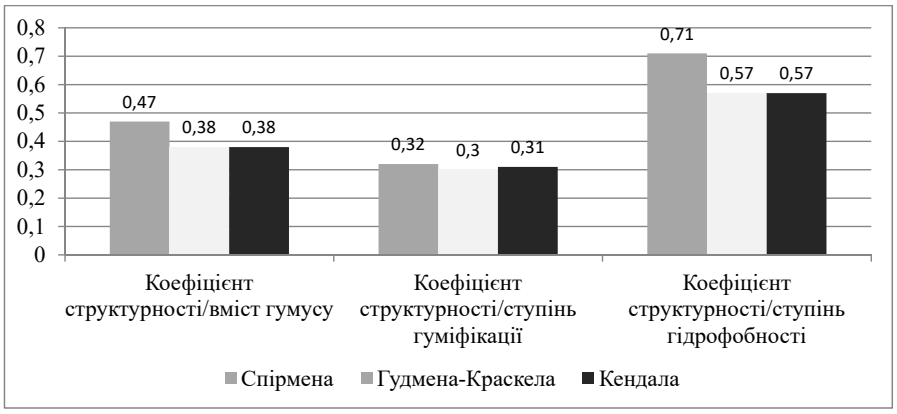


Рис. 7. Рангові коефіцієнти кореляції чорнозему звичайного (агроекосистема)

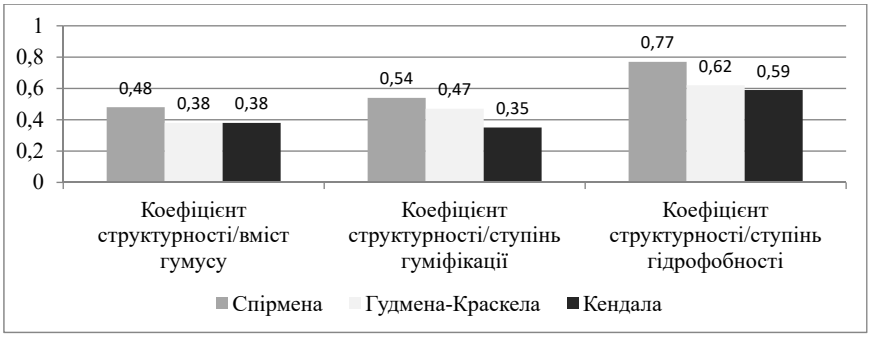


Рис. 8. Рангові коефіцієнти кореляції чорнозему звичайного неглибокого (природна екосистема)

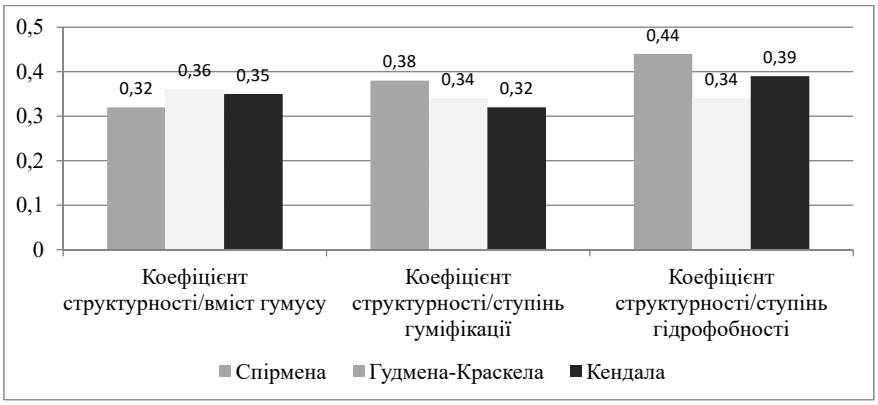


Рис. 9. Рангові коефіцієнти кореляції чорнозему звичайного неглибокого (агроекосистема)

коефіцієнта кореляції (r=0,46, r=0,40, відповідно), коефіцієнт кореляції між коефіцієнтом структурності ґрунту та ступенем гуміфікації (r=0,41, r=0,36, відповідно) та вмістом гумусу (r=0,47, r=0,35, відповідно) трохи нижче. Структуроутворення природних та агроекосистем чорнозему звичайного визначається значною мірою амфіфільні властивості гумусу – коефіцієнт кореляції відповідно дорівнює r =0,67, r =0,62; значення коефіцієнтів кореляції між коефіцієнтом структурності ґрунту та ступенем гуміфікації (r=0,36, r=0,30, відповідно) та вмістом гумусу (r=0,58, r=0,41, відповідно) нижче. Значний внесок у структуроутворення цілинної та орної ділянок чорнозему звичайного неглибокого також належить амфіфільним властивостям – коефіцієнт кореляції дорівнює r=0,66, r=0,39, відповідно, менші значення коефіцієнтів кореляції спостерігаються між коефіцієнтом структурності ґрунту та ступенем гуміфікації (r=0,45 , r=0,35, відповідно) та вмістом гумусу (r=0,41, r=0,34, відповідно).

Аналіз статистичних даних, отриманих при обробці результатів досліду, дозволяє припустити, що формування структурно-агрегатного складу ґрунтів, як природних, так і агроекосистем, найбільшою мірою залежить від амфіфільних властивостей гумусу, його гідрофобності, що підтверджується значеннями коефіцієнта кореляції, а також свідчать про високий ступінь достовірності одержаних залежностей [15, с. 51].

Таким чином, коефіцієнт кореляції між структурністю та такими властивостями органічної речовини ґрунтів як вміст гумусу, ступінь його гуміфікації та амфіфільні властивості гумусу характеризує наявність помірної та середньої тісноти зв'язку між переліченими ознаками, причому його значення природних екосистем вище, ніж для агроекосистем. Позитивне значення коефіцієнта кореляції вказує на прямолінійну залежність при зміні однієї властивості (коефіцієнта структурності) ґрунту до зміни іншого (вміст гумусу, ступеню гуміфікації та ступеню гідрофобності).

Висновки. Експериментально встановлено різний ступінь залежності між коефіцієнтом структурності досліджуваних ґрунтів та основними якісними та кількісними показниками гумусу: його вмістом, якісним складом та амфіфільними властивостями.

Отримані значення коефіцієнту кореляції між коефіцієнтом структурності та ступенем гідрофобності виявилися вищими за коефіцієнти кореляції між коефіцієнтом структурності та вмістом гумусу, ступенем його гуміфікації, що дозволяє судити про провідну роль амфіфільних властивостей гумусу у формуванні ґрунтової структури досліджуваних ґрунтів лісостепової та степової зони, а також перехідної смуги між південним Лісостепом та північним Степом України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Чорний С.Г. Оцінка якості ґрунтів: навчальний посібник. Миколаїв: МНАУ, 2018. 233 с.
2. Агроекологічна оцінка ґрунтів : монографія / О. В. Телегуз, М. Г. Кіт ; Львів. нац. ун-т ім. Івана Франка. Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2013. 257 с.

3. Даугуль В., Алексенко А. Актуальні питання використання земель сільськогосподарського призначення органами місцевого самоврядування. Х. : Фактор, 2018. 176 с.
4. Гаськевич В. Г., Паньків З., Папіш І., Ямелинець Т. Ґрунти // Львівська область: природні умови і ресурси: монографія / [за заг. ред. М. М. Назарука]. Львів: Вид-во Старого Лева, 2018. С. 117–156.
5. Anthropogenic evolution of morphological features of chernozems Mykola Kovalov, Vita Reznichenko / New stages of development of modern science in Ukraine and EU countries: monograph / edited by authors. 7th ed. Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2019. pp. 86–107.
6. Ковальов М.М.,Топольний Ф.П., Малаховська В.О Органічна речовина ґрунту під впливом тривалого сільськогосподарського використання *Аграрні інновації. Рецензований науковий журнал.* № 17. 2023. Видавничий дім «Гельветика». С. 81–87.
7. Родючість ґрунтів: Моніторинг і управління / За ред. В.В. Медведєва. К.: Урожай, 1992. 246 с.
8. Якість ґрунту. Польовий опис ґрунту (ISO 25177:2008, IDT): ДСТУ ISO 25177:2015. [Чинний від 2016-04-01]. Харків: Технічний комітет стандартизації ТК 142 «Ґрунтознавство», 2016. 9 с. (Національні стандарти України).
9. Органічна речовина ґрунту: ДСТУ 4289 (ДСТУ 4289-2004). [Чинний від 2004-04-30]. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 14 с
10. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Вип. 7. Київ, 2000. 144 с.
11. Ковальов М.М.,Топольний Ф.П., Трикіна Н.М. Вплив способу використання чорноземів на їх фізичні властивості. *Аграрні інновації Рецензований науковий журнал.* № 16. 2022. Видавничий дім «Гельветика». С. 38–43.
12. Надточій П.П., Вольвач Ф.В., Гермашенко В.Г. Екологія ґрунту та його забруднення. Київ : Аграрна наука, 1997. 286 с.
13. Гамкало З. Г. Активна фаза органічної речовини ґрунту: генеза, роль, діагностика. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2003. № 64. С. 53–58.
14. Попірний М. А. Зміна якісних і спектроскопічних характеристик органічної речовини чорнозему типового за різних систем обробітку ґрунту. *Вісник аграрної науки.* 2016. Вип. 7. С. 65–68.
15. Яровий А. Т., Страхов Є. М.. Багатовимірний статистичний аналіз : начально-методичний посібник для студентів математичних та економічних фахів. Одеса: Астропринт, 2015. 132 с

REFERENCES:

1. Chornyi, S. H. (2018). *Otsinka yakosti gruntiv: navchalnyi posibnyk [Assessment of soil quality: a study guide].* Mykolaiv: Mykolaiv National Agrarian University [in Ukrainian].
2. Telehuz, O. V., & Kit M. H. (2013). *Ahroekolohichna otsinka gruntiv : monohrafiia [Agroecological assessment of soils: monograph].* Lviv: Lviv National University named after Ivan Franko [in Ukrainian].
3. Dauhul, V., & Aleksenko A. (2018*). Aktualni pytannia vykorystannia zemel silskohospodarskoho pryznachennia orhanamy mistsevoho samovriaduvannia [Actual issues of agricultural land use by local self-government bodies],* Kharkiv: Faktor [in Ukrainian].
4. Nazaruk, M. M. (Eds.). (2018). *Grunty. Lvivska oblast: pryrodni umovy i resursy: monohrafiia [Soils. Lviv region: natural conditions and resources: monograph].* Lviv: Stary Lev Publishing House [in Ukrainian].
5. Kovalov, Mykola., & Reznichenko, Vita. (2019). Anthropogenic evolution of morphological features of chernozems / New stages of development of modern science in Ukraine and EU countries: monograph / edited by authors. 7th ed. Riga, Latvia: “Baltija Publishing” 86–107 [in Latvian}.
6. Kovalov M. M., &Topolnyi F. P., & Malakhovska V. O. (2023). Orhanichna rechovyna gruntu pid vplyvom tryvaloho silskohospodarskoho vykorystannia [Soil organic matter as affected by long-term agricultural use] *Ahrarni innovatsii Retsenzovanyi naukovyi zhurnal – Agricultural Innovations Peer-reviewed scientific journal.* 17, 81–87 [in Ukrainian].
7. Medvediev, V. V. (Eds.). (1992). *Rodiuchist gruntiv: Monitorynh i upravlinnia [Soil fertility: Monitoring and management]*. Kyiv: Harvest [in Ukrainian].
8. Iakist gruntu. Polovyi opys gruntu (2004). *ISO 25177:2008, IDT: DSTU ISO 25177:2015 from 1th April 2016,* Kyiv: Natsionalni standarty Ukrainy [in Ukrainian].
9. Orhanichna rechovyna gruntu [Soil organic matter]. (2005). *DSTU 4289-2004 from 30th April 2004,* Kyiv: Derzhspozhivstandard of Ukraine [in Ukrainian].
10. Metodyka derzhavnoho sortovyprobuvannya sil’s’kohospodars’kykh kul’tur [Methods of state variety testing of crops]. (2000). Kyiv: Derzhstandart Ukraine [in Ukrainian].
11. Kovalov M. M. & Topolnyi F. P., & Trykina N. M. (2022). Vplyv sposobu vykorystannia chornozemiv na yikh fizychni vlastyvosti [The influence of the method of using chernozems on their physical properties]. *Ahrarni innovatsii Retsenzovanyi naukovyi zhurnal – Agricultural Innovations Peer-reviewed scientific journal.* 16, 38–43 [in Ukrainian].
12. Nadtochii, P. P., & Volvach, F. V., & Hermashenko V. H. (1997). *Ekolohiia gruntu ta yoho zabrudnennia [Ecology of the soil and its pollution],* Kyiv: Agrarian science [in Ukrainian].
13. Hamkalo, Z. H. (2003). Aktyvna faza orhanichnoi rechovyny gruntu : heneza, rol, diahnostyka [Active phase of soil organic matter: genesis, role, diagnosis]. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo – Agrochemistry and soil science*. 64, 53–58 [in Ukrainian].
14. Popirnyi, M. A. (2016). Zmina yakisnykh i spektroskopichnykh kharakterystyk orhanichnoi rechovyny chornozemu typovoho za riznykh system obrobitku gruntu [Changes in qualitative and spectroscopic characteristics of organic matter of typical chernozem under different tillage systems]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Herald of Agrarian Science.* 7, 65–68 [in Ukrainian].
15. Yarovyi A. T., Strakhov Ye. M. (2015). *Bahatovymirnyi statystychnyi analiz : nachalno-metodychnyi posibnyk dlia studentiv matematychnykh ta ekonomichnykh fakhiv [Multivariate statistical analysis: an introductory methodological guide for students of mathematics and economics]*. Odesa: Astroprint [in Ukrainian].

Ковальов М.М., Топольний Ф.П., Мащенко Ю.В.
Оцінка ступеня залежності структурного складу ґрунтів від вмісту і складу гумусу та амфіфільних компонентів їхнього гумусового складника

Деградація гумусного стану ґрунтів та зміна амфіфільних властивостей закономірно позначилося з їхньої структурно – агрегатному складі. **Метою** роботи було виявлення залежності між ґрунтовою структурою та складом гумусу ґрунтів чорноземного типу Кіровоградської області в межах природних (ліс, переліг) та агроекосистем (рілля). **Методи.** В процесі виконання роботи використовувались загальнонаукові та спеціальні методи досліджень: порівняльно-географічний, порівняльно-профільно-генетичний (відбір ґрунтових зразків пошарово); порівняльно-аналітичний (фізико-хімічні та агрохімічні дослідження, порівняльно-розрахунковий і статистичний (математична і статистична обробка експериментальних даних). **Результати.** Досить тривале сільськогосподарське використання ґрунтів в межах переходу південного Лісостепу у північний Степ супроводжується деградацією кількісного та якісного складу гумусу та погіршенням їх структурного складу. Структурний склад ґрунтів чорноземного типу в межах Кіровоградської області залежить не тільки від вмісту та фракційно – групового складу гумусу, а й від гідрофобно – гідрофільних властивостей ґрунтової органічної речовини. Аналіз статистичних даних, отриманих при обробці результатів досліду, дозволяє припустити, що формування структурно-агрегатного складу ґрунтів, як природних, так і агроекосистем, найбільшою мірою залежить від амфіфільних властивостей гумусу, його гідрофобності, що підтверджується значеннями коефіцієнта кореляції, а також свідчать про високий ступінь достовірності одержаних залежностей. **Висновки.** Комплексний аналіз отриманих значень коефіцієнту кореляції між структурністю та властивостями органічної речовини ґрунтів такими, як вміст гумусу, ступінь його гуміфікації з одного боку та амфіфільними властивостями гумусу з іншого боку, характеризує наявність помірної та середньої тісноти зв'язку між цими ознаками. Варто відмітити те, що значення коефіцієнта кореляції для природних екосистем вище, ніж для агроекосистем. Позитивне його значення вказує на прямолінійну залежність при зміні однієї властивості – коефіцієнта структурності ґрунту до зміни іншого – вмісту гумусу, ступеню гуміфікації та ступеню гідрофобності, що дуже потрібне у сільському господарстві регіону.

Ключові слова: ґрунти чорноземного типу, антропогенна трансформація, амфіфільні властивості гумусу.

Kovalev M.M., Topolnyi F.P., Mashchenko Yu.V.
Assessment of the degree of dependence of the structural composition of soils on the content and composition of humus and amphiphilic components of their humus component

Degradation of the humic state of soils and changes in amphiphilic properties naturally affected their structural and aggregate composition. **Purpose.** The aim of the work was to identify the dependence between the soil structure and humus composition of chernozem-type soils of the Kirovohrad region within natural (forest, fallow) and agro-ecosystems (arable land). **Methods.** In the process of performing the work, general scientific and special research methods were used: comparative-geographical, comparative-profile-genetic (selection of soil samples layer by layer); comparative-analytical (physical-chemical and agrochemical studies, comparative-calculation and statistical (mathematical and statistical processing of experimental data). **The results**. Long enough agricultural use of soils within the transition of the southern Forest Steppe to the northern Steppe is accompanied by the degradation of the quantitative and qualitative composition of humus and the deterioration of their structural composition. The structural composition of chernozem-type soils within the Kirovohrad region depends not only on the content and fractional-group composition of humus, but also on the hydrophobic-hydrophilic properties of soil organic matter. The analysis of statistical data obtained during the processing of the results of the experiment allows us to assume that the formation of the structural and aggregate composition of soils, both natural and agroecosystems, largely depends on the amphiphilic properties of humus, its hydrophobicity, which is confirmed by the values of the correlation coefficient, and also indicate a high the degree of reliability of the obtained dependencies. **Conclusions.** A comprehensive analysis of the obtained values of the correlation coefficient between the structure and properties of soil organic matter, such as the humus content, the degree of its humification on the one hand, and the amphiphilic properties of humus on the other hand, characterizes the presence of a moderate to medium close connection between these features. It is worth noting that the value of the correlation coefficient for natural ecosystems is higher than for agroecosystems. Its positive value indicates a linear dependence when changing one property of the soil structure factor to a change in humus content, the degree of humification, and the degree of hydrophobicity, which is very necessary in the agriculture of the region.

Key words: chernozem-type soils, anthropogenic transformation, amphiphilic properties of humus.

УДК 631.34:631.67:631.8:632 (477.7)
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.12

РЕЖИМ ЗРОШЕННЯ, ВОДОСПОЖИВАННЯ ТА СЕРЕДНЬОДОБОВЕ ВИПАРОВУВАННЯ ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТОВОГО СКЛАДУ, УДОБРЕННЯ ТА ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ РОСЛИН СОЇ ЗА ВИРОЩУВАННЯ НА ЗРОШУВАНИХ ЗЕМЛЯХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

КОКОВІХІНА О.С. – аспірантка
orcid.org/0000-0001-8711-549X
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Розуміння потреб посівів сої в зрошенні має вирішальне значення для ефективного управління водними ресурсами. Режими поливу допомагають визначити частоту, тривалість і кількість води, необхідної на різних стадіях росту. Вивчаючи ці фактори, фермери можуть оптимізувати використання води та запобігти надмірному чи недостатньому зрошенню, гарантуючи, що рослини отримають достатню кількість води для оптимального росту. Недостатнє водопостачання може призвести до стресу від посухи, зниження росту рослин і врожайності, а надлишок може призвести до заболочування, вимивання поживних речовин і підвищеної сприйнятливості до хвороб. Зводячи до ефективного мінімуму використання води та максимізуючи продуктивність сільськогосподарських культур, фермери можуть покращити прибутковість і зменшити виробничі витрати, пов'язані з нераціональним використанням води.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зрошувані сільськогосподарські землі відіграють важливу роль у стабілізації глобальної продовольчої безпеки, і хоча вони охоплюють лише близько одної п'ятої частини оброблюваних земель у світі, на них припадає приблизно сорок відсотків світового виробництва продуктів харчування [1]. Як вказують деякі літературні джерела недолік вологи є одним із широко поширених абіотичних факторів, що обмежують ріст і продуктивність основних сільськогосподарських культур у зрошуваному землеробстві [2]. Крім того, різка зміна клімату, висока температура та швидкість випаровування, а також рідкі та дуже мінливі опади ще більше загострюють проблеми стресу від посухи в зрошуваному землеробстві, що становить серйозну загрозу майбутній глобальній продовольчій безпеці [3]. Дефіцит води серйозно перешкоджає сталому розвитку системи вирощування багатьох культур, не лише сої [4], що підкреслює актуальність дослідження режимів зрошення, водоспоживання та середньодобового випаровування.

Матеріал і методи досліджень. Метою було описати режим зрошення сої на дослідних ділянках в роки проведення досліджень, створити баланс сумарного водоспоживання сортів з різних шарів ґрунту, розрахувати коефіцієнт водоспоживання залежно від досліджуваних факторів та евапотранспірацію досліджуваних сортів сої з шару ґрунту 0–50 см за місяцями та декадами вегетаційного періоду. Дослідження проводились упродовж 2019–2021 років на дослідному полі Інституту зрошуваного землеробства НААН. Польові досліди закладалися методом розщеплених ділянок у чотириразовій повторності, агротехніка вирощування насіння сої в дослідах була загальновизнаною для умов півдня України [5,6].

Результати досліджень. В поточних дослідженнях кількість поливів та зрошувальні норми коливались у широких межах залежно від передбачених схемою досліду строків припинення вегетаційних поливів та гідротермічних показників протягом вегетаційного періоду (табл. 1).

Максимальна кількість поливів – 6–9 була проведена в сухому 2019 р., при цьому зрошувальна норма у сортів Олешшя та Південна красуня підвищилася до 4050 м^3/га. У середньовологому 2021 р. за рахунок надходження великої кількості атмосферних опадів кількість поливів була мінімальною й змінювалась від 4 на сорті Ідеал до 6 на сортах Олешшя та Південна красуня. Відповідно зрошувальна норма зменшилась до 1800–2700 м^3/га.

Сумарне водоспоживання значною мірою змінювалось залежно від сортового складу, глибини шарів ґрунту – 0–50; 0–100; 0–200 см, а також від особливостей погодних умов в окремі роки проведення досліджень. Мінімальним, у межах 4114 м^3/га, цей показник виявився у шарі ґрунту 0–50 см, у середньо вологому 2021 р. за вирощування сорту Ідеал. Найбільше водоспоживання в діапазоні 6463–6487 м^3/га зафіксовано в шарі ґрунту 0–200 см за вирощування сортів Олешшя і Південна красуня у сухому 2019 р. Таким чином, проявилась закономірність зростання сумарного водоспоживання на 57,1–57,8% за глибиною розрахункового шару ґрунту, збільшення посушливості погодних умов на фоні дефіциту атмосферних опадів, а також за висівання насіння більш пізньостиглих сортів (Олешшя, Зоря Степу). Була відзначена тенденція підвищення витрат вологи з шару ґрунту 0–200 см, що свідчить про необхідність застосування масштабного зрошення способом дощування з великою кількістю поливів і значними зрошувальними нормами (табл. 2).

На сорті Ідеал сумарне водоспоживання, в середньому за роки, було найменшим і коливалось від 4451 (0–50 см) до 4838 м^3/га (0–200 см). Досліджуваний показник збільшився у варіанті з сортом Зоря Степу на 12,2–12,7% (до 5017–5430 м^3/га), а на сортах Олешшя й Південна красуня – на 28,5% (до 5717–6101 м^3/га), відповідно. В структурі складових елементів сумарного водоспоживання

Таблиця 1

Режим зрошення сої на дослідних ділянках в роки проведення досліджень залежно від сортового складу

Сорт	Кількість поливів	Зрошувальна норма, м³/га
2019 р.		
Ідеал	7	3150
Зоря Степу	8	3600
Олешшя	9	4050
Південна красуня	9	4050
2020 р.		
Ідеал	5	2250
Зоря Степу	6	2700
Олешшя	7	3150
Південна красуня	7	3150
2021 р.		
Ідеал	4	1800
Зоря Степу	5	2250
Олешшя	6	2700
Південна красуня	6	2700
Середнє за 2019–2021 рр.		
Ідеал	5	2400
Зоря Степу	6	2850
Олешшя	7	3300
Південна красуня	7	3300

Таблиця 2

Баланс сумарного водоспоживання сортів сої з різних шарів ґрунту та його складові елементи (середнє за 2019–2021 рр.)

Сорт	Шар ґрунту, см	Сумарне водоспоживання, м³/га	Складові сумарного водоспоживання					
			ґрунтова волога		корисні опади		зрошувальна норма	
			м³/га	%	м³/га	%	м³/га	%
Ідеал	0–50	4451	392	8,8	1660	37,8	2400	53,3
	0–100	4529	470	10,4	1660	37,2	2400	52,4
	0–200	4838	778	16,2	1660	34,7	2400	49,2
Зоря Степу	0–50	5017	405	8,1	1762	35,6	2850	56,4
	0–100	5121	508	9,9	1762	34,8	2850	55,2
	0–200	5430	818	15,1	1762	32,7	2850	52,2
Олешшя	0–50	5717	510	9,0	1907	33,6	3300	57,4
	0–100	5792	585	10,1	1907	33,2	3300	56,6
	0–200	6070	863	14,3	1907	31,6	3300	54,1
Південна красуня	0–50	5721	514	9,1	1907	33,6	3300	57,3
	0–100	5925	718	12,2	1907	32,3	3300	55,5
	0–200	6101	894	14,7	1907	31,5	3300	53,8

перевагу мала зрошувальна норма, яка знаходилась в межах від 49,2% (сорт Ідеал, шар ґрунту 0–200 см) до 57,4% (сорт Олешшя, шар ґрунту 0–50 см). Питома вага опадів найбільшої величини (37,8 і 37,2%) сягнула на сорті Ідеал в шарах ґрунту 0–50 і 0–100 см, а за вирощування сортів Олешшя і Південна красуня цей показник зменшився до 31,6 та 31,5%, відповідно. Найменшу питому вагу у сумарному водоспоживанні мала ґрунтова волога, найменшим цей показник, у середньому за роки досліджень, на рівні 8,1%, виявився у сорту Зоря Степу у шарі ґрунту 0–50 см. Його зростання до 16,2% відзначено у сорту Ідеал у шарі ґрунту 0–200 см.

Коефіцієнт водоспоживання (табл. 3) суттєво змінювався під впливом досліджуваних факторів та впливу погодних умов в окремі роки проведення досліджень, проявилась тенденція в усіх сполученнях факторів і варіантів зниження цього показника у сприятливому середньовологому 2021 р., порівняно з сухим 2019 р. Серед досліджуваних сортів в усі роки досліджень перевагу мав сорт Зоря Степу, в якого досліджуваний показник мав мінімальні значення. Також було виявлено істотне зниження коефіцієнту водоспоживання в усі роки досліджень за використання біодобрив Гуміфілд форте та Фосфат гель.

Таблиця 3

Коефіцієнт водоспоживання сортів сої залежно від сортового складу, удобрення та захисту рослин, м³/т (середнє за 2019–2021 рр.)

Сорт (фактор А)	Удобрення (фактор В)	Захист рослин (фактор С)			Середнє за факторами	
		контроль (обробка водою)	хімічний захист	біологічний захист	В	А
Ідеал	Контроль (обробка водою)	2274	1917	1924	2038	1652
	N_{60}	1724	1460	1582	1589	
	Гуміфілд форте	1651	1417	1480	1516	
	Фосфат гель	1604	1393	1394	1464	
Зоря Степу	Контроль (обробка водою)	1705	1452	1648	1601	1409
	N_{60}	1522	1304	1349	1392	
	Гуміфілд форте	1489	1280	1233	1334	
	Фосфат гель	1452	1250	1220	1307	
Олешшя	Контроль (обробка водою)	1916	1644	1820	1793	1522
	N_{60}	1694	1447	1502	1548	
	Гуміфілд форте	1580	1350	1316	1416	
	Фосфат гель	1470	1245	1278	1331	
Південна красуня	Контроль (обробка водою)	1972	1609	1757	1779	1547
	N_{60}	1766	1440	1488	1565	
	Гуміфілд форте	1728	1402	1412	1514	
	Фосфат гель	1641	1351	1386	1459	
Середнє за фактором С		1699	1435	1487		

Захист рослин мав пряму позитивну дію щодо зниження коефіцієнту водоспоживання у варіантах з біологічним та хімічним захистом, у середньому, в 2019 р. на 17,8–21,3%; 2020 р. – 7,9–15,7; 2021 р. – на 17,3–17,5%. Середні за роки досліджень дані коефіцієнту водоспоживання мали схожі закономірності цього показника, як і в окремі роки проведення досліджень (табл. 3). Найкраще споживання вологи на одиницю врожаю насіння (1220 м³/т) одержали у варіанті з сортом Зоря Степу за використання біопрепарату Фосфат гель та дотриманні біологічного захисту рослин. Зростання цього показника в 1,9 рази (до 2274 м³/т) зафіксовано у варіанті з сортом Ідеал без добрив і без захисту рослин. В середньому по сортовому складу (фактор А) вирощування сорту Зоря Степу сприяло одержанню найменшого коефіцієнта водоспоживання – на рівні 1409 м³/т. На інших сортах цей показник збільшився, відповідно: на сорті Ідеал – на 17,3%; на сорті Олешшя – на 8,0; на сорті Південна красуня – на 9,8%. Захист рослин сприяв сталому зниженню коефіцієнта водоспоживання. Так, за біологічного захисту цей показник зменшився порівняно з контролем (обробка водою) на 14,3%, а за хімічного – на 18,4%. Різниця між хімічним і біологічним захистом становила 4,1% з перевагою першого. Також було встановлено, що середньодобове випаровування з шару ґрунту 0–50 см змінювалось в широких межах залежно від сортового складу, фаз розвитку рослин, умов зволоження та сортового складу (табл. 4).

На початку та на момент завершення вегетації досліджуваної культури проявились мінімальні показники середньодобового випаровування – 9,9; 12,1; 13,9 м³/га/добу. У червні відзначено його зростання на всіх сортах. Слід зауважити, що на ранньостиглому сорті Ідеал середньодобове випаровування у червні перевищило інші сорти на 9,8–61,4%. В подальшому перевагу мали середньостиглі сорти Олешшя та Південна красуня. Максимальним (85,3 м³/га/добу) цей показник виявився у сорту Олешшя в другу декаду липня. Також дуже високий рівень середньодобового випарування, в межах від 82,7 до 84,4 м³/га/добу, проявився у сорту Південна красуня у другу та третю декади липня. У середньому за вегетаційний період мінімальне середньодобове випаровування (36,1 м³/га/добу) було у варіанті з сортом Ідеал. У сорту Зоря Степу воно підвищилось на 4,6% (до 37,8 м³/га/добу), а максимальної величини набуло у сортів – 42,3–42,7 м³/га/добу, що більше за перший сорт на 17,2–18,3%.

Висновки. Сумарне водоспоживання у шарі ґрунту 0–50 см зменшилось до 4114 м³/га у 2021 р. у варіанті з сортом Ідеал, а найбільшим, в межах 6463–6487 м³/га, цей показник виявився в шарі ґрунту 0–200 см у варіантах з середньостиглими сортами Олешшя і Південна красуня у 2019 р. В структурі складових елементів сумарного водоспоживання перевагу мала зрошувальна норма, яка коливалась у межах від 49,2 до 57,4%. Мінімальну частку цього показника займала ґрунтова волога – 8,1–16,2%. Коефіцієнт водоспоживання за вирощування

Таблиця 4

Евапотранспірація досліджуваних сортів сої з шару ґрунту 0–50 см за місяцями та декадами вегетаційного періоду, м³/га за добу (середнє за 2019–2021 рр.)

Місяць	Декади	Сорти			
		Ідеал	Зоря Степу	Олешшя	Південна красуня
Травень	3	9,9	9,9	9,9	9,9
Червень	1	18,8	16,1	13,5	13,7
	2	24,7	22,5	15,3	17,5
	3	46,3	40,5	35,3	39,6
Липень	1	46,3	42,9	75,3	73,1
	2	46,3	44,6	85,3	82,7
	3	56,3	56,7	73,2	84,4
Серпень	1	55,7	63,5	62,0	59,9
	2	33,8	45,2	34,5	29,6
	3	23,0	35,6	18,7	16,5
Вересень	1	–	28,5	15,3	17,1
	2	–	–	12,1	13,9
Середнє за вегетаційний період		36,1	37,8	42,3	42,7

насіння сої мав мінімальні значення у сорту Зоря Степу. Застосування добрив та захисту рослин обумовили стале зниження коефіцієнту водоспоживання за вирощування усіх досліджуваних сортів сої, у середньому по факторах, на 7,3–49,9 та 7,9–21,3%, відповідно. Середньодобове випаровування (евапотранспірація) з шару ґрунту 0–50 см найменші показники (9,9–13,9 м³/га/добу) мало на початку вегетаційного періоду сої. Найбільша величина цього показника, на рівні 85,3 м³/га/добу, зафіксована на ділянках у сорту Олешшя в другу декаду липня. Також високий рівень середньодобового випарування, в межах від 82,7 до 84,4 м³/га/добу, проявився у сорту Південна красуня, а у сорту Ідеал сягнув найменшої величини – 36,1 м³/га/добу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Elmetwalli A. et al. Potential of hyperspectral and thermal proximal sensing for estimating growth performance and yield of soybean exposed to different drip irrigation regimes under arid conditions. *Sensors.* 2020. Vol. 20(22):6569. DOI: https://doi.org/10.3390/s20226569.
2. El-Hendawy S. et al. Comparative performance of spectral reflectance indices and multivariate modeling for assessing agronomic parameters in advanced spring wheat lines under two contrasting irrigation regimes. *Frontiers in Plant Science*. 2019. Vol. 10, 1537. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01537.
3. Lei, Y., Zhang, H., Chen, F. and Zhang, L. How rural land use management facilitates drought risk adaptation in a changing climate – A case study in arid northern China. *Science of The Total Environment*. 2016. Vol. 550. P. 192–199. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.098
4. Zheng C. et al. Effects of mulch and irrigation regimes on water distribution and root competition in an apple–soybean intercropping system in Loess Plateau, China. Agricultural Water Management. 2021. *Agricultural Water Management*. Vol. 246. DOI: https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106656
5. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Методика польового досліду (Зрошуване землеробство). Херсон: Грінь Д.С., 2014. 448 с.
6. Ушкаренко В. О., Нікішенко В. Л., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві. Херсон: Айлант, 2008. 272 с.

REFERENCES:

1. Elmetwalli, A. et al. (2020). Potential of hyperspectral and thermal proximal sensing for estimating growth performance and yield of soybean exposed to different drip irrigation regimes under arid conditions. *Sensors, 20(22):6569*. DOI: https://doi.org/10.3390/s20226569
2. El-Hendawy, S. et al. (2019). Comparative performance of spectral reflectance indices and multivariate modeling for assessing agronomic parameters in advanced spring wheat lines under two contrasting irrigation regimes. *Frontiers in Plant Science, 10, 1537*. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01537
3. Lei, Y., Zhang, H., Chen, F., & Zhang, L. (2016). How rural land use management facilitates drought risk adaptation in a changing climate – A case study in arid northern China. *Science of The Total Environment, 550, 192–199*. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.098
4. Zheng, C. et al. (2021). Effects of mulch and irrigation regimes on water distribution and root competition in an apple–soybean intercropping system in Loess Plateau, China. *Agricultural Water Management, 246, 106656*. DOI: https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106656
5. Ushkarenko, V.O., Vozhehova, R.A., Holoborodko, S.P., & Kokovikhin, S.V. (2014). *Metodyka polovoho doslidu (Zroshuvane zemlerobstvo) [Methodology of field experiment (Irrigated agriculture)]*. Kherson: Grin D.S. [in Ukrainian].
6. Ushkarenko, V.O., Nikishenko, V.L., Holoborodko, S.P. & Kokovikhin, S. V. (2008). *Dyspersiynyy i korelyatsiynyy analiz u zemlerobstvi ta roslynnytstvi [Dispersion and correlation analysis in agriculture and crop production]*. Kherson: Ailant [in Ukrainian].

Коковіхіна О.С. Режим зрошення, водоспоживання та середньодобове випаровування залежно від сортового складу, удобрення та засобів захисту рослин сої за вирощування на зрошуваних землях Півдня України

Мета. Описати режим зрошення сої, створити баланс сумарного водоспоживання, розрахувати коефіцієнт водоспоживання залежно від досліджуваних факторів та евапотранспірацію досліджуваних сортів сої з шару ґрунту 0–50 см за місяцями та декадами вегетаційного періоду. **Результати**. Сумарне водоспоживання у шарі ґрунту 0–50 см зменшилось до 4114 м^3/га у 2021 р. у варіанті з сортом Ідеал, а найбільшим, в межах 6463–6487 м^3/га, цей показник виявився в шарі ґрунту 0–200 см у варіантах з середньостиглими сортами Олешшя і Південна красуня у 2019 р. Таким чином, проявилась закономірність зростання сумарного водоспоживання на 57,1–57,8% за глибиною розрахункового шару ґрунту, збільшення посушливості погодних умов на фоні дефіциту атмосферних опадів, а також за висівання насіння більш пізньостиглих сортів (Олешшя, Зоря Степу). Коефіцієнт водоспоживання за вирощування насіння сої мав мінімальні значення у сорту Зоря Степу. Застосування добрив та захисту рослин обумовили стале зниження коефіцієнту водоспоживання за вирощування усіх досліджуваних сортів сої, у середньому по факторах, на 7,3–49,9 та 7,9–21,3%, відповідно. Захист рослин мав пряму позитивну дію щодо зниження коефіцієнту водоспоживання у варіантах з біологічним та хімічним захистом, у середньому, в 2019 р. на 17,8–21,3%; 2020 р. – 7,9–15,7; 2021 р. – на 17,3–17,5%. Середні за роки досліджень дані коефіцієнту водоспоживання мали схожі закономірності цього показника, як і в окремі роки проведення досліджень. Середньодобове випаровування (евапотранспірація) з шару ґрунту 0–50 см найменші показники (9,9–13,9 м^3/га/добу) мало на початку вегетаційного періоду. Найбільша величина, на рівні 85,3 м^3/га/добу, зафіксована на ділянках у сорту Олешшя в другу декаду липня, найнижча у сорту Ідеал – 36,1 м^3/га/добу. **Висновки**. У ході роботи було описано режим зрошення досліджуваних сортів сої, баланс сумарного водоспоживання, коефіцієнт водоспоживання та евапотранспірація. Дані містять наукову та практичну цінність, інформуючи про ці важливі показники у всіх чотирьох сортів, які можуть вирощуватись на Півдні України.

Ключові слова: соя, зрошення, водоспоживання, середньодобове випаровування, евапотранспірація, сорт, насіння, захист рослин, удобрення

Kokovikhina O.S. Irrigation mode, water consumption and average daily evaporation depending on the variety composition, fertilizer and protection system of soybean plants for cultivation on irrigated lands of the South of Ukraine

Goal. The goal was to describe the soybean irrigation regime, create a balance of total water consumption, calculate the water consumption coefficient depending on the studied factors and evapotranspiration of the studied soybean varieties from the soil layer 0–50 cm by months and decades of growing season. **The results.** The total water consumption in the soil layer 0–50 cm decreased to 4114 m^3/ha in 2021 in the variant with the Ideal variety, and this indicator was the largest, within the range of 6463–6487 m^3/ha, in the soil layer 0–200 cm in the variants with medium-ripening varieties Oleshshya and Pivdenna krasunya in 2019. The regularity of the growth of total water consumption by 57.1–57.8% according to the depth of the calculated soil layer, the increase in the aridity of weather conditions against the background of the lack of atmospheric precipitation, as well as the sowing of seeds of later ripening varieties (Oleshshya, Zorya Stepu) was revealed. The coefficient of water consumption for the cultivation of soybean seeds had minimal values in Zorya Stepu variety. The use of fertilizers and plant protection led to a steady decrease in the water consumption ratio for the cultivation of all investigated soybean varieties, on average by factors, by 7.3–49.9 and 7.9–21.3%, respectively. Plant protection had a direct positive effect on reducing the water consumption ratio in options with biological and chemical protection, on average, in 2019 by 17.8–21.3%; 2020 – 7.9–15.7; 2021 – by 17.3–17.5%. The average data of the water consumption coefficient for the years of research had similar patterns of this indicator, as well as in individual years of research. Average daily evaporation (evapotranspiration) from the 0–50 cm soil layer had the lowest values (9.9–13.9 m^3/ha/day) at the beginning of the growing season. The highest value, at the level of 85.3 m^3/ha/day, was recorded in the plots of Oleshsha variety in the second decade of July, the lowest value in Ideal variety was 36.1 m^3/ha/day. **Conclusions.** In the course of this article, the irrigation regime of the investigated soybean varieties, the balance of total water consumption, the coefficient of water consumption and evapotranspiration were described. The data contain scientific and practical value, informing about these important indicators in all four varieties that can be grown in the South of Ukraine.

Key words: soybean, irrigation, water consumption, average daily evaporation, evapotranspiration, variety, seeds, plant protection, fertilization.

УДК 631.86: 631.521.54: 632.954
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.13

ФОРМУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СТРУКТУРИ ВРОЖАЮ СОЇ ПІД ВПЛИВОМ ГЕРБІЦИДНОГО ЗАХИСТУ У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

МОСТИПАН О.В. – здобувач ступеня доктора філософії
orcid.org/0000-0002-0743-7008
Білоцерківський національний аграрний університет
ГРАБОВСЬКИЙ М.Б. – доктор сільськогосподарських наук, професор
orcid.org/0000-0002-8494-7896
Білоцерківський національний аграрний університет

Постановка проблеми. На сьогоднішній день соя (Glycine max) є однією з найбільш економічно важливих сільськогосподарських культур. Вона також забезпечує більше 25% світової потреби у білку при виробництві продуктів харчування і кормів для тварин [1]. Разом із зростанням кількості населення на планеті попит на сою поступово зростає [2]. Статистичні дані показали, що світове виробництво сої збільшилося приблизно в 13 разів з 1961 по 2017 рік [3]. Хоча це збільшення врожайності частково пояснюється селекційними досягненнями, основним фактором, що сприяє цьому є збільшення посівних площ цієї культури [4].

Завдяки симбіозу з бульбочковими бактеріями на коренях, соя може фіксувати до 400 кг/га азоту та залишати близько третини його наступним культурам. Але всі ці властивості знаходяться в постійній загрозі, оскільки для розвитку повноцінної, ефективної кореневої системи рослині заважають багато чинників, зокрема, несприятливі погодні умови та конкуренція з бур'янами [5]. Залежно від видового складу бур'янів показники врожайності сої можуть знижуватись від 10 до 40%. Протягом перших 40–50 днів вегетації культури бур'яни є серйозним конкурентом у боротьбі за основні елементи живлення, тому що вони ростуть значно швидше та пригнічують розвиток рослин сої [6]. Рівень забур'яненості посівів, сорт, гідротермічний ресурс регіону впливають на процес росту і розвитку рослин сої та формування її продуктивності. Негативний вплив сегетальної рослинності на ріст та розвиток культури має різносторонній характер, але основна шкода від засміченості посівів полягає в суттєвому зниженні урожайності та погіршенні якості продукції [7]. Тому для захисту посівів сої від небажаної сегетальної рослинності необхідно застосовувати відповідні заходи захисту, важливу роль серед яких відіграють гербіциди.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В розвинутих країнах, таких як Сполучені Штати Америки, Канада, Європейський Союз, Австралія та Японія, хімічна боротьба з бур'янами за допомогою внесення гербіцидів є перевагою через високу ефективність та скорочення витрат [8]. В останні роки використання гербіцидів для боротьби з бур'янами зросло в регіонах, що розвиваються, включаючи Китай, Індію та країни Африки [9]. Це пояснюється необхідністю підвищити врожайність сільськогосподарських культур і економією робочої сили та енергії [10].

Найкращі результати у посівах сої дає застосування двох гербіцидних обробітків: досходового (ґрунтового) та післясходового у стадії розвиненого трійчастого листка (BBCH 12-25). Після появи сходів сої, поки вони не досягнуть висоти близько 15 см, можна проводити боронування але за посушливих умов його не варто застосовувати [11]. Через обмежені ефективні варіанти застосування післясходових гербіцидів на сої, використання досходових гербіцидів стало стандартною рекомендацією для боротьби з бур'янами в США [12].

В умовах високої забур'яненості ґрунтові гербіциди дають змогу значно знизити чисельність бур'янів у агроценозах ще до сходів рослин культури, тим самим знижуючи шкідливість бур'янів у перші періоди росту та розвитку культури. Також при цьому знімається питання фазової резистентності бур'янів до гербіцидів, що часто спостерігається при внесенні післясходових гербіцидів [13].

Так, в умовах Житомирської області встановлено ефективність ґрунтових гербіцидів у зменшенні чисельності бур'янів у посівах сої. Внесення гербіцидів Зенкор Ліквід (0,5 л/га) та Основа (1,5 л/га) сприяло зменшенню кількості бур'янів порівняно з контролем на 14 добу після застосування препаратів у 4,4 та 5,2 рази, на 28 добу – у 3,8 та 4,9 рази, а перед збиранням урожаю – у 2,8 та 3,5 рази відповідно. Сумісне застосування гербіцидів Зенкор Ліквід у нормі внесення 0,5 л/га та Основа з нормою внесення 1,5 л/га дає можливість знизити кількість дводольних та злакових бур'янів на початку вегетаційного періоду у посівах сої у 14,3–7,2 рази відповідно [6].

За промислової та No-till систем землеробства найвища ефективність дії ґрунтових гербіцидів та, відповідно, найменший рівень забур'яненості посівів культури, був при застосуванні їх бакової суміші у період до появи сходів [14].

Дослідженнями О. Л. Панасенко [15] було встановлено, що внесення грунтових гербіцидів істотно пригнічує біологічну активність ґрунту, особливо в перші фази розвитку рослин. Найбільш інтенсивне зменшення цього показника відмічалось після внесення Екстрему (2 л/га). Внесення післясходових гербіцидів на фоні цього ґрунтового гербіциду вело до подальшого зменшення біологічної активності ґрунту. Разом з тим встановлено, що зміни в біологічній активності ґрунту не приводили до погіршення врожайності та якості зерна сої. В середньому за три роки найбільш високий врожай зерна сої (1,61 т/га) було отримано під час поєднання ґрунтового гербіциду Екстрем (2 л/га) та післясходового Фюзілад форте (1 л/га).

Останнім часом при вирощуванні сої здебільшого застосовують післясходові гербіциди [16–17]. Для їх

якісного використання слід дотримуватися строків внесення препаратів (від появи 1-го до 3-го трійчастих листків сої). Ефективність післясходових препаратів значно зростає за їх використання в бакових сумішах. При цьому розширюється спектр дії препаратів та знижується поява резистентності бур'янів до окремих із них [18].

За змішаного типу забур'яненості бакові суміші гербіцидів Базагран, Хармоні 75 і Фюзілад форте 150 ЕС були найбільш ефективні в боротьбі з бур'янами на посівах сої, особливо в нормах відповідно 1,25 л/га + 3,5 г/га + 0,8 л/га. Застосування в посівах сої бакових композицій з цих гербіцидів забезпечило найвищий рівень врожайності та найбільші величини морфологічних ознак і елементів продуктивності культури [19].

Найбільший фітотоксичний вплив на бур'яни відмічено на варіанті із застосуванням гербіцидів Фронтьєр Оптіма (1,0 л/га) та Корум (1,5 л/га + ПАР Метолат 1,0 л/га). Такий якісний контроль небажаної рослинності забезпечив формування урожайності сої в середньому за три роки досліджень на рівні 2,94 т/га [20].

В умовах Північного Степу України максимальні результати у боротьбі з бур'янами забезпечили бакові суміші гербіцидів Гармонія (8–10 г/га) + Комманд (0,20–0,25 л/га) + Тренд (300 мл/га). Що дозволило зберегти від 0,81 до 1,01 т/га зерна сої порівняно з контролем без гербіцидів [21].

Після застосування композиції гербіцидів Фронтьєр Оптима + Корум + ПАР Метолат + Квантум Молібден Хелат посилювалася фітотоксична дія на бур'яни, а рослини сої згодом краще росли і розвивалися. Урожайність насіння сої, де застосовували гербіциди, порівняно з контролем була в середньому: за використання гербіциду Фронтьєр Оптима (1,0 л/га) – 2,09 т/га, Корум (1,5 л/га) – 2,57 т/га, а при застосуванні Фронтьєр Оптима + Корум + ПАР Метолат + Квантум Молібден Хелат – 2,78 т/га [22].

В той же час за змішаного типу забур'яненості агроценозів, максимальне знищення бур'янів забезпечується поєднанням гербіцидів ґрунтової дії з післясходовою обробкою посівів. Спектр дії гербіцидів також істотно поширюється при обприскуванні посівів сої у фазі 1–3 трійчастих листків сої баковими сумішами гербіцидів, які володіють різним механізмом дії. Для зниження вартості хімічного контролю бур'янів та зменшення гербіцидного навантаження на навколишнє середовище післясходові гербіциди на посівах сої доцільно вносити разом з ад'ювантами [23].

Індивідуальна продуктивність рослин сої залежить від забезпечення їх факторами життя, що впливає на зміну основних елементів структури урожаю: кількість бобів на одній рослині, кількість насінин в бобі, масу насіння з однієї рослини та масу 1000 насінин. Раціональне співвідношення агротехнічних і гідротермічних умов забезпечує високу продуктивність рослин сої [24].

Встановлено, що сорт, норми висіву та способи догляду за посівами суттєво впливають на продуктивність сої. Залежно від цих факторів змінюється кількість сформованих рослиною бобів, насінин, їх маса, висота прикріплення першого боба, а також маса 1000 насінин [25]. Сорти інтенсивного типу вимогливіші до умов живлення і лише за оптимального збалансованого забезпечення поживними речовинами здатні утворювати високу зернову продуктивність [26].

Сучасні гербіциди здебільшого мають вузький спектр дії на різні види бур'янів, лише окрема їх частина ефективно впливає на малорічні однодольні та дводольні види, але при цьому повного їх знищення не досягається. Розширення спектру дії гербіцидів можна досягнути шляхом застосування бакових сумішей. Саме тому актуальним є дослідження, конкурентного взаємовпливу в агрофітоценозі сої та біологічної ефективності гербіцидів при сумісному їх використанні, з розробкою нових гербіцидних композицій, які проявляли б синергізм та високу вибірковість до сої [27].

Метою наших досліджень було вивчення впливу гербіцидного захисту на формування елементів структури врожаю сортів сої.

Матеріал та методика досліджень. Дослідження проводилися в 2021–2022 рр. в умовах ТОВ «Саварське» Обухівського району Київської області. Схема досліду. Фактор А. Сорти сої. 1. Ауреліна 2. ЕС Командор 3. ЕС Навігатор Фактор В. Гербіциди. 1. Контроль (обробка водою) 2. Примекстра TZ Голд 500 sc, к. с. (4,5 л/га), до появи сходів культури 3. Фронтьєр Оптіма (1,2 л/га) + Стомп 330 (5л/га), до появи сходів культури 4. Базагран (3л/га) + Фюзілад Форте 150 ЕС, к. е. (1 л/га) у фазі 4–5 листків культури 5. Корум (2л/га)+ Ачіба (2 л/га), у фазі 2–4 листки культури. Загальна площа елементарної ділянки – 144 м^2, облікової – 120 м^2. Повторність досліду триразова.

Обробку посівів сої проводили до появи сходів культури та у період вегетації (2-5 листків) шляхом застосування робочого розчину гербіцидів (250 л/га) на дослідних ділянках. На контрольних варіантах проводили обробку посівів водою з розрахунку 250 л/га у період коли проводили внесення гербіцидів.

Грунт дослідних ділянок – чорнозем типовий середньосуглинковий. Вміст гумусу – 2,56%, легкогідролізованого азоту – 145 мг/кг, рухомого фосфору – 167 мг/кг, обмінного калію – 178 мг/кг. Ступінь кислотності грунту pH – 6,1. Елементи структури врожаю визначали за «Методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур» [28]. При цьому підраховували висоту прикріплення першого боба, кількість бобів на рослині, кількість насінин з однієї рослини, маса насіння з однієї рослини, маса 1000 насінин.

В 2021 році погодні умови були сприятливі для росту, розвитку та формування продуктивності сої. В окремі місяці (травень і липень) було відмічено на 63 і 78% більше опадів, порівняно з середньобагаторічними даними. В 2022 році в травні і червені спостерігалась повітряна і ґрунтова посуха, а надлишок опадів був лише у вересні (112,6 мм) і цей рік по кліматичних показниках був несприятливим для сої. Аналіз отриманих даних був проведений за допомогою методів дисперсійного та варіаційного аналізу комп'ютерними програмами Microsoft Excel та Статистика 12,0.

Результати досліджень. На основі аналізу показників елементів структури врожаю сої встановлено, що

на їх значення впливали сортові особливості, погодні умови та застосування гербіцидів. Найвище значення висоти прикріплення першого боба, в середньому за роки досліджень, було у сорту Ауреліна – 12–14 см а у сортів ЕС Командор і ЕС Навігатор цей показник становив 11–13 і 11–14 см (табл. 1–3). У 2021 р. висота прикріплення першого боба в досліджуваних сортів коливалась від 12 до 16 см а у 2022 р. від 9 до 12 см, що на 14,2–28,6% менше.

В середньому за два роки на варіантах з обробкою посівів сої водою (контроль) в сортів Ауреліна і ЕС Навігатор висота прикріплення першого боба становила 14 см, а ЕС Командор – 13 см.

На варіантах з використанням ґрунтового препарату Примекстра TZ Голд (4,5 л/га) цей показник був на рівні 11 см у всіх досліджуваних сортів. При застосуванні другого (Фронтьєр Оптіма (1,2 л/га) + Стомп 330 (5 л/га)), третього (Базагран (3 л/га) + Фюзілад Форте (1 л/га)) і четвертого (Корум (2 л/га) + Ачіба (2 л/га)) варіантів гербіцидного захисту висота прикріплення перших бобів була в межах 11–13 см. Різниця між варіантами з внесенням гербіцидів в роки досліджень була недостовірною ($НІР_{05}$ в 2021 р. 1,4 см, в 2022 р. – 1,2 см). Відмічено зменшення висоти прикріплення першого боба на 1–3 см при застосуванні гербіцидів, порівняно з контролем.

Кількість бобів на рослині, як важливий елемент індивідуальної продуктивності досліджуваних сортів сої, зумовлює продуктивність рослини в цілому, беручи участь у формуванні врожаю. На нього впливають такі чинники, як: сорт, інокуляція та хелатні мікродобрива [29]. З усіх складових структури урожайності сої, кількість бобів на рослині є найбільш нестабільним показником, вона може змінюватись від 10 до 500 шт., залежно від впливу різних факторів. У пазусі листка формується від 3 до 35 квіток, проте через велику абортивність (36–81%), яка пов'язана зі стресовими факторами довкілля та індивідуального розвитку рослини, може сформуватись до 12 шт., а у верхівковій китиці до 30 шт. [24].

Нашими дослідженнями встановлено, що максимальну кількість бобів з рослини було отримано в умовах сприятливого для росту й розвитку сої 2021 р. – 12–29, 12–32 і 15–35 шт., відповідно у сортів Ауреліна, ЕС Командор і ЕС Навігатор. В умовах спекотного та посушливого 2022 р. значення цього показника зменшилися на 15,6–32,4% та становили залежно від сорту 10–25 шт. В середньому за два роки найвища кількість бобів на рослині була у сорту ЕС Навігатор (24 шт.).

На контрольних варіантах кількість бобів на рослині становила 11–13 шт., внесення гербіциду Примекстра TZ Голд (4,5 л/га) сприяло збільшенню цього показника у досліджуваних сортів на 9–11 шт.

Таблиця 1

Елементи структури врожаю у сорту сої Ауреліна в роки досліджень

Варіант досліду	Висота прикріплення першого боба, см	Кількість бобів на рослині, шт.	Кількість насінин з однієї рослини, шт.	Маса насіння з однієї рослини, г	Маса 1000 насінин, г
2021 р.					
Контроль	15	12	24	3,4	142
Примекстра TZ Голд (4,5 л/га)	13	22	42	7,6	180
Фронтьєр Оптіма (1,2л/га) + Стомп 330 (5 л/га)	14	26	48	9,0	187
Базагран (3л/га) + Фюзілад Форте (1 л/га)	14	28	52	10,0	192
Корум (2 л/га) + Ачіба (2 л/га)	14	29	54	10,7	198
$НІР_{0,5}$	1,4	1,5	1,6	0,4	2,5
2022 р.					
Контроль	12	10	22	2,7	121
Примекстра TZ Голд (4,5 л/га)	10	18	36	5,6	156
Фронтьєр Оптіма (1,2л/га) + Стомп 330 (5 л/га)	10	19	40	6,7	168
Базагран (3 л/га) + Фюзілад Форте (1 л/га)	11	22	45	7,7	171
Корум (2 л/га) + Ачіба (2 л/га)	10	23	46	7,9	172
$НІР_{0,5}$	1,2	1,0	1,3	0,3	2,3
середнє за 2021–2022 рр.					
Контроль	14	11	23	3,0	132
Примекстра TZ Голд (4,5 л/га)	12	20	39	6,6	168
Фронтьєр Оптіма (1,2л/га) + Стомп 330 (5 л/га)	12	23	44	7,8	178
Базагран (3л/га) + Фюзілад Форте (1 л/га)	13	25	49	8,8	182
Корум (2 л/га) + Ачіба (2 л/га)	12	26	50	9,3	185

Таблиця 2

Елементи структури врожаю у сорту сої ЕС Командор в роки досліджень

Варіант досліду	Висота прикріплення першого боба, см	Кількість бобів на рослині, шт.	Кількість насінин з однієї рослини, шт.	Маса насіння з однієї рослини, г	Маса 1000 насінин, г
2021 р.					
Контроль	14	12	27	3,9	146
Примекстра TZ Голд (4,5 л/га)	12	24	44	7,7	176
Фронтьєр Оптіма (1,2 л/га) + Стомп 330 (5 л/га)	12	27	49	9,1	186
Базагран (3 л/га) + Фюзілад Форте (1 л/га)	12	30	52	9,9	190
Корум (2 л/га) + Ачіба (2 л/га)	12	32	54	10,6	196
$НІР_{0,5}$	1,4	1,5	1,6	0,4	2,5
2022 р.					
Контроль	12	10	21	2,6	126
Примекстра TZ Голд (4,5 л/га)	10	19	39	6,0	154
Фронтьєр Оптіма (1,2 л/га) + Стомп 330 (5 л/га)	10	21	42	7,3	173
Базагран (3 л/га) + Фюзілад Форте (1 л/га)	11	23	45	8,0	178
Корум (2 л/га) + Ачіба (2 л/га)	11	23	45	8,1	180
$НІР_{0,5}$	1,2	1,0	1,3	0,3	2,3
середнє за 2021–2022 рр.					
Контроль	13	11	24	3,3	136
Примекстра TZ Голд (4,5 л/га)	11	22	42	6,9	165
Фронтьєр Оптіма (1,2 л/га) + Стомп 330 (5 л/га)	11	24	46	8,2	180
Базагран (3 л/га) + Фюзілад Форте (1 л/га)	12	27	49	8,9	184
Корум (2 л/га) + Ачіба (2 л/га)	12	28	50	9,3	188

Застосування у технології вирощування сої ґрунтових препаратів Фронтьєр Оптіма (1,2 л/га) і Стомп 330 (5 л/га) дозволило збільшити кількість бобів на рослині від 11 до 13 шт. При використанні післясходових гербіцидів Базагран (3 л/га) і Фюзілад Форте (1 л/га) та Корум (2 л/га) і Ачіба (2 л/га) зростання кількості бобів на рослині було в межах 14–16 і 15–17 шт., порівняно з контролем.

Кількість насінин з однієї рослини є надзвичайно важливим для дослідження сої, стимулюючи пошук шляхів прискореного розмноження насіння, адже об'єми виробництва насіння даної культури не задовольняють повною мірою потреб сільськогосподарських виробників [29]. Формування показника кількості насінин з однієї рослини у досліджуваних сортів відбувалося аналогічно кількості бобів на рослині. У сорту Ауреліна в середньому за два роки на одній рослині формувалося від 23 шт. (контроль) до 50 шт. (Корум (2 л/га) + Ачіба (2 л/га)). У сортів ЕС Командор і ЕС Навігатор на вказаних варіантах досліду кількість насінин з однієї рослини становила 24 і 50 шт. та 27 і 50 шт. В 2021 р. значення цього показника були в межах 24–54, 27–54 і 30–56 шт., відповідно у сортів Ауреліна, ЕС Командор і ЕС Навігатор. В 2022 р. вони зменшилися на 8,3–27,4% до 22–46, 21–45 і 24–44 шт.

Найменша кількість насінин сформувалась на одній рослині на контрольних варіантах 23, 24 і 27 шт., відповідно у сорту Ауреліна, ЕС Командор, ЕС Навігатор. За використання гербіциду Примекстра TZ Голд (4,5 л/га) кількість насінин з однієї рослини зростала на 15–18 шт., Фронтьєр Оптіма (1,2 л/га) + Стомп 330 (5 л/га) – 19–22 шт., Базагран (3 л/га) + Фюзілад Форте (1 л/га) – 21–26 шт. і Корум (2 л/га) + Ачіба (2 л/га) – 23–27 шт.

Маса насіння з однієї рослини в 2021 р. у сортів Ауреліна, ЕС Командор і ЕС Навігатор була в межах 3,4–10,7, 3,9–10,6 і 4,8–10,9 г. В 2022 р. під впливом несприятливих абіотичних факторів відбулося зменшення цього показника на 18,8–32,9%, порівно з попереднім роком.

У сорту Ауреліна маса насіння з однієї рослини в середньому за два роки коливалась в межах від 3,0 до 9,3 г а у сортів ЕС Командор і ЕС Навігатор від 3,3 до 9,3 г і від 4,1 до 9,2 г.

На варіантах з обробкою посівів сої водою (контроль) маса насіння з однієї рослини становила у сорту Ауреліна – 3,0 г, у сорту ЕС Командор – 3,3 г і ЕС Навігатор – 4,1 г. На варіанті гербіцидного захисту із застосуванням Примекстра TZ Голд (4,5 л/га) цей показник становив 6,6, 6,9 і 7,2 г, що на 3,6 і 3,1 г вище контролю. На другому варіанті (Фронтьєр Оптіма (1,2 л/га) + Стомп 330 (5 л/га)) приріст цього показника відносно контролю складав 4,8, 4,9 і 4,1 г, на третьому

Таблиця 3

Елементи структури врожаю у сорту сої ЕС Навігатор в роки досліджень

Варіант досліду	Висота прикріплення першого боба, см	Кількість бобів на рослині, шт.	Кількість насінин з однієї рослини, шт.	Маса насіння з однієї рослини, г	Маса 1000 насінин, г
2021 р.					
Контроль	16	15	30	4,8	161
Примекстра TZ Голд (4,5 л/га)	12	25	46	8,3	180
Фронтьєр Оптіма (1,2 л/га) + Стомп 330 (5 л/га)	13	30	49	9,3	189
Базагран (3 л/га) + Фюзілад Форте (1 л/га)	13	32	52	10,0	192
Корум (2 л/га) + Ачіба (2 л/га)	13	35	56	10,9	195
$НІР_{0,5}$	1,4	1,5	1,6	0,4	2,5
2022 р.					
Контроль	11	11	24	3,3	138
Примекстра TZ Голд (4,5 л/га)	9	18	38	6,1	160
Фронтьєр Оптіма (1,2 л/га) + Стомп 330 (5 л/га)	11	22	43	7,1	166
Базагран (3 л/га) + Фюзілад Форте (1 л/га)	11	24	43	7,3	170
Корум (2 л/га) + Ачіба (2 л/га)	10	25	44	7,5	171
$НІР_{0,5}$	1,2	1,0	1,3	0,3	2,3
середнє за 2021–2022 рр.					
Контроль	14	13	27	4,1	150
Примекстра TZ Голд (4,5 л/га)	11	22	42	7,2	170
Фронтьєр Оптіма (1,2 л/га) + Стомп 330 (5 л/га)	12	26	46	8,2	178
Базагран (3 л/га) + Фюзілад Форте (1 л/га)	12	28	48	8,6	181
Корум (2 л/га) + Ачіба (2 л/га)	12	30	50	9,2	183

(Базагран (3 л/га) + Фюзілад Форте (1 л/га)) – 5,8, 5,7 і 4,6 г і четвертому (Корум (2 л/га) + Ачіба (2 л/га)) – 6,3, 6,0 і 5,2 г, відповідно у сортів Ауреліна, ЕС Командор і ЕС Навігатор.

Маса 1000 насінин, як і інші показники елементів структури врожаю сої залежала від погодних умов року. В 2021 р. у сортів Ауреліна, ЕС Командор і ЕС Навігатор його значення були в межах 142–198, 146–196 і 161–195 г, а у 2022 р. – 121–172, 126–180 і 138–171 г, що менше на 6,3–14,8%. Тобто зменшення маси 1000 насінин було менш суттєвим ніж маси насіння з однієї рослини.

За рахунок використання ґрунтових гербіцидів Примекстра TZ Голд (4,5 л/га) і Фронтьєр Оптіма (1,2 л/га) + Стомп 330 (5 л/га) збільшення маси 1000 насінин становило 21–37 і 28–46 г, а післясходових Базагран (3 л/га) + Фюзілад Форте (1 л/га) і Корум (2 л/га) + Ачіба (2 л/га) – 32–50 і 34–54 г, порівняно з контролем.

Максимальні значення маси 1000 насінин отримано у сорту ЕС Командор на варіанті з комбінованим застосуванням післясходових гербіцидів Корум (2 л/га) + Ачіба (2 л/га) – 188 г.

Аналізуючи взаємозв'язки, між сумою температур і опадів (за квітень-вересень) в роки досліджень та елементами структури врожаю сої, можна відмітити тісну позитивну залежність перших двох показників між собою (r=0,95) (табл. 4). Спостерігалась висока позитивна залежність між сумою опадів, температурою повітря та висотою прикріплення першого боба (r =0,89 та 0,72), кількістю бобів на рослині сої (r=0,78 та 0,85), масою насіння з однієї рослини (r=0,87 та 0,85) та масою 1000 насінин (r=0,84 та 0,77). Кількість насінин з однієї рослини має обернену негативну залежність (r=-0,21 та -0,26) з сумою опадів та температури повітря.

Між масою насіння з однієї рослини та кількості бобів на рослині залежність носила тісний прямий зв'язок (r=0,94) та високий з масою 1000 насінин (r=0,78). Низький рівень взаємозв'язку був між кількістю насінин з однієї рослини і висотою прикріплення першого боба (r=0,37) та кількістю бобів на рослині (r=0,24).

Наші дані співпадають з результатами отриманими О. Г. Міленко [30] згідно яких встановлено тісний та дуже тісний лінійний зв'язок між елементами продуктивності та урожайністю зерна сої. Помірний лінійний зв'язок був лише між урожайністю зерна та масою 1000 насінин.

Висновки. Встановлено вплив сортових особливостей, погодних умов та застосування гербіцидів на формування показників елементів структури врожаю сої. Застосування гербіцидного захисту сприяло суттєвому збільшенню показників елементів структури врожаю у досліджуваних сортів сої, порівняно з контролем. Максимальні їх значення були отримані на варіантах із застосуванням післясходових гербіцидів Корум (2 л/га)

Таблиця 4

Кореляційні залежності між кількістю опадів, температурою повітря в роки досліджень та елементами структури врожаю сої

Показники	Кількість опадів (квітень – вересень), мм	Сума температур (квітень – вересень), ºС	Висота прикріплення першого боба, см	Кількість бобів на рослині, шт.	Кількість насінин з однієї рослини, шт.	Маса насіння з однієї рослини, г	Маса 1000 насінин, г
Кількість опадів (квітень – вересень), мм	–	0,95	0,89	0,78	-0,21	0,87	0,84
Сума температур (квітень – вересень), ºС	–	–	0,72	0,85	-0,26	0,85	0,77
Висота прикріплення першого боба, см	–	–	–	0,08	0,37	0,12	0,27
Кількість бобів на рослині, шт.	–	–	–	–	0,24	0,94	0,41
Кількість насінин з однієї рослини, шт.	–	–	–	–	–	-0,22	-0,38
Маса насіння з однієї рослини, г	–	–	–	–	–	–	0,78
Маса 1000 насінин, г	–	–	–	–	–	–	–

і Ачіба (2 л/га). В середньому за роки досліджень найвищі значення висоти прикріплення першого боба отримано у сорту Ауреліна (13 см), масу 1000 насінин у сорту ЕС Командор (172 г), кількість бобів на рослині (24 шт.), кількість насінин з однієї рослини (43 шт.) та масу насіння з однієї рослини (7,5 г) у сорту ЕС Навігатор. Найвищі значення елементів структури врожаю отримано у 2021 р., а у 2022 р. відмічено зменшення висоти прикріплення першого боба на 14,2–28,6%, кількості бобів з рослини на 15,6–32,4%, кількості насінин з однієї рослини на 8,3–27,4%, маси насіння з однієї рослини на 18,8–32,9%, маси 1000 насінин на 6,3–14,8%, порівняно з попереднім роком. Не спостерігалось достовірної різниці за показником «висота прикріплення першого боба» між сортами та варіантами з використанням гербіцидів в роки досліджень ($НІР_{05}$ в 2021 р. 1,4 см, в 2022 р. – 1,2 см). Відмічено високу позитивну залежність між сумою опадів, температурою повітря та висотою прикріплення першого боба (r=0,89 та 0,72), кількістю бобів на рослині сої (r=0,78 та 0,85), масою насіння з однієї рослини (r=0,87 та 0,85) та масою 1000 насінин (r=0,84 та 0,77). Кількість насінин з однієї рослини має обернену негативну залежність (r=-0,21 та -0,26) з сумою опадів та температури повітря.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Graham P. H., Vance, C. P. Legumes: importance and constraints to greater use. *Plant physiology*. 2003. 131(3), 872–877.
2. Ray D. K., Mueller N. D., West P. C., Foley J. A. Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. *PloS one*, 2013. №*8*(6). e66428.
3. Liu S., Zhang M., Feng F., Tian Z. Toward a “green revolution” for soybean. *Molecular plant*. 2020. № 13(5). 688–697.
4. Rincker K., Nelson R., Specht J., Sleper D., Cary T., Cianzio S. R.,Diers B. Genetic improvement of US soybean in maturity groups II, III, and IV. *Crop science*. 2014. № 54(4). 1419–1432.
5. Павлов О. С., Андрущенко А. С. Біологічна ефективність застосування ґрунтових гербіцидів та біопрепаратів у посівах сої. Матеріали III Міжнародної наукової інтернет-конференції «Тенденції та виклики сучасної аграрної науки: теорія і практика», м. Київ, 2021. С. 222–225.
6. Невмержицька О. М., Плотницька Н. М., Гурманчук О. В., Сколуб С. М.. Ефективність застосування ґрунтових гербіцидів у посівах сої. *Таврійський науковий вісник*. 2019. Вип. 109. С. 90–94.
7. Жеребко В. М., Жеребко Ю. В. Особливості захисту сої від забур’янення в післясходовий період. *Пропозиція*. 1998. № 6. С. 30–31.
8. McErlich A. F., Boydston R. A. Current state of weed management in organic and conventional cropping systems. Automation: the future of weed control in cropping systems. Dordrecht : Springer Netherlands, 2013. pp. 11–32.
9. Gianessi L. P., Reigner N. P. The value of herbicides in US crop production. *Weed Technology*. 2007. № 21(2). pp. 559–566.
10. Вожегова Р.А., Боровик В.О., Грабовський М.Б., Марченко Т.Ю., Грабовська Т.О. Нішеві культури – нові можливості агропромислового комплексу України. *Аграрні інновації*. 2022. № 13. С. 181–189.
11. Циков В. С. Бур’яни: шкодочинність і система захисту. Дніпропетровськ: Енем, 2006. 259 с.
12. Norsworthy J. K., Ward S. M., Shaw D. R., Llewellyn R. S., Nichols R. L., Webster T. M., Barrett M. Reducing the risks of herbicide resistance: best management practices and recommendations. *Weed science*. 2012. 60(SP1). 31–62.
13. Задорожний В. С., Карасевич В. В., Свитко С. М., Задорожний А. В., Лабунець А. В., Сокульський М. А. Ефективність гербіцидів у посівах сої в умовах Правобережного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2018. Вип. 86. С. 107–112.
14. Танчик С. П., Мигловець С. М. Вплив ґрунтових гербіцидів у посівах сої на загальний рівень забур’яненості за різних систем землеробства в

Правобережному Лісостепу України. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків.* 2014. № 20. С. 95–100.
15. Панасенко О. Л. Вплив систем застосування гербіцидів на біологічну активність ґрунту, урожайність і якість зерна сої. *Вісник ХНАУ*. 2013. № 1. С. 168–175.
16. Novakoski F. P., Albrecht L. P., Albrecht A. J. P., Silva A. F. M., Mattiuzzi M. D., Mundt T. T., Wagner F. G. Post-emergence application of herbicides and growth regulators on soybean growth and agronomic performance. *Journal of Crop Science and Biotechnology*. 2020. №*23*. pp. 253–258.
17. Silva P. V. D., Medeiros E. S. D., Schedenffeldt B., Vendruscolo M. A., Zamignam D., Salmazo P. A., Monquero P. A. Selectivity of post-emergence herbicides in soybean and their efficacy on the control of Conyza spp. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2023. № 27. pp. 600–609.
18. Дикун О.В., Жеребко В.М., Петришин Д.М. Ефективність застосування післясходових гербіцидів у посівах сої. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 110. Ч. 1. С. 55–62.
19. Гутянський Р. А. Ефективність поєднання трьох післясходових гербіцидів у посівах сої. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2013. №. 18. С. 72–78.
20. Окрушко С. Є. Оцінка впливу гербіцидів та удобрення на забур'яненість і урожайність сої. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 1 (24). С. 114–127.
21. Tkalich Y., Tsyliuryk O., Rudakov Y., & Kozechko V. Efficiency of post-emergence ("insurance") herbicides in soybean crops of the Northern Steppe of Ukraine. *Agrology*. 2021. № 4(4). pp. 165–173.
22. Didur I. M., Okrushko S. Y. Formation of soybean yield depending on the use of herbicides. *Colloquium-journal.* 2021. № 1. pp. 16–21.
23. Борона В. П., Задорожний В. С., Карасевич В. В. Екологічний аспект застосування гербіцидів в інтегрованій системі захисту сої від бур'янів. *Корми і кормовиробництво.* 2012. № 74. С. 170–175.
24. Чорна В. М. Насіннєва продуктивність сої залежно від технологічних прийомів вирощування в умовах Лісостепу Правобережного. *Корми і кормовиробництво*. 2016. Вип. 82. С. 69–77.
25. Шевніков М. Я., Міленко О. Г. Міжвидова конкуренція та забур'яненість посівів сої залежно від моделі агрофітоценозу. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*, 2015. Випуск 3 (86). С. 116–123.
26. Бабич А. О. Сучасне виробництво і використання сої : монографія. Київ: Урожай, 1993. 428 с.
27. Косолап М.П. Гербологія : Методичні вказівки. Київ : Видавничий центр НАУ, 2003. С. 5–26.
28. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур / Під ред. В.В. Волкодава. Державна комісія України по випробуванню та охороні сортів рослин. Київ, 2000. 100 с.
29. Novytska N., Gadzovskiy G., Mazurenko B., Svistunova I., Martynov O. Effect of seed inoculation and foliar fertilizing on structure of soybean yield and yield structure in western polissya of Ukraine. *Agronomy Research*. 2020. № 18(4). p. 2512–2519.
30. Міленко О. Г. Висота прикріплення першого боба у рослин сої залежно від сорту, норм висіву та способів догляду за посівами. Матеріали ІІ-ї міжнародної науково-практичної інтернет конференції *«Прикладна наука та інноваційний шлях розвитку національного виробництва»*, м. Тернопіль, 7–18 жовтня 2013 р., С. 26–29.

REFERENCES:

1. Graham, P. H., & Vance, C. P. (2003). Legumes: importance and constraints to greater use. Plant physiology, 131(3), 872–877.
2. Ray, D. K., Mueller, N. D., West, P. C., Foley, J. A. (2013). Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. PloS one, 8(6), e66428.
3. Liu, S., Zhang, M., Feng, F., Tian, Z. (2020). Toward a "green revolution" for soybean. Molecular plant, 13(5), 688–697.
4. Rincker, K., Nelson, R., Specht, J., Sleper, D., Cary, T., Cianzio, S. R.,Diers, B. (2014). Genetic improvement of US soybean in maturity groups II, III, and IV. Crop science, 54(4), 1419–1432.
5. Pavlov, O. S. & Andrushchenko, A. S. (2021). Biolohichna efektyvnist zastosuvannia gruntovykh herbitsydiv ta biopreparativ u posivakh soi [Biological effectiveness of the use of soil herbicides and biological preparations in soybean crops]. Materialy III Mizhnarodnoi naukovoi internet-konferentsii "Tendentsii ta vyklyky suchasnoi ahrarnoi nauky: teoriia i praktyka" [Materials of the III International Scientific Internet Conference «Tendencies and Challenges of Modern Agricultural Science: Theory and Practice»], Kyiv, 222–225. [in Ukrainian]
6. Nevmerzhytska, O. M., Plotnytska, N. M., Hurmanchuk, O. V., Skolub, S. M. (2019). Efektyvnist zastosuvannia gruntovykh herbitsydiv u posivakh soi [Effectiveness of using soil herbicides in soybean crops.]. Tavriiskyi naukovyi visnyk [Taurian Scientific Bulletin]. Vyp. 109, 90–94. [in Ukrainian]
7. Zherebko, V. M. & Zherebko, Yu. V. (1998). Osoblyvosti zakhystu soi vid zaburianennia v pisliaskhodovyi period [Features of soybean protection against weeding in the post-emergence period]. Propozytsiia [Proposal], 6, 30–31. [in Ukrainian]
8. McErlich, A. F. & Boydston, R. A. (2013). Current state of weed management in organic and conventional cropping systems. Automation: the future of weed control in cropping systems. Dordrecht : Springer Netherlands, 11–32.
9. Gianessi, L. P., & Reigner, N. P. (2007). The value of herbicides in US crop production. Weed Technology, 21(2), 559–566.
10. Vozhehova, R.A., Borovyk, V.O., Grabovskyi, M.B., Marchenko, T.Iu., Hrabovska, T.O. (2022). Nishevi kultury – novi mozhlyvosti ahropromyslovoho kompleksu Ukrainy [Niche crops are new opportunities for the agro-industrial complex of Ukraine]. Ahrarni innovatsii [Agrarian innovations]. 13, 181–189. [in Ukrainian]
11. Tsykov, V. S. Buriany: shkodochynnist i systema zakhystu [Weeds: harmfulness and protection system]. Dnipropetrovsk: Enem, 2006. 259 p. [in Ukrainian]
12. Norsworthy, J. K., Ward, S. M., Shaw, D. R., Llewellyn, R. S., Nichols, R. L., Webster, T. M., Barrett, M. (2012). Reducing the risks of herbicide resistance: best management practices and recommendations. Weed science, 60(SP1), 31–62.
13. Zadorozhnyi, V. S., Karasevych, V. V., Svytko, S. M., Zadorozhnyi, A. V., Labunets, A. V., Sokulskyi, M. A.

(2018). Efektyvnist herbitsydiv u posivakh soi v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [The effectiveness of herbicides in soybean crops in the conditions of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine]. Kormy i kormovyrobnytstvo [Fodder and fodder production], 86, 107–112. [in Ukrainian]

14. Tanchyk, S. P. & Myhlovets, S. M. (2014). Vplyv gruntovykh herbitsydiv u posivakh soi na zahalnyi riven zaburianenosti za riznykh system zemlerobstva v Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [The influence of soil herbicides in soybean crops on the general level of weediness under different farming systems in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine]. Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv [Scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet], 20, 95–100. [in Ukrainian]
15. Panasenko, O. L. (2013). Vplyv system zastosuvannia herbitsydiv na biolohichnu aktyvnist gruntu, urozhainist i yakist zerna soi [Impact of herbicide application systems on soil biological activity, yield and quality of soybeans.]. Visnyk KhNAU [KHNAU Bulletin], 1, 168–175. [in Ukrainian]
16. Novakoski, F. P., Albrecht, L. P., Albrecht, A. J. P., Silva, A. F. M., Mattiuzzi, M. D., Mundt, T. T., Wagner, F. G. (2020). Post-emergence application of herbicides and growth regulators on soybean growth and agronomic performance. Journal of Crop Science and Biotechnology, 23, 253–258.
17. Silva, P. V. D., Medeiros, E. S. D., Schedenffeldt, B., Vendruscolo, M. A., Zamignam, D., Salmazo, P. A., Monquero, P. A. (2023). Selectivity of post-emergence herbicides in soybean and their efficacy on the control of Conyza spp. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 27, 600–609.
18. Dykun, O. V., Zherebko, V. M., Petryshyn, D. M. (2019). Efektyvnist zastosuvannia pisliaskhodovykh herbitsydiv u posivakh soi [Effectiveness of application of post-emergence herbicides in soybean crops.]. Tavriiskyi naukovyi visnyk [Taurian Scientific Herald], 110 (1), 55–62. [in Ukrainian]
19. Hutianskyi, R. A. (2013). Efektyvnist poiednannia trokh pisliaskhodovykh herbitsydiv u posivakh soi [Effectiveness of a combination of three post-emergence herbicides in soybean crops]. Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu oliinykh kultur NAAN [Scientific and technical bulletin of the Institute of Oil Crops of the National Academy of Sciences], 18, 72–78. [in Ukrainian]
20. Okrushko, S. Ye. (2022). Otsinka vplyvu herbitsydiv ta udobrennia na zaburianenist i urozhainist soi [Evaluation of the effect of herbicides and fertilizers on weediness and productivity of soybeans]. Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo [Agriculture and forestry], 1 (24), 114–127. [in Ukrainian]
21. Tkalich, Y., Tsyliuryk, O., Rudakov, Y., & Kozechko, V. (2021). Efficiency of post-emergence (“insurance”) herbicides in soybean crops of the Northern Steppe of Ukraine. Agrology, 4(4), 165–173.
22. Didur, I. M., & Okrushko, S. Y. (2021). Formation of soybean yield depending on the use of herbicides. Colloquium-journal, 1, 16–21.
23. Borona, V. P., Zadorozhnyi, V. S., Karasevych, V. V. (2012). Ekolohichnyi aspekt zastosuvannia herbitsydiv v intehrovanii systemi zakhystu soi vid burianiv [Ecological aspect of the use of herbicides in the integrated system of protecting soybeans from weeds.]. Kormy i kormovyrobnytstvo [Fodder and fodder production], 74, 170–175. [in Ukrainian]
24. Chorna, V. M. (2016). Nasinnieva produktyvnist soi zalezhno vid tekhnolohichnykh pryiomiv vyroshchuvannia v umovakh Lisostepu Pravoberezhnoho [Soybean seed productivity depending on the technological methods of cultivation in the conditions of the Pravoberezhny Forest Steppe.]. Kormy i kormovyrobnytstvo [Fodder and fodder production]. 82, 69–77. [in Ukrainian]
25. Shevnikov, M. Ya. & Milenko, O. H. (2015). Mizhvydova konkurentsiia ta zaburianenist posiviv soi zalezhno vid modeli ahrofitotsenozu [Interspecies competition and weediness of soybean crops depending on the model of agrophytocenosis.]. Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomoria [Herald of Agrarian Science of the Black Sea Region], 3 (86), 116–123. [in Ukrainian]
26. Babych, A. O. (1993). Suchasne vyrobnytstvo i vykorystannia soi : monohrafiia [Modern production and use of soybeans: monograph]. Kyiv: Urozhai, 428. [in Ukrainian]
27. Kosolap, M.P. (2003). Herbolohiia: Metodychni vkazivky [Herbology: Methodical guidelines]. Kyiv: Vydavnychyi tsentr NAU, 5–26. [in Ukrainian]
28. Metodyka derzhavnoho sortovyprobuvannia silskohospodarskykh kultur (2000) [Methodology of state variety testing of agricultural crops] / Pid red. V.V. Volkodava. Derzhavna komisiia Ukrainy po vyprobuvanniu ta okhoroni sortiv Roslyn, Kyiv. [in Ukrainian]
29. Novytska, N., Gadzovskiy, G., Mazurenko, B., Svistunova, I., Martynov, O. (2020). Effect of seed inoculation and foliar fertilizing on structure of soybean yield and yield structure in western polissya of Ukraine. Agronomy Research, 18(4), 2512–2519.
30. Milenko, O. H. (2013). Vysota prykriplennia pershoho boba u roslyn soi zalezhno vid sortu, norm vysivu ta sposobiv dohliadu za posivamy [The height of attachment of the first bean in soybean plants depends on the variety, sowing rates and methods of crop care]. Materialy II-yi mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet konferentsii «Prykladna nauka ta innovatsiinyi shliakh rozvytku natsionalnoho vyrobnytstva» [Materials of the 2nd International Scientific and Practical Internet Conference Applied Science and Innovative Way of Development of National Production], Ternopil, 26–29. [in Ukrainian]

Мостипан О.В., Грабовський М.Б. Формування елементів структури врожаю сої під впливом гербіцидного захисту у Правобережному Лісостепу України

Метою наших досліджень було вивчення впливу гербіцидного захисту на формування елементів структури врожаю сортів сої. **Методи.** Польовий, аналітичний та статистичний. Дослідження проводились в 2021–2022 рр. в умовах ТОВ «Саварське» Обухівського району Київської області. Схема досліду. Фактор А. Сорти сої. 1. Ауреліна 2. ЕС Командор 3. ЕС Навігатор. Фактор В. Гербіциди. 1. Контроль (обробка водою) 2. Примекстра TZ Голд 500 sc, к. с. (4,5 л/га), до появи сходів культури 3. Фронтьєр Оптіма (1,2 л/га) + Стомп 330 (5 л/га), до появи сходів культури 4. Базагран (3 л/га) + Фюзілад Форте 150 ЕС, к. е. (1 л/га) у фазі

4-5 листків культури 5. Корум (2 л/га)+ Ачіба (2 л/га), у фазі 2-4 листки культури. Загальна площа елементарної ділянки – 144 м^2, облікової – 120 м^2. Повторність досліду триразова. **Результати.** Встановлено вплив сортових особливостей, погодних умов та застосування гербіцидів на формування показників елементів структури врожаю сої. Найвищі значення елементів структури врожаю отримано у 2021 р., а у 2022 р. відмічено зменшення висоти прикріплення першого боба на 14,2–28,6%, кількості бобів з рослини на 15,6–32,4%, кількості насінин з однієї рослини на 8,3–27,4%, маси насіння з однієї рослини на 18,8–32,9%, маси 1000 насінин на 6,3–14,8%, порівняно з попереднім роком. Не спостерігалось достовірної різниці за показником «висота прикріплення першого боба» між сортами та варіантами з використанням гербіцидів в роки досліджень ($НІР_{05}$ в 2021 р. 1,4 см, в 2022 р. – 1,2 см). Відмічено високу позитивну залежність між сумою опадів, температурою повітря та висотою прикріплення першого боба (r=0,89 та 0,72), кількістю бобів на рослині сої (r=0,78 та 0,85), масою насіння з однієї рослини (r=0,87 та 0,85) та масою 1000 насінин (r=0,84 та 0,77). Кількість насінин з однієї рослини має обернену негативну залежність (r=-0,21 та -0,26) з сумою опадів та температури повітря. **Висновки**. Застосування гербіцидного захисту сприяло суттєвому збільшенню показників елементів структури врожаю у досліджуваних сортів сої, порівняно з контролем. Максимальні їх значення були отримані на варіантах із застосуванням післясходових гербіцидів Корум (2 л/га) і Ачіба (2 л/га). В середньому за роки досліджень найвищі значення висоти прикріплення першого боба отримано у сорту Ауреліна (13 см), масу 1000 насінин у сорту ЕС Командор (172 г), кількість бобів на рослині (24 шт.), кількість насінин з однієї рослини (43 шт.) та масу насіння з однієї рослини (7,5 г) у сорту ЕС Навігатор.

Ключові слова: сорт, гербіциди, висота прикріплення першого боба, кількість бобів на рослині, кількість насінин з однієї рослини, маса насіння з однієї рослини, маса 1000 насінин.

Mostypan O.V., Grabovskyi M.B. Formation of the elements of the structure of the soybean crop under the influence of herbicide protection in the Right bank Forest Steppe of Ukraine

The purpose of our research was to study the impact of herbicide protection on the formation of elements of the crop structure of soybean varieties. **Methods.** Field, analytical and statistical. The research was conducted in 2021–2022 in the conditions of “Savarske” Obukhiv district Kyiv region. Scheme of the experiment. Factor A. Varieties of soybeans. 1. Aurelina 2. EC Commandor 3. EC Navigator. Factor B. Herbicides. 1. Control (water treatment) 2. Primekstra TZ Gold 500 k. s. (4.5 l/ha), before the emergence of crop seedlings. 3. Frontier Optima (1.2 l/ha) + Stomp 330 (5 l/ha), before the emergence of crop seedlings. 4. Bazagran (3 l/ha) + Fusilade Forte 150 EC (1 l/ha) in the phase of 4-5 leaves of the crop. 5. Korum (2 l/ha) + Achiba (2 l/ha), in the phase of 2-4 leaves of the crop. The total area of the elementary plot is 144 m^2, the accounting plot is 120 m^2. The experiment repeated three times. **Results.** The influence of varietal characteristics, weather conditions and the used of herbicides on the formation of indicators of the elements of the structure of the soybean crop has been established. The highest values of the elements of the crop structure were obtained in 2021 and in 2022 there was a decrease in the height of the attachment of the first bean by 14.2–28.6% the number of beans per plant by 15.6–32.4% the number of seeds per plant by 8.3–27.4% the mass of seeds from one plant by 18.8–32.9% the mass of 1000 seeds by 6.3–14.8%, compared to the previous year. There was no significant difference of the indicator “height of attachment of the first bean” between varieties and variants with the use of herbicides (LCD_{05} 1.4 cm in 2021 and 1.2 cm in 2022). A high positive correlation was noted between the amount of precipitation, air temperature and the height of attachment of the first bean (r=0.89 and 0.72) the number of beans on a soybean plant (r=0.78 and 0.85) the weight of seeds from one plant (r=0.87 and 0.85) and weight of 1000 seeds (r=0.84 and 0.77). The number of seeds per plant has an inverse negative relationship (r=-0.21 and -0.26) with the amount of precipitation and air temperature. **Conclusions.** The use of herbicide protection contributed to a significant increase in the indicators of the elements of the crop structure in the studied soybean varieties, compared to the control. Their maximum values were obtained on variants with the used of post-emergence herbicides Korum (2l/ha) and Achiba (2l/ha). On average, over the years of research, the highest values of the height of attachment of the first bean were obtained in the Aurelina variety (13 cm) the weight of 1000 seeds in the EC Commander variety (172 g) the number of beans per plant (24 pcs) the number of seeds from one plant (43 pcs) and the weight of seeds from one plant (7.5 g) in the EC Navigator variety.

Key words: variety, herbicides, height of attachment of the first bean, number of beans per plant, number of seeds from one plant, weight of seeds from one plant, weight of 1000 seeds.

УДК 635.91
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.14

ВІДМІННІСТЬ ДЕКОРАТИВНИХ ВИДІВ РОДУ *PAEONIA* L. ЗА БІОМЕТРІЄЮ ВЕГЕТАТИВНИХ ОРГАНІВ

ПАНЦИРЕВА Г.В. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0002-0539-5211
Вінницький національний аграрний університет
НЕЙКО І.С. – доктор сільськогосподарських наук, професор
orcid.org/0000-0002-4473-540X
Вінницький національний аграрний університет
МАТУСЯК М.В. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0001-8099-7290
Вінницький національний аграрний університет
ЦИГАНСЬКА О.І. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0002-4046-1034
Вінницький національний аграрний університет

Постановка проблеми. Створення квіткових композицій в умовах зони Поділля України є задачею досить актуальною. Еколого-кліматичні особливості Вінниччини досить сприятливі для росту та розвитку квітниково-декоративних рослин. Проте рослини вимагають ретельного підходу до підбору рослин, які можуть бути застосовані у озелененні об'єктів як загального користування так і обмеженого [6; 9; 15]. Здавна популярними залишаються культури півонії. Цей факт пов'язаний з їх декоративними, еколого-біологічними властивостями, особливостями догляду за ними [9].

Одна з ключових тенденцій у сучасному озелененні – ретельний підбір асортименту рослин, що вимагає мінімум зусиль по догляду за зеленими насадженнями в умовах культури. Висока декоративність, довговічність та можливість широкого використання в декоративному садівництві, екологічна пластичність не тільки видів, але і більшості культиварів, дає змогу вирощувати дані рослини в різних кліматичних зонах України, що обумовило їх популярність як в приватному озелененні, так і в об'єктах різного цільового призначення озеленення міста [1; 7].

У галузі садівництва рід *Paeonia* L. представлений як значною кількістю видів (40), так і багатим сортовим асортиментом, що становить більше 5000 сортів. Виявлено, що до асортименту декоративних культур України входить 5 видів, тобто менше як 2%. З практичного погляду всі півонії викликають інтерес як потенційно цінні об'єкти для збагачення асортименту декоративних рослин України та є перспективними для створення монокультурного саду на базі Вінницького національного аграрного університету. Тому дослідження відмінності біометрії вегетативних органів наявних таксонів півонії в умовах архітектурно-експозиційної ділянки Вінницького національного аграрного університету становить значний практичний інтерес [1–3].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Вегетативні органи – це органи рослин, призначені для підтримання індивідуального життя рослин. У вищих рослин вегетативними органами є корінь і пагін. Біометрія вегетативних органів пристосована до виконання властивих їм функцій. У разі зміни характеру функції змінюються відповідно й вегетативні органи (видозміни, метаморфоз). Вегетативні органи використовуються для вегетативного розмноження. Вегетативними органами рослини є корінь і пагін. Корінь – вегетативний орган з необмеженим ростом, який забезпечує закріплення рослин у субстраті, поглинання і транспорт води та розчинених у ній мінеральних речовин та продуктів життєдіяльності ґрунтових мікроорганізмів і коренів інших рослин, первинний синтез органічних речовин, виділення в ґрунт продуктів обміну речовин і вегетативне розмноження [4–6].

Рід Півонія (*Paeonia* L.) належить до родини Півонієвих (*Paeoniaceae*), налічує 40 видів, які поширені в Європі, Азії, Середземномор'ї, Північній Америці. Сорти півонії розрізняють, насамперед, за висотою рослин, см: до 60 – низькі; від 60 до 100 – середні; понад 100 – високі [3]. За типом квітки розрізняють прості, напівповні та повні. Прості півонії мають один рядок пелюсток, розташованих навколо м'ясистого диску з численими золотисто-жовтими тичинками. До простої півонії належать головним чином дикі види та різновиди [3].

Напівповну півонію поділяють на три групи: 1) японські – з одним рядком великих пелюсток, розташованих навколо м'ясистого диску з численними довгими стамінодіями, зовнішньо схожими з тичинками і так само забарвленими (справжні тичинки наявні лише в окремих сортів); 2) анемоноподібні – з одним рядком пелюсток, розташованих навколо м'ясистого диска з численними, забарвленими як і пелюстки, короткими та широкими стамінодіями, що чергуються з невеликою кількістю тичинок; у межах однієї рослини форма квітки часто варіює, набуваючи ознаки повноти; 3) типово напівповні – пелюстки розташовані у 2–3 рядки, між якими розташовані чисельні тичинки [3]. За будовою квітки півонії повні поділяють на три групи: трояндоподібні; напівкулясті; корончасті [3].

Трав'янисті півонії розмножуються насінням, стебловими пагонами, бруньками поновлення і шляхом поділу куща.

Мета – дослідження біометричних показників вегетативних органів півонії, що використовуються в озелененні архітектурно-експозиційної ділянки ВНАУ, виявити

та відібрати стійкі в умовах Поділля види та сорти для широкого впровадження в різні об'єкти озеленення міста Вінниця.

Матеріали та методика дослідження. Дослідження проводилися шляхом опрацювання біометричних показників вегетативних органів півонії за період 2018–2022 рр. в умовах архітектурно-експозиційної ділянки ВНАУ. Об'єктами дослідження є представники роду *Paeonia* L. Латинські назви рослин родин наведені за чеклістом [1]. Декоративність рослин оцінювали за сукупністю ознак вегетативних органів, тривалості декоративного періоду, стійкістю до кліматичних особливостей Вінниці. Асортимент та схема посадки представників роду *Paeonia* L. в умовах архітектурно-експозиційної ділянки ВНАУ представлені на рисунку 1.

Результати досліджень. Півонія – багаторічна трав'яниста або деревовидна рослина. Надземна її частина складається з великого числа стебел з великими листками і квітами. Ця частина у трав'янистих представників щорічно відмирає. Існує три типи коренів півонії: запасаючі, придаткові і всмоктувальні. Запасаючі – товсті кореневі бульби коричневого кольору, в них міститься запас поживних речовин. Утворюються вони за рахунок потовщення додаткового коріння, що виростає на кореневищі близько бруньок відновлення. Найбільш важливою частиною кореневої системи півонії, що забезпечує всю рослину водою і поживними речовинами, є всмоктувальні корінці – вони дуже дрібні, білі, щорічно відмирають [7]. Коріння півоній може заглиблюватися до одного метра, але освоює тільки пухкий, м'який субстрат. Досягнувши твердого ґрунту, коренева система починає рости в сторони, розташовуючись у верхньому рихлому шарі. На кожному стеблі півонії проростає дві-три, рідше п'ять бруньок відновлення, а більшість залишаються сплячими. Але вони проростають при пошкодженні і діленні кореневищ. Ріст бруньок відбувається після цвітіння, в липні, за рахунок поживних речовин, що утворюються листками квітучих пагонів [2].

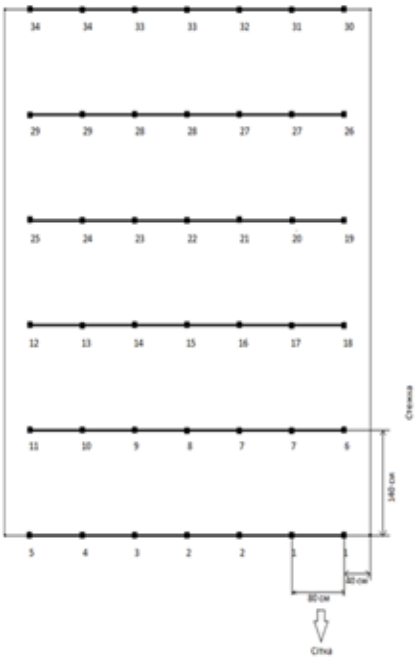
Дані щодо здатності досліджуваних видів до вегетативного розмноження характеризують успішність інтродукції. Так, у період проведених досліджень у P. *lactiflora* спостерігався інтенсивний розвиток бічних кореневищ. Штучне розмноження здійснювалось шляхом поділу цих кореневищ, що можна успішно проводити весною або шляхом укорінення стеблових живців. Це забезпечує додаткові можливості при обмеженому насіннєвому розмноженню культури півонії.

Вегетативне розмноження відрізняється від насінного тим, що воно здатне забезпечити повну передачу господарсько-біологічних батьківських ознак нащадкам, тоді, як вирощування посадкового матеріалу не залежить від плодоношення і дозрівання насіння [4]. Серед різних способів вегетативного розмноження найбільшого поширення у виробництві набуло зелене живцювання, що залежить від його строків, коли живці мають найбільшу здатність до регенерації (табл. 1).

Здатність живців до вкорінення зумовлюється регенеративними особливостями рослин. Найвища здатність до вкорінення була відзначена у P. lactiflora сорту Весільна (90,1%) що, обумовлено великим періодом росту пагонів у даного виду (табл. 2).

Досліджувані сорти та гібриди півоній мають антоціанове забарвлення листя та стебел, що захищає їх сходи від впливу несприятливих низьких температур, а також мають високий декоративний ефект. Наявні таксони належать до груп з дуже раннім, раннім, ранньо-середнім, середнім, середньо-пізнім та пізнім строками цвітіння.

Висновки. Враховуючи перспективність використання трав'янистих видів роду *Paeonia* L. за сукупністю



№ п/п	Сорт/гібрид	№ п/п	Сорт/гібрид
1	China Maid	18	Henry Bockstoce
2	Чарівник	19	Mons. Jules Elie
3	Heritage	20	Seraphim
4	Triumph de Nord	21	Червоний оксамит
5	Корифей	22	Rubra plena
6	Малинова ватра	23	Tenifolia plena
7	Антей	24	Тонколистний степовий
8	Mahogany	25	Doreen
9	Diana Parks	26	Gay Paree
10	Cherry Red	27	Gold Standart
11	Venus	28	Hit Parade
12	Сара Бернар	29	Moon of Nippon
13	Reine Hortense	30	Neon
14	Червоні вітрила	31	Philomele
15	Світоч	32	Hot Chocolate
16	Ліхтарик	33	Білий парус
17	Жемчужна розсип	34	Весільна

Рис. 1. Схема посадки та асортимент трав'янистих видів роду Paeonia L. в умовах архітектурно-експозиційної ділянки ВНАУ

Таблиця 1

Вкорінення зелених живців залежно від строків живцювання трав'янистих видів роду *Paeonia* L. в умовах архітектурно-експозиційної ділянки ВНАУ (2018 р.)

№ п/п	Сорт/гібрид	Дата посадки живців		
		II декада вересня	II декада жовтня	I декада листопада
1	China Maid	84,4	76,2	47,1
2	Чарівник	72,5	56,0	40,7
3	Heritage	60,9	50,6	43,0
4	Triumph de Nord	78,5	60,4	43,4
5	Корифей	67,4	53,7	45,3
6	Малинова ватра	69,9	60,4	51,0
7	Антей	80,5	64,3	50,1
8	Mahogany	88,1	80,5	61,0
9	Diana Parks	76,4	67,6	43,2
10	Cherry Red	85,1	73,0	48,0
11	Venus	80,1	70,8	51,5
12	Сара Бернар	90,0	87,1	67,9
13	Reine Hortense	80,1	80,3	65,0
14	Червоні вітрила	86,4	77,2	48,8
15	Світоч	75,3	56,2	42,0
16	Ліхтарик	71,5	51,1	41,2
17	Жемчужна розсип	68,4	51,7	40,0
18	Henry Bockstoce	85,1	84,4	63,0
19	Mons. Jules Elie	87,1	86,0	66,6
20	Seraphim	69,2	53,4	41,1
21	Червоний оксамит	71,8	56,9	41,9
22	Rubra plena	67,6	54,2	40,3
23	Tenifolia plena	72,7	57,0	44,0
24	Тонколистний степовий	73,5	57,8	42,2
25	Doreen	81,7	67,9	60,0
26	Gay Paree	78,9	62,5	58,3
27	Gold Standart	76,5	59,3	42,7
28	Hit Parade	71,7	48,9	43,0
29	Moon of Nippon	81,7	67,9	60,0
30	Neon	81,1	67,9	58,4
31	Philomele	81,4	63,6	53,7
32	Hot Chocolate	81,5	69,0	63,9
33	Либідь	70,4	55,7	41,3
34	Весільна	90,1	87,5	68,0

Таблиця 2

Біометрія надземних генеративних органів трав'янистих видів роду *Paeonia* L. в умовах архітектурно-експозиційної ділянки ВНАУ (середнє за 2018–2022 р.)

№ п/п	Сорт/гібрид	Весняне відновлення	Забарвлення пагона	Поява бутонів
1	**2**	**3**	**4**	**5**
1	China Maid	05.04	Червоно-зелене	30.04
2	Чарівник	13.04	Червоно-зелене	25.04
3	Heritage	29.04	Червоно-зелене	28.04
4	Triumph de Nord	05.05	Червоно-зелене	25.05
5	Корифей	22.04	Червоно-зелене	10.05
6	Малинова ватра	15.04	Червоно-зелене	01.05
7	Антей	06.05	Зелене	25.05
8	Mahogany	08.04	Червоно-зелене	01.05
9	Diana Parks	15.04	Червоно-зелене	03.05
10	Cherry Red	06.05	Червоно-зелене	25.05

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5
11	Venus	06.05	Темно-червоне з домішкою зеленого	25.05
12	Сара Бернар	22.04	Червоно-зелене	10.05
13	Reine Hortense	08.04	Зелене	02.05
14	Червоні вітрила	15.04	Стебло червоне, листя зелене з червоною каймою	10.05
15	Світоч	20.05	Зелене з домішкою червоного	10.05
16	Ліхтарик	06.05	Листя зелене, стебло червоне	10.05
17	Жемчужна розсип	06.05	Листя зелене, стебло червоне	10.05
18	Henry Bockstoce	29.04	Зелене	01.05
19	Mons. Jules Elie	13.05	Зелене, стебло з домішкою червоного	30.05
20	Seraphim	15.04	Листя зелене, стебло червоне	30.04
21	Червоний оксамит	04.05	Червоно-зелене	10.05
22	Rubra plena	22.04	Зелене	29.04
23	Tenifolia plena	15.04	Зелене	25.04
24	Тонколистний степовий	06.05	Листя зелене, стебла червонуваті	25.05
25	Doreen	12.05	Червоно-зелене	03.05
26	Gay Paree	10.04	Червоно-зелене	29.04
27	Gold Standart	08.05	Червоно-зелене	03.05
28	Hit Parade	18.04	Червоно-зелене	10.05
29	Moon of Nippon	29.04	Зелене	02.05
30	Neon	20.04	Листя зелене, стебла червоні	28.04
31	Philomele	22.04	Листя зелене, стебла червонуваті	03.05
32	Hot Chocolate	15.04	Темно-червоне	10.05
33	Либідь	22.04	Листя зелене, стебла червонуваті	03.05
34	Весільна	15.04	Червоно-зелене	15.04

біометричних показників генеративних органів в умовах архітектурно-експозиційної ділянки ВНАУ рекомендовано для вирощування в умовах зони Поділля, як елементи озеленення парків, рекреаційних зон та приватних будинків, а також як об'єкти комерційної діяльності таксони Весільна, Сара Бернар, Mons. Jules Elie, Henry Bockstoce, Mahogany, Червоні вітрила, Cherry Red та інші.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Mosyakin S.L., Fedoronchuk M.N. Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist. Kiev, 1999. 346 p
2. Щербакова Т.О., Рахметов Д.Б. Біологічні особливості сортів декоративних рослин родини Тонконогові, інтродукованих у Національному ботанічному саду імені М.М. Гришка НАН України. *Plant Varieties Studyng and Protection*. 2018. Т. 14. No 2. С. 153–159.
3. Панцирева Г.В. Дослідження сортових ресурсів люпину білого (*LUPINUS ALBUS* L.) в Україні. Збірник наукових праць. ВНАУ. 2016. № 4. 88 с.
4. Панцирева, Г.В., Миколюк, О.О., Семчук, В.В. Сучасний стан колекції півоній на базі ботанічного саду «Поділля»; Вінницького національного аграрного університету. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2019. 29 (8). С. 46-50. https://doi.org/10.36930/40290806.
5. Mazur V.A., Pantsyreva H.V., Mazur K.V., Monarkh V.V. Ecological and biological evaluation of varietal resources Paeonia L. in Ukraine. *Acta Biologica Sibirica*, 2019. 5(1), 141–146. https://doi.org/10.14258/abs.v5.i1.5350
6. Мазур В.А., Прокопчук В.М., Панцирева Г.В. Первинне інтродукційне оцінювання декоративних видів роду Lupinus в умовах Поділля. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. *28*(7). С. 40–43. https://doi.org/10.15421/40280708
7. Панцирева Г.В. Дослідження сортових ресурсів трав'яних видів *Paeonia* L. в Україні. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. *28*(8). С. 74–78. https://doi.org/10.15421/40280815
8. Горобець В.Ф. Вітчизняні сорти і генофонд півонії в Україні. Генетичні ресурси рослин. Київ, 2008. № 5. С. 144–146
9. Сахацька І.М. Встановлення жирнокислотного складу кореневищ з коренями півонії лікарської сортів «Alba Plena» та «Rosea Plena». Український медичний альманах. 2012. Том 15, № 1. С.139–140.
10. Puyu V., Bakhmat M., Pantsyreva H., Khmelianchyshyn Y., Stepanchenko V., Bakhmat O. Social-and-Ecological Aspects of Forage Production Reform in Ukraine in the Early 21st Century. European Journal of Sustainable Development. 2021. 10(1). 221–228.

REFERENCES:

1. Mosyakin S.L., Fedoronchuk M.N. Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist. Kiev, 1999. 346 p.
2. Shcherbakova, T.O., & Rakhmetov, D.B. (2018). Biolohichni osoblyvosti sortiv dekoratyvnykh roslyn rodyny Tonkonohovi, introdukovanykh u Natsionalnomu botanichnomu sadu imeni M.M. Hryshka NAN Ukrainy [Biological features of ornamental Poaceae cultivars introduced at the M. M. Hryshko National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine]. Plant Varieties Studying and Protection, 14 (2) [in Ukrainian].

3. Pancyreva H.V. (2016). Doslidzhennya sortovykh resursiv lyupynu biloho (Lupinus albus L.) v Ukrayini [Investigation of the varieties of white lupine resources (Lupinus albus L.) in Ukraine]. Vinnytsia. 4. 88–93 [in Ukrainian].
4. Pantsyreva H.V., Mykoluk O.O., Semchuk V.V. (2019). Suchasnyi stan kolektsii pivonii na bazi botanichnoho sadu «Podillia»; Vinnytskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. [The modern state of peony collection on the basis of Podillya botanical garden in Vinnytsya national agrarian university]. Scientific Bulletin of UNFU. 29(8). 46–50. https://doi.org/10.36930/40290806 [in Ukrainian].
5. Mazur V.A., Pantsyreva H.V., Mazur K.V., Monarkh V.V. (2019). Ecological and biological evaluation of varietal resources Paeonia L. in Ukraine. Acta Biologica Sibirica. 5 (1). 141–146
6. Mazur V.A., Prokopchuk V.M., Pantsyreva H.V. (2018). Pervynne introduktsiine otsiniuvannia dekoratyvnykh vydiv rodu Lupinus v umovakh Podillia [Primary introduction assessment of decorative species of the lupinus generation in Podillya]. Scientific Bulletin of UNFU. 28(7). 40–43. https://doi.org/10.15421/40280708
7. Pantsyreva H.V. (2018). Doslidzhennia sortovykh resursiv travianykh vydiv Paeonia L. v Ukraini [Doslidzhennia sortovykh resursiv travianykh vydiv Paeonia L.]. Scientific Bulletin of UNFU. 28(8). 74–78. https://doi.org/10.15421/40280815 [In Ukrainian].
8. Horobets V.F. (2008). Vitchyzniani sorty i henofond pivonii v Ukraini [Domestic varieties and gene pool of peonies in Ukraine]. Henetychni resursy roslyn. Kyiv. № 5. S. 144–146 [In Ukrainian].
9. Sakhatska, I. M. (2012). Vstanovlennia zhyrnokyslotnoho skladu korenevyshch z koreniamy pivonii likarskoi sortiv Alba Plena ta Rosea Plena. [Determination of the fatty acid composition of the rhizomes with the roots of peony medicinal varieties Alba Plena and Rosea Plena]. Ukrainskyi medychnyi almanakh. 15(1). 139–140. [In Ukrainian].
10. Puyu V., Bakhmat M., Pantsyreva H., Khmelianchyshyn Y., Stepanchenko V., Bakhmat O. (2021). Social-and-Ecological Aspects of Forage Production Reform in Ukraine in the Early 21st Century. European Journal of Sustainable Development. 10(1). 221–228.

Панцирева Г.В., Нейко І.С., Матусяк М.В., Циганська О.І. Відмінність декоративних видів роду *Paeonia* L. за біометрією вегетативних органів

В умовах сучасних тенденцій в озелененні – ретельний підбір асортименту рослин, що вимагає мінімум зусиль по догляду за зеленими насадженнями обумовлює їх популярність як в приватному озелененні, так і в об'єктах різного цільового призначення озеленення міста. Виняткова роль належить трав'янистим видам роду Paeonia L. за сукупністю біометричних показників генеративних органів в умовах архітектурно-експозиційної ділянки ВНАУ рекомендовано для вирощування в умовах зони Поділля, як елементи озеленення парків, рекреаційних зон та приватних будинків, а також як об'єкти комерційної діяльності.

Мета. Дослідження біометричних показників вегетативних органів півонії, що використовуються в озелененні архітектурно-експозиційної ділянки ВНАУ, виявити та відібрати стійкі в умовах Поділля види та сорти для широкого впровадження в різні об'єкти озеленення міста Вінниця.

Методи. Дослідження проводилися шляхом опрацювання біометричних показників вегетативних органів півонії за період 2018–2022 рр. в умовах архітектурно-експозиційної ділянки ВНАУ.

Результати. Здатність живців до вкорінення зумовлюється регенеративними особливостями рослин. Найвища здатність до вкорінення була відзначена у P. lactiflora сорту Весільна (90,1%) що, обумовлено великим періодом росту пагонів у даного виду. Досліджувані сорти та гібриди півоній мають антоціанове забарвлення листя та стебел, що захищає їх сходи від впливу несприятливих низьких температур, а також мають високий декоративний ефект. Наявні таксони належать до груп з дуже раннім, раннім, ранньо-середнім, середнім, середньо-пізнім та пізнім строками цвітіння.

Висновки. Враховуючи перспективність використання трав'янистих видів роду Paeonia L. за сукупністю біометричних показників генеративних органів в умовах архітектурно-експозиційної ділянки ВНАУ рекомендовано для вирощування в умовах зони Поділля, як елементи озеленення парків, рекреаційних зон та приватних будинків, а також як об'єкти комерційної діяльності таксони Весільна, Сара Бернар, Mons. Jules Elie, Henry Bockstoce, Mahogany, Червоні вітрила, Cherry Red та інші.

Ключові слова: *Paeonia* L., біометрія, живцювання, таксон, ріст, розвиток, інтродукція.

Pantsyreva H.V., Neyko I.S., Matusiak M.V., Tsyganska O.I. The difference of decorative species of the genus *Paeonia* L. according to the biometrics of vegetative organs

In the conditions of modern landscaping trends, a careful selection of plant assortment that requires a minimum of effort in the care of green spaces determines their popularity both in private landscaping and in objects of various purpose of landscaping of the city. An exceptional role belongs to the herbaceous species of the genus Paeonia L. based on the set of biometric indicators of generative organs in the conditions of the architectural and exposition site of the VNAU, it is recommended for cultivation in the conditions of the Podillia zone, as elements of landscaping parks, recreational areas and private houses, as well as objects of commercial activity.

Goal. Research of biometric indicators of vegetative organs of peonies used in the landscaping of the architectural and exposition area of VNAU, to identify and select species and varieties resistant to the conditions of Podillia for wide implementation in various landscaping objects of the city of Vinnytsia.

Methods. The research was carried out by processing the biometric indicators of vegetative organs of the peony for the period 2018–2022 in the conditions of the architectural and exposition area of the VNAU.

The results. The ability of cuttings to take root is determined by the regenerative features of plants. The highest rooting ability was noted in P. lactiflora of the Vesilna variety (90.1%), which is due to the long period of shoot growth in this species. The researched varieties and hybrids of peonies have anthocyanin coloring of leaves and stems, which protects their seedlings from adverse low temperatures, and also has a high decorative effect. The available taxa belong to the groups with very early, early, early-medium, medium, medium-late and late flowering periods.

Conclusions. Taking into account the perspective of the use of herbaceous species of the genus Paeonia L. based on the set of biometric indicators of generative organs in the conditions of the architectural and exposition site of the VNAU, it is recommended for cultivation in the conditions of the Podillia zone, as elements of landscaping parks, recreational areas and private houses, as well as objects of commercial activity taxa Wedding, Sarah Bernard, Mons. Jules Elie, Henry Bockstoce, Mahogany, Red Sails, Cherry Red and others.

Key words: *Paeonia* L., biometrics, grafting, taxon, growth, development, introduction.

УДК 631.52:633.15:631.5
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.15

УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЗБИРАЛЬНА ВОЛОГІСТЬ НАСІННЯ ЛІНІЙ – БАТЬКІВСЬКИХ КОМПОНЕНТІВ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗА РІЗНИХ СТРОКІВ СІВБИ

СКАКУН О.О. – здобувач ступеня доктора філософії
orcid.org/0009-0007-0267-7292
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
МАРЧЕНКО Т.Ю. – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0001-6994-3443
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Нині, внаслідок глобальних змін клімату, що проявляються у зростанні температури повітря, зменшення його відносної вологості, зниженні кількості та порушення рівномірності надходження атмосферних опадів, зростанні дефіциту якісної поливної води, виникає нагальна потреба у створенні нових інноваційних ліній – батьківських компонентів та гібридів кукурудзи, а також у розробці елементів агротехнології їх вирощування. Для культивування кукурудзи без зрошення необхідно максимально використати запаси ґрунтової вологи осінньо-зимового періоду, тому варто раніше починати сівбу, у зв'язку з чим перед селекціонерами постає потреба створення ліній – батьківських компонентів та гібридів кукурудзи з підвищеною холодостійкістю для надранніх строків сівби. З іншого боку, актуальним є органічне виробництво зерна без використання гербіцидів. У цьому випадку найбільш вигідними є пізні строки сівби кукурудзи, що дозволяє проводити боротьбу з бур'янами лише механічними способами. Пізні строки сівби дозволяють провести додаткову культивацію, яка сприяє кращому очищенню полів від бур'янів [1].

Таким чином, питання розробки технології для надранніх, оптимальних та пізніх строків сівби ліній – батьківських компонентів та гібридів кукурудзи в умовах Центрального Степу України є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Важливим елементом технології вирощування кукурудзи є застосування різних строків сівби. Цей захід обумовлює процеси росту та розвитку рослин, а також формування її продуктивності, імунологічний стан посівів. До цього часу тривають дискусії стосовно строків сівби ліній – батьківських компонентів кукурудзи. Рекомендуються як більш ранні, в порівняні з оптимальними, так і більш пізні строки сівби. Дослідники зазначають, що вплив строків сівби на врожайність кукурудзи тісно пов'язаний із погодними умовами в період проростання насіння та на початку розвитку рослин. Ранній строк сівби може бути ефективнішим від більш пізнього, а при сівбі в холодний і непрогрітий ґрунт та поверненні холодів – поступатися йому [2–4].

При сівбі кукурудзи необхідно враховувати індивідуальну реакцію рослин. Селекціонери створюють середньоранні та скоростиглі лінії – батьківські компоненти гібриди кукурудзи, що належать до кременистої групи, що відзначаються підвищеною холодостійкістю, у зв'язку з чим їх сівбу можливо проводити в надранні строки, оскільки холодостійкі гібриди кукурудзи здатні проростати при температурі ґрунту +6°С [5, 6].

Якщо посів кукурудзи затримується, цвітіння культури відбувається далеко після літнього сонцестояння, а період наливу зерна відбувається ближче до кінця сезону врожаю. Оскільки дата посіву затримується, як критичний період для зав'язування зерна, так і період наливу зерна, піддаються прогресуючому погіршенню фототермічних умов для росту культури. Відповідно, затримка строків сівби може знизити врожайність насіння, по-перше, через зменшення кількості, розміру та активності насіння, що проростає, а, по-друге, через зменшення виробництва асиміляції шляхом фотосинтезу під час періоду наливу зерна [7, 8].

Встановлення оптимальних строків сівби актуальне для визначення критичних процесів в селекційному моделюванні культури і розробки стратегії створення нового вихідного матеріалу. Ранньостиглі лінії зазвичай не в змозі повністю використовувати доступну сонячну радіацію в період, коли температури сприятливі для росту, і, отже, не реалізують повний потенціал урожайності [9]. Подібним чином пізні лінії можуть не дозріти до настання перших заморозків. За пізнього строку сівби ранньостиглі гібриди можуть зрівнятися або перевершити пізньостиглі лінії. Ранньостиглі лінії також можуть бути більш прибутковими, оскільки більш пізні гібриди можуть вимагати додаткового штучного сушіння для безпечного зберігання [10].

Аналізуючи дані огляду літературних джерел, можна зробити висновок: строк сівби є одним із агротехнічних прийомів, що має значний вплив на формування врожайності насіння лінії кукурудзи. У науковців немає єдиної думки щодо оптимальної температури, за якої доцільно починати сіяти кукурудзу, тому дослідження впливу строків сівби на урожайність та збиральну вологість вирощування нових ліній – батьківських компонентів української селекції в умовах Центрального Степу України є доречними.

Мета статті – встановити вплив строків сівби на урожайність і збиральну вологість насіння ліній – батьківських компонентів гібридів кукурудзи різних груп ФАО.

Матеріали і методи досліджень. Польові досліди проводили впродовж 2019–2021 рр. в сільськогоспо-

дарському виробничому кооперативі «ПЕРЕМОГА» (с. Клепачі, Хорольський р-н, Полтавська обл.) в агроекологічній зоні Центральний Лісостеп. Клімат Центрального Лісостепу помірно-континентальний, із порівняно м'якою, малосніжною зимою та теплим, помірно вологим літом. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий. Агротехніка вирощування сортів кукурудзи в дослідах була загальноприйнятною для Лісостепової зони України. Попередник – соя. Дослідження проведені згідно методики польового досліду, статистичну обробку результатів досліджень здійснювали методом дисперсійного аналізу [11, 12]

Двофакторний дослід закладали методом розщеплених рендомізованих блоків. Дослідження проводили в чотириразовій повторності. Посівна площа ділянок становила 50,0 м^2, облікова – 30,0 м^2.

Фактор А – строк сівби, дата: 15.04, 25.04, 05.05, 15.05.

Фактор В – різні за групами ФАО лінії-батьківські компоненти української селекції: середньоранні: ОР–26А (ФАО 240), АВ–20Б (ФАО 260), ОР–28А (ФАО 260); середньостиглі: ОР–32А (ФАО 320), АВ–30Б (ФАО 320).

Результати досліджень. Проведені експериментальні дослідження показали, що строки сівби значно впливають на розвиток рослин, формування врожаю насіння ліній – батьківських компонентів гібридів кукурудзи різних груп ФАО. Залежно від факторів досліду, рослини культури потрапляють у різні агрометеорологічні умови, по-різному ростуть і розвиваються, тобто формують неоднакову продуктивність.

Під час досліджень 2019–2021 рр. показник «урожайність насіння» для гібридів різних груп ФАО коливався залежно від строків сівби від 2,43 до 4,44 т/га (табл. 1).

За результатами проведених досліджень встановлено, що лінії – батьківські компоненти гібридів кукурудзи різних груп ФАО показали максимальну врожайність за більш пізніх строків сівби.

Середньорання лінія ОР–26А (ФАО 240) максимальну врожайність насіння показала у 2019 і 2021 рр. за сівби 05.05 – 3,61 і 3,65 т/га відповідно, у 2020 р. за сівби 15.05 – 3,59 т/га. Мінімальну урожайність 2,66 т/га показала за сівби 15.04, зниження врожайності склало 0,99 т/га, або 26,4%.

Середньорання лінія АВ–20Б (ФАО 260) максимальну врожайність насіння показала у 2019 і 2021 рр. за сівби 05.05 – 3,71 і 3,72 т/га, у 2020 р. за сівби 15.05 – 3,70 т/га. Мінімальну урожайність 2,77 т/га показала за сівби 15.04, зниження врожайності склало 0,95 т/га, або 25,5%.

Таблиця 1

Урожайність насіння ліній – батьківських компонентів гібридів кукурудзи за 14 % вологості, залежно від строків сівби, т/га

Строк сівби (фактор А)	Лінія – батьківський компонент (фактор В)	Роки досліджень			Середнє за 2019–2021 рр.	В середньому за фактором В
		2019	2020	2021		
15.04	ОР–26А (ФАО 240)	2,72	2,66	2,75	2,71	3,27
	АВ–20Б (ФАО 260)	2,83	2,81	2,77	2,80	3,36
	ОР–28А (ФАО 260)	2,89	2,94	2,97	2,93	3,54
	ОР–32А (ФАО 320)	2,47	2,52	2,55	2,51	3,78
	АВ–30Б (ФАО 320)	2,43	2,45	2,49	2,46	3,81
	Середнє за фактором А	2,67	2,68	**2,71**	2,69	
25.04	ОР–26А (ФАО 240)	3,31	3,38	3,45	3,38	
	АВ–20Б (ФАО 260)	3,53	3,59	3,69	3,60	
	ОР–28А (ФАО 260)	3,61	3,68	3,75	3,68	
	ОР–32А (ФАО 320)	4,38	4,15	4,05	4,17	
	АВ–30Б (ФАО 320)	4,12	4,26	4,47	4,28	
	Середнє за фактором А	3,79	3,81	3,88	**3,82**	
05.05	ОР–26А (ФАО 240)	3,61	3,41	3,65	3,56	
	АВ–20Б (ФАО 260)	3,71	3,36	3,72	3,60	
	ОР–28А (ФАО 260)	3,96	3,56	4,11	3,88	
	ОР–32А (ФАО 320)	4,37	4,06	4,35	4,26	
	АВ–30Б (ФАО 320)	4,40	4,12	4,42	4,31	
	Середнє за фактором А	4,01	3,70	**4,05**	3,92	
15.05	ОР–26А (ФАО 240)	3,25	3,59	3,56	3,41	
	АВ–20Б (ФАО 260)	3,53	3,70	3,47	3,45	
	ОР–28А (ФАО 260)	3,69	3,87	3,79	3,68	
	ОР–32А (ФАО 320)	4,16	4,40	4,21	4,16	
	АВ–30Б (ФАО 320)	4,29	4,44	4,19	4,20	
	Середнє за фактором А	3,78	4,00	**3,84**	3,78	
	$НІР_{05}$	0,16	0,18	0,15		

Середньорання лінія ОР–28А (ФАО 260) максимальну врожайність насіння показала у 2019 і 2021 рр. за сівби 05.05 – 3,96 і 4,11 т/га, у 2020 р. за сівби 15.05 – 3,87 т/га. Мінімальну урожайність 2,89 т/га показала за сівби 15.04, зниження врожайності склало 1,22 т/га, або 29,6%.

Середньорання лінія ОР–32А (ФАО 320) максимальну врожайність насіння показала у 2019 і 2021 рр. за сівби 05.05 – 4,37 і 4,35 т/га, у 2020 р. за сівби 15.05 – 4,40 т/га. Мінімальну урожайність 2,47 т/га показала за сівби 15.04, зниження врожайності склало 1,93 т/га, або 43,9%.

Середньорання лінія АВ–30Б (ФАО 320) максимальну врожайність насіння показала у 2019 і 2021 рр. за сівби 05.05 – 4,40 і 4,42 т/га, у 2020 р. за сівби 15.05 – 4,44 т/га. Мінімальну урожайність 2,43 т/га показала за сівби 15.04, зниження врожайності склало 2,01 т/га, або 45,3%.

В останні роки на ринку України збільшився попит на прості гібриди кукурудзи. Виробнича практика свідчить про те, що прості гібриди характеризуються високою урожайністю, технологічністю, стійкістю до хвороб, вирівняністю за основними морфологічними показниками. Разом з цим, складно поєднати комплекс цінних господарських ознак з високим ступенем стабільності показників.

Низька збиральна вологість насіння кукурудзи, у першу чергу, визначається тривалістю періоду вегетації, при цьому фактор ранньостиглості є домінуючим.

В табл. 2 наведені дані вологості насіння перед збиранням врожаю. Під час досліджень 2019–2021 рр. цей показник для насіння ліній – батьківських компонентів гібридів різних груп ФАО перед збиранням коливався в межах групи ФАО та строків сівби.

Крім основних додаткових витрат на досушування зерна, втрати якості зерна від фузаріозних гнилей також напряму залежать від вологості качанів, тому виробництво вкрай зацікавлене в низькій збиральній вологості. Низька збиральна вологість залежить також від строків збирання і затримка зі збиранням та перенесенням строків на пізню осінь не приносить очікуваного природного висихання зерна у зв'язку з низькими темпами вологовіддачі при низьких температурах та вторинному зволоженню у період осінніх дощів.

Вологість насіння всіх ліній – батьківських компонентів гібридів кукурудзи різних груп ФАО на момент збирання була в межах від 12,9 до 22,9%, що вказує на надзвичайну важливість вивчення цього показника, як основного показника технологічності вирощування лінії кукурудзи, високої ефективності та прибутковості.

Таблиця 2

Збиральна вологість насіння ліній – батьківських компонентів залежно від строків посіву, % (середнє за 2019–2021 рр.)

Строк сівби (фактор А)	Лінія – батьківський компонент (фактор В)	Роки досліджень			Середнє за 2019–2021 рр.	В середньому за фактором В
		2019	2020	2021		
15.04	ОР–26А (ФАО 240)	12,9	13,6	14,2	13,6	14,1
	АВ–20Б (ФАО 260)	13,1	13,7	14,2	13,7	14,2
	ОР–28А (ФАО 260)	13,4	13,8	14,1	13,8	14,4
	ОР–32А (ФАО 320)	13,9	14,5	15,1	14,5	16,2
	АВ–30Б (ФАО 320)	13,5	14,2	15,0	14,2	16,4
	Середнє за фактором А	13,4	14,0	14,5	13,9	
25.04	ОР–26А (ФАО 240)	13,2	13,9	14,6	13,9	
	АВ–20Б (ФАО 260)	13,1	13,8	14,4	13,8	
	ОР–28А (ФАО 260)	13,6	14,0	14,3	14,0	
	ОР–32А (ФАО 320)	14,1	14,7	15,3	14,7	
	АВ–30Б (ФАО 320)	14,1	14,8	15,5	14,8	
	Середнє за фактором А	13,6	14,2	14,8	14,2	
05.05	ОР–26А (ФАО 240)	13,3	13,9	14,4	13,9	
	АВ–20Б (ФАО 260)	13,9	14,2	14,2	14,1	
	ОР–28А (ФАО 260)	13,9	14,4	14,6	14,3	
	ОР–32А (ФАО 320)	14,5	14,9	15,2	14,9	
	АВ–30Б (ФАО 320)	14,8	15,1	15,5	15,1	
	Середнє за фактором А	14,1	14,5	14,8	14,5	
15.05	ОР–26А (ФАО 240)	14,9	15,1	15,4	15,1	
	АВ–20Б (ФАО 260)	14,7	15,3	15,8	15,3	
	ОР–28А (ФАО 260)	15,6	15,6	15,5	15,6	
	ОР–32А (ФАО 320)	20,5	20,7	20,9	20,7	
	АВ–30Б (ФАО 320)	19,9	21,9	22,9	21,6	
	Середнє за фактором А	17,1	17,7	18,1	17,7	
	$НІР_{05}$	0,08	0,09	0,06		

Варіювання даного показника пояснюється різними строками сівби та групами ФАО ліній.

Максимальні дані показника «вологості зерна» 14,9–22,9% у всіх лінії кукурудзи спостерігали за сівби 15.05, мінімальні показники вологості зерна 12,9–15,1% спостерігали за сівби 15.04. Стосовно залежності збиральної вологості від груп ФАО ліній, то спостерігалась закономірність: мінімальна вологість зерна притаманна лінії ОР–26А 12,9–15,4%, максимальна – лінії ОР–32А (ФАО 320) та АВ–30Б (ФАО 320) 13,9–22,9%.

Таким чином, практично всі лінії, окрім гібридів ФАО 320, на період збирання мали базисну вологість зерна, що дозволило не проводити після збирання зерна його досушування. Це важливо у процесі формування енергоощадних технологій вирощування сільськогосподарських культур.

Виробництво зацікавлене у строках збирання кукурудзи, що припадає на початок третьої декади вересня, коли прогнозована вологість менш залежить від погодних флуктуацій.

Різниця за вологістю зерна, залежно від строків сівби, була більш чітко окреслена у лінії з подовженим періодом вегетації. Це такі лінії, як ОР–32А (ФАО 320) та АВ–30Б (ФАО 320). Різниця за вологістю насіння у них коливалась від 6,6 до 7,9%, порівняно раннього з пізнім строком сівби. Різниця за вологістю зерна між раннім і оптимальним строком у ліній ОР–32А (ФАО 320) та АВ–30Б (ФАО 320) була значно меншою (від 0,5 до 1,3 %). Це можна пояснити тим, що період «посів – сходи» за раннього строку сівби був більш подовженим і різниця за календарним часом сходів була значно меншою у порівнянні з календарними строками сівби.

Збиральна вологість ліній ФАО 240–260 за ранніх, оптимальних та пізніх строків була майже на одному рівні. Це свідчить про те, що період дозрівання цих генотипів припадав на серпень місяць, коли спостерігається низька відносна вологість повітря, високі денні і нічні температури, що сприяє прискореній вологовіддачі та зниженню вологості до мінімальних позначок, нижче яких природна вологість насіння практично не понижується.

Удосконалення елементів сортової агротехніки ліній – батьківських компонентів гібридів кукурудзи різних груп ФАО надає можливість збільшити насіннєву продуктивність культури.

Висновки. Кожна група ФАО ліній – батьківських компонентів гібридів кукурудзи в умовах Центрального Степу України має свій оптимальний строк сівби. Середньорання лінія ОР–26А (ФАО 240) максимальну врожайність насіння показала у 2019 і 2021 рр. за сівби 05.05 – 3,61 і 3,65 т/га відповідно, у 2020 р. за сівби 15.05 – 3,59 т/га. Мінімальну урожайність 2,66 т/га показала за сівби 15.04, зниження врожайності склало 0,99 т/га, або 26,4%. Середньорання лінія АВ–20Б (ФАО 260) максимальну врожайність насіння показала у 2019 і 2021 рр. за сівби 05.05 – 3,71 і 3,72 т/га, у 2020 р. за сівби 15.05 – 3,70 т/га. Мінімальну урожайність 2,77 т/га показала за сівби 15.04, зниження врожайності склало 0,95 т/га, або 25,5%. Середньорання лінія ОР–28А (ФАО 260) максимальну врожайність насіння показала у 2019 і 2021 рр. за сівби 05.05 – 3,96 і 4,11 т/га, у 2020 р. за сівби 15.05 – 3,87 т/га. Мінімальну урожайність 2,89 т/га показала за сівби 15.04, зниження врожайності склало 1,22 т/га, або 29,6%. Середньорання лінія ОР–32А (ФАО 320) максимальну врожайність насіння показала у 2019 і 2021 рр. за сівби 05.05 – 4,37 і 4,35 т/га, у 2020 р. за сівби 15.05 – 4,40 т/га. Мінімальну урожайність 2,47 т/га показала за сівби 15.04, зниження врожайності склало 1,93 т/га, або 43,9%. Середньорання лінія АВ–30Б (ФАО 320) максимальну врожайність насіння показала у 2019 і 2021 рр. за сівби 05.05 – 4,40 і 4,42 т/га, у 2020 р. за сівби 15.05 – 4,44 т/га. Мінімальну урожайність 2,43 т/га показала за сівби 15.04, зниження врожайності склало 2,01 т/га, або 45,3%.

Мінімальні показники вологості зерна 12,9–15,1% спостерігались за сівби 15.04, мінімальна вологість насіння 12,9–15,4% притаманна лінії ОР–26А.

СПИСОК ВИКОРАСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гадзало Я. М., Вожегова Р. А., Коковіхін С. В., Біляєва І. М., Дробітько А. В. Наукове обґрунтування технологій вирощування кукурудзи на зрошуваних землях із урахуванням гідротермічних чинників і змін клімату. *Зрошуване землеробство*: міжвід. темат. наук. збірник. 2020. Вип. 73. С. 21–26. doi: 10.32848/0135-2369.202 0.73.13.
2. Cantarero M. G., Lugue S. F., Rubiolo O. J. Effects of sowing date and plant density on grain number and yield of a maize hybrid in the central region of Córdoba. *Argentina. J. Agric. Sci.* 2000. Vol. 17. P. 3–10.
3. Otegui M. E., Nicolini M. G., Ruiz R. A., Dodds P. A. Sowing date effects on grain yield components for different maize genotypes. *Agron. J.* 1995. Vol. 87. P. 29–33. doi: 10.2134/agronj1995.00021962008700010006x
4. Shumway C. R., Cothren J. T., Serna-Saldivar S. O., Rooney L. W. Planting date and moisture level effects on grain yield, physical grain quality, and alkaline-processing characteristics of food-grade maize. *Crop Sci.* 1992. Vol. 32. P. 1265–1269.
5. Dang J., Liang W., Wang G., Shi P., & Wu D. A preliminary study of the effects of plastic film-mulched raised beds on soil temperature and crop performance of early-sown short-season spring maize (*Zea mays* L.) in the North China Plain. *The Crop Journal*. 2016. Vol. 4(4). P. 331–337. https://doi.org/10.1016/j.cj.2016.02.002.
6. Кирпа М. Я., Стюрко М. О. Характер дозрівання та формування схожості насіння гібридів кукурудзи в умовах Північного Степу України. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2014. № 2. С. 115–119.
7. Cirilo A. G., Andrade F. H. Sowing date and kernel weight in maize. *Crop Science*. 1996. № 36(2). P. 325–331. Doi: 10.2135/CROPSCI1996.0011183X003600020019X.
8. Tsimba R., Edmeades G. O., Millner J. P., Kemp P. D. The effect of planting date on maize grain yields and yield components. *Field Crops Research*. 2013. Vol. 150. P. 135–144. doi: 10.1016/j.fcr.2013.05.028.
9. Porter P. M., Lauer J. G., Huggins D. R., Oplinger E. S., Crookston R. K. Assessing spatial and temporal variability of corn and soybean yields. *Journal of production agriculture*. 1998. № 11(3). P. 359–363.

10. Saggenborg S. A., Fjell D. L., Devlin D. L., Gordon W. B., Maddux L. D., Marsh B. H. Selecting optimum planting dates and plant populations for dryland corn in Kansas. *Journal of Production Agriculture*. 1999. Vol. 12(1). P. 85–90. doi: 10.13031/2013.17457
11. Ушкаренко В. О., Нікішенко В. Л., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Дисперсійний і кореляційний аналіз результатів польових дослідів: монографія. Херсон: Айлант, 2009. 372 с.
12. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Методика польового досліду (зрошуване землеробство). Херсон: Грінь Д.С., 2014. 448 с.

REFERENCES:

1. Hadzalo, Ya.M., Vozhehova, R.A., Kokovikhin, S.V., Biliaieva, I.M., & Drobitko, A.V. (2020). Naukove obgruntuvannia tekhnolohii vyroshchuvannia kukurudzy na zroshuvanykh zemliakh iz urakhuvanniam hidrotermichnykh chynnykiv i zmin klimatu [Scientific substantiation of corn growing technologies on irrigated lands taking into account hydrothermal factors and climate changes]. *Zroshuvane zemlerobstvo: mizhvid. temat. nauk. zbirnyk – Irrigated agriculture: interdiv. subject of science collection*, 73, 21–26 [in Ukrainian].
2. Cantarero, M.G., Lugue, S.F., & Rubiolo, O.J. (2000). Effects of sowing date and plant density on grain number and yield of a maize hybrid in the central region of Córdoba, *Argentina. J. Agric. Sci.,* 17, 3–10 [in English].
3. Otegui, M.E., Nicolini, M.G., Ruiz, R.A., & Dodds, P.A. (1995). Sowing date effects on grain yield components for different maize genotypes. *Agron. J.* 87. 29–33 [in English].
4. Shumway, C.R., Cothren, J.T., Serna-Saldivar, S.O., & Rooney, L.W., (1992). Planting date and moisture level effects on grain yield, physical grain quality, and alkaline-processing characteristics of food-grade maize. *Crop Sci.* 32. 1265–1269 [in English].
5. Dang, J., Liang, W., Wang, G., Shi, P., & Wu, D. (2016). A preliminary study of the effects of plastic film-mulched raised beds on soil temperature and crop performance of early-sown short-season spring maize (*Zea mays* L.) in the North China Plain. *The Crop Journal*, 4(4), 331–337 [in English].
6. Kirpa, M.Ya., & Styurko, M.O. (2014). Kharakter dozrivannia ta formuvannia skhozhosti nasinnia hibrydiv kukurudzy v umovakh Pivnichnoho Stepu Ukrainy. [The nature of ripening and formation of seed germination of corn hybrids in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine]. *Visnyk Dnipropetrovskoho derzhavnoho ahrarno-ekonomichnoho universytetu – Bulletin of the Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University, 2, 115–119* [in Ukrainian].
7. Cirilo, A.G., & Andrade, F.H. (1996). Sowing date and kernel weight in maize. *Crop Science*, 36(2), 325–331 [in English].
8. Tsimba, R., Edmeades, G.O., Millner, J.P., & Kemp, P.D. (2013) The effect of planting date on maize grain yields and yield components. *Field Crops Research*, 150, 135–144 [in English].
9. Porter, P.M., Lauer, J.G., Huggins, D.R., Oplinger, E.S., & Crookston, R.K. (1998). Assessing spatial and temporal variability of corn and soybean yields. *Journal of production agriculture*, 11(3), 359–363 [in English].
10. Staggenborg, S.A., Fjell, D.L., Devlin, D.L., Gordon, W.B., Maddux, L.D., & Marsh, B.H. (1999). Selecting optimum planting dates and plant populations for dryland corn in Kansas. *Journal of Production Agriculture*, 12(1), 85–90 [in English].
11. Ushkarenko, V.O., Nikishenko, V.L., Holoborodko, S.P., & Kokovikhin, S.V. (2009). *Dyspersiinyi i koreliatsi – inyi analiz rezultativ polovykh doslidiv* [Dispersion and correlation analysis of the results of field experiments] [in Ukrainian].
12. Ushkarenko, V.O., Nikishenko, V.L., Holoborodko, S.P., & Kokovikhin, S.V. (2009). *Dyspersiinyi i koreliatsi – inyi analiz rezultativ polovykh doslidiv* [Dispersion and correlation analysis of the results of field experiments] [in Ukrainian].

Скакун О.О., Марченко Т.Ю. Урожайність та збиральна вологість насіння лінії – батьківських компонентів гібридів кукурудзи за різних строків сівби

Мета. Встановити вплив строків сівби на урожайність і збиральну вологість зерна ліній – батьківських компонентів гібридів кукурудзи різних груп ФАО **Методи.** Двофакторний польовий дослід, методи математичної статистики. **Результати.** Під час досліджень 2019–2021 рр. показник «урожайність насіння» для гібридів різних груп ФАО коливався залежно від строків сівби від 2,43 до 4,44 т/га. Вологість насіння всіх ліній – батьківських компонентів гібридів кукурудзи різних груп ФАО на момент збирання була в межах від 12,9 до 22,9%. Максимальні дані показника «вологості зерна» 14,9–22,9% у всіх лінії кукурудзи спостерігали за сівби 15.05, мінімальні показники вологості зерна 12,9–15,1% – за сівби 15.04. Спостерігалась закономірність: мінімальна вологість зерна притаманна лінії ОР–26А (12,9–15,4%), максимальна – лінії ОР–32А (ФАО 320) та АВ–30Б (ФАО 320) (13,9–22,9%). **Висновки.** Кожна група ФАО ліній – батьківських компонентів гібридів кукурудзи в умовах Центрального Степу України має свій оптимальний строк сівби. Середньорання лінія ОР–26А (ФАО 240) максимальну врожайність насіння показала у 2019 і 2021 рр. за сівби 05.05 – 3,61 і 3,65 т/га відповідно, у 2020 р. за сівби 15.05 – 3,59 т/га. Середньорання лінія АВ–20Б (ФАО 260) максимальну врожайність насіння показала у 2019 і 2021 рр. за сівби 05.05 – 3,71 і 3,72 т/га, у 2020 р. за сівби 15.05 – 3,70 т/га. Середньорання лінія ОР–28А (ФАО 260) максимальну врожайність насіння показала у 2019 і 2021 рр. за сівби 05.05 – 3,96 і 4,11 т/га, у 2020 р. за сівби 15.05 – 3,87 т/га. Середньорання лінія ОР–32А (ФАО 320) максимальну врожайність насіння показала у 2019 і 2021 рр. за сівби 05.05 – 4,37 і 4,35 т/га, у 2020 р. за сівби 15.05 – 4,40 т/га. Середньорання лінія АВ–30Б (ФАО 320) максимальну врожайність насіння показала у 2019 і 2021 рр. за сівби 05.05 – 4,40 і 4,42 т/га, у 2020 р. за сівби 15.05 – 4,44 т/га. Мінімальні показники вологості зерна 12,9–15,1% спостерігались за сівби 15.04, мінімальна вологість насіння 12,9–15,4% притаманна лінії ОР–26А.

Ключові слова: лінія – батьківський компонент, група ФАО, кукурудза, урожайність, вологість.

Skakun O.O., Marchenko T.Yu. Yield and harvesting moisture of seeds of the parent line components of corn hybrids depending on sowing dates

The purpose. To establish the effect of sowing dates on yield, grain moisture content of the parent line components

of corn hybrids of different FAO groups. **Methods**. Two-factor field experiment, methods of mathematical statistics. **Results.** During the 2019–2021 research, the «seed yield» indicator for hybrids of different FAO groups varied depending on the sowing dates from 2.43 to 4.44 t/ha. The moisture content of the seeds of all lines-parental components of corn hybrids of different FAO groups at the time of harvesting was in the range from 12.9 to 22.9%. The maximum data of the "grain moisture" indicator – 14.9–22.9% in all corn lines were observed during sowing on May 15, the minimum grain moisture indicators of 12.9–15.1% were observed during sowing on April 15. Regarding the dependence of the harvest moisture on the FAO groups of the line, a pattern was observed: the minimum grain moisture characteristic of the OP–26A line is 12.9–15.4%, the maximum grain moisture is 13.9–22.9% in the OP–32A (FAO 320) and AB–30B (FAO 320) lines. **Conclusions.** Each group of FAO line-parent components of corn hybrids, in the conditions of the Central Steppe of Ukraine, has its own optimal sowing period. The mid-germination line OR-26A (FAO 240) showed the maximum seed yield in 2019, 2021 for sowing on 05.05 – 3.61, 3.65 t/ha, in 2020 for sowing on 05.10-15.05 – 3.59 t/ha. The medium-germinating line AB-20B (FAO 260) showed the maximum seed yield in 2019, 2021 for sowing on 05.05 – 3.71, 3.72 t/ha, in 2020 for sowing on 05.15 – 3.70 t/ha. The mid-germination line OR-28A (FAO 260) showed the maximum seed yield in 2019, 2021 for sowing on 05.05 – 3.96, 4.11 t/ha, in 2020 for sowing on 05.15 – 3.87 t/ha. The mid-germination line OR-32A (FAO 320) showed the maximum seed yield in 2019, 2021 for sowing on 05.05 – 4.37, 4.35 t/ha, in 2020 for sowing on 05.15 – 4.40 t/ha. Medium-germinating line AB-30B (FAO 320) showed the maximum seed yield in 2019, 2021 for sowing on May 5 – 4.40, 4.42 t/ha, in 2020 for sowing on May 15 – 4.44 t/ha. The minimum seed moisture values of 12.9–15.1% were observed for sowing on April 15, the minimum seed moisture characteristic of the OP–26A line was 12.9–15.4%.

Key words: line–parental component, FAO group, corn, yield, moisture.

УДК 330.151.3:631.52:633.15:631.67(477)
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.16

ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВИРОЩУВАННЯ ЛІНІЙ БАТЬКІВСЬКИХ КОМПОНЕНТІВ ТА ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ РІЗНИХ ГРУП ФАО В УМОВАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЛІСОСТЕПУ

СКАКУН В.М. – здобувач ступеня доктора філософії
orcid.org/0009-0004-4697-9303
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
МАРЧЕНКО Т.Ю. – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0001-6994-3443
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України
ЗАВАЛЬНЮК О.І. – завідувач сектору науково-економічних досліджень
відділу науково-організаційної роботи
orcid.org/0000-0001-5059-2559
Український інститут експертизи сортів рослин

Постановка проблеми. Ринок зерна на сьогодні є одним із головних сегментів продовольчого балансу України, який має стратегічну та соціально-економічну значимість, здатний забезпечити значний мультиплікативний ефект. Вирішення продовольчої проблеми в сучасних умовах визначається, головним чином, рівнем розвитку зернового виробництва та стабільним й ефективним функціонуванням ринку зерна. Ринок зерна можна розглядати як складний механізм, складовими якого виступають організаційні, правові та економічні інструменти, що забезпечують взаємодію та узгодження інтересів учасників цього ринку і регулюють виробництво, обмін, розподіл та споживання зерна. Удосконалення державної політики в Україні відносно суб'єктів зернового ринку дало можливість значно підвищити урожайність культур та збільшити обсяги виробництва [1]. Проте в даній сфері ще сконцентровано ряд проблем, які потребують невідкладного вирішення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основними виробниками зерна кукурудзи в світі є США, Китай, Бразилія, ЄС, Україна, Аргентина, Індія та Мексика, які разом формують 81,9–83,4% світового обсягу виробництва, займаючи 65,8–67,4% загальносвітової площі кукурудзи. Найпотужнішим виробником зерна кукурудзи у світі є США, які виробляють 345,51–384,78 млн т (або 35,4–35,8% загальносвітового валового збору зерна цієї культури). Другу позицію посідає Китай, що забезпечує 20,4–23,1% загальносвітового валового збору зерна кукурудзи, однак для задоволення власних потреб здійснює й імпорт кукурудзи. Третю сходинку посідає Бразилія, яка формує 6,9–9,2% світового валового збору зерна кукурудзи. Великим виробником кукурудзи у світі є країни ЄС, проте для покриття попиту вони також його імпортують із інших країн Східної Європи, Північної та Південної Америки. Одним із основних постачальників кукурудзи в ЄС останніми роками є Україна. [2].

Масштабні трансформаційні процеси експортної спрямованості України актуалізують проблему збільшення експортних можливостей держави та розширення експорту продовольства в нові об'єднання та країни [3].

Проте, як підкреслили І. Кириленко, В. Івченко та В. Дем'янчук, «Україна, незважаючи на достатньо суттєвий термін її незалежності, нині перебуває лише на початковому етапі входження у світовий продовольчий ринок, адже у вітчизняному експорті продовольства переважає сировинна складова або продукція з незначною доданою вартістю (зернові, рослинні олії, цукор тощо), а експорт готової продукції харчування не набув суттєвих обсягів» [4, с. 39]

Останніми роками спостерігається збільшення загального виробництва зерна кукурудзи. Зростання попиту на нього на світовому ринку стало поштовхом для національних виробників до розширення посівних площ. Так, за десятирічний період вона збільшилась майже вдвічі, а також відбулось відповідне нарощування експорту кукурудзи. Кукурудза належить нині до однієї з культур, що стали найбільш рентабельними для агровиробництва. Їх головні переваги – широкий ринок збуту і позитивна економіка виробництва. На сучасному етапі внутрішній ринок кукурудзи має ознаки недосконалої конкуренції, а функціонування ринку характеризується незбалансованістю попиту й пропозиції, стихійністю, нерозвиненою інфраструктурою [5].

Важливим фактором, що визначає рівень ефективності галузі кукурудзівництва, є врожайність. Цей показник характеризує не тільки рівень культури землеробства, а й відображає результат інтенсифікації виробництва та її економічну доцільність [6].

У комплексі агротехнологічних і організаційно-економічних заходів, які створюють умови для стабілізації обсягів виробництва зерна кукурудзи та підвищення її конкуренто-спроможності важливе місце посідає раціональне використання генетичного потенціалу її сортових ресурсів. Процес інтенсифікації виробництва зерна кукурудзи тісно пов'язаний з використанням новітніх досягнень в галузі селекції і насінництва. Впровадження нових більш продуктивних, стійких до несприятливих природно-кліматичних умов і хвороб гібридів кукурудзи, оновлення сортименту насіння високих репродукцій дає змогу збільшити врожайність зерна цієї культури на 20–25% [7, 8].

Підвищення ефективності виробництва продукції рослинництва передбачає збільшення обсягів виробни-

цтва продукції з мінімальними витратами на її одиницю. Отже, необхідно збільшувати врожайність с/г культур та знижувати собівартість продукції.

Мета. З'ясувати економічну оцінку технологій вирощування насіння ліній–батьківських компонентів та зернових гібридів кукурудзи різних груп ФАО при вирощуванні в умовах Центрального Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень. Польові досліди проводили впродовж 2019–2021 рр. в сільськогосподарському виробничому кооперативі «ПЕРЕМОГА» (с. Клепачі, Хорольський р-н, Полтавська обл.) в агроекологічній зоні Центральний Лісостеп. Клімат Центрального Лісостепу помірно-континентальний, із порівняно м'якою, малосніжною зимою та теплим, помірно вологим літом. За даними відділу агрометеорології Гідрометцентру середня температура повітря за рік становить 7,6–9,3 °С. Зимовий період триває в середньому 80–105 днів – з кінця листопада до кінця лютого-початку березня, коли починається весна. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий. Агротехніка вирощування гібридів та ліній кукурудзи в дослідах була загальноприйнятною для Лісостепової зони України. Попередник – соя. Дослідження проведені згідно методики польового досліду, статистичну обробку результатів досліджень здійснювали методом дисперсійного аналізу [9, 10].

Об'єктом досліджень слугували наступні вітчизняні гібриди та лінії – батьківські компоненти гібридів. Гібрид Зедан 26 (ФАО 240), Зедан 28 (ФАО 260), Зедан 32 (ФАО 320). Лінія ОР–26А (ФАО 240) – материнська форма гібриду Зедан 26 (ФАО 240), плазма Змішана; лінія АВ–20Б (ФАО 260) – батьківська форма гібридів Зедан 26 (ФАО 240) та Зедан 28 (ФАО 260), плазма Змішана; лінія ОР–28А (ФАО 260) – материнська форма гібриду Зедан 28 (ФАО 260), плазма Змішана; лінія ОР–32А (ФАО 320) – материнська форма гібриду Зедан 32 (ФАО 320), плазма Змішана; лінія АВ–30Б (ФАО 320) – батьківська форма гібриду Зедан 32 (ФАО 320), плазма Змішана.

Результати досліджень. Відповідно до даних технологічних карт та додатковими нормативними матеріалами, наведеними в методиці дослідження, нами проведений розрахунок фінансових витрат і їх ефективність при вирощуванні на зерно гібридів кукурудзи різних груп стиглості.

За результатами аналізу економічних показників вирощування ліній-батьківських компонентів гібридів кукурудзи встановлено, що найбільша вартість валової продукції з 1 га була одержана на посівах лінії-батьківського компоненту АВ–30Б за густоти 70 тис. росл./га – 129,34 грн/га. В цьому варіанті також була встановлена найменша собівартість однієї тонни насіння – 10,01 тис. грн/т (табл. 1).

Вартість валової продукції з 1 га за різної густоти була максимальною у лінії-батьківського компоненту АВ-30Б і склала за варіантами досліду від 110,23 до 118,88 тис. грн/га. Дещо меншою вона була у батьківського компоненту ОР-32А – 107,69–117,63 тис. грн/га, ще меншою встановлена у батьківського ОР-28А – 100,98–111,53 тис. грн/га. Найменшою вартість валової продукції була у лінії ОР-26А – 90,08–99,54 тис. грн/га.

Таблиця 1

Економічна ефективність вирощування лінії – батьківських компонентів залежно від густоти (середнє за 2019–2021 рр.)

Лінія (фактор А)	Густота рослин (фактор В)	Урожайність, т/га	Витрати, тис. грн/га	Вартість валової продукції, тис. грн/га	Собівартість продукції, тис. грн/т	Умовно чистий прибуток, тис. грн/га	Рентабельність, %
ОР–26А (ФАО 240)	70	3,52	42,25	102,08	12,00	90,08	213
	80	3,61	42,35	104,69	11,73	92,96	220
	90	3,75	42,85	108,75	11,43	97,32	227
	100	3,82	42,95	110,78	11,24	99,54	232
АВ–20Б (ФАО 260)	70	3,61	43,55	104,69	12,06	92,63	213
	80	3,75	43,95	108,75	11,72	97,03	221
	90	4,17	44,25	120,93	10,61	110,32	249
	100	3,92	44,55	113,68	11,36	102,32	230
ОР–28А (ФАО 260)	70	3,87	43,55	112,23	11,25	100,98	232
	80	3,99	43,95	115,71	11,02	104,69	238
	90	4,21	44,45	122,09	10,56	111,53	251
	100	4,12	44,55	119,48	10,81	108,67	244
ОР–32А (ФАО 320)	70	4,35	46,25	126,15	10,63	115,52	250
	80	4,42	46,65	128,18	10,55	117,63	252
	90	4,19	47,15	121,51	11,25	110,26	234
	100	4,11	47,25	119,19	11,50	107,69	228
АВ–30Б (ФАО 320)	70	4,39	46,25	127,31	10,54	116,77	252
	80	4,46	46,65	129,34	10,46	118,88	255
	90	4,21	47,15	122,09	11,20	110,89	235
	100	4,19	47,25	121,51	11,28	110,23	233

Враховуючи виробничі витрати на вирощування кукурудзи слід відмітити, що найбільше прибутковим та найменше затратним агрозаходом виявився такий фактор як густота рослин. За рахунок підвищення врожайності зерна кукурудзи і зниження технологічних витрат чистий прибуток складає 90,08–118,88 тис. гривень з гектара.

Найбільший умовно чистий прибуток та рентабельність був у батьківського компоненту АВ-30Б за густоти 80 тис. рослин/га – 118,88 тис. грн/га та 255% відповідно.

У батьківського компоненту ОР-26А найбільший умовно чистий прибуток та рентабельність зафіксовано за густоти рослин 100 тис. росл./га – 99,54 тис. грн/га та 232% відповідно.

Найбільший умовно чистий прибуток та рентабельність у лінії АВ-20Б були за густоти рослин 90 тис. росл./га – 110,32 тис. грн/га та 249% відповідно.

У лінії ОР-28А найбільший умовно чистий прибуток та рентабельність були за густоти рослин 90 тис. росл./га – 111,53 тис. грн/га та 251% відповідно.

Найбільший умовно чистий прибуток та рентабельність у лінії ОР-32А були за густоти рослин 80 тис. росл./га – 117,63 тис. грн/га та 252% відповідно.

За виробництва товарного зерна головним показником економічної ефективності вирощування гібридів є збільшення виходу продукції з 1 га, зниження собівартості, збільшення прибутку і підвищення рівня рентабельності. На основі даних технологічної карти та довідкової літератури нами розрахована економічна ефективність вирощування гібридів кукурудзи різних груп ФАО.

Результати розрахунків економічної ефективності вирощування гібридів кукурудзи на зерно свідчать про те, що вартість валової продукції гібридів культури коливалась в широкому спектрі: від 43,00 тис. грн/га у гібриду Зедан 26 за густоти рослин 70 тис. росл./га до 60,96 тис. грн/га у гібриду Зедан 32 за густоти рослин 80 тис. рослин/га (табл. 2).

Собівартість продукції залежала від гібриду та густоти рослин. Так максимальних значень 1,72 тис. грн/т собівартість продукції сягала за вирощування гібриду Зедан 26 за густоти 70 тис. рослин/га, а найнижчою собівартість продукції була у гібриду Зедан 32 за густоти 80 тис. рослин/га – 1,29 тис. грн/т.

Розрахунки умовно чистого прибутку виробництва гібридів кукурудзи свідчать, що максимальне значення умовно чистого прибутку – 41,26 тис. грн/га, спостерігалось у середньостиглого гібриду Зедан 32 за густоти 80 тис. росл./га.

Рівень рентабельності виробництва напряму залежить від досліджених показників. За густоти 90 та 80 тис. росл./га у середньостиглого гібриду Зедан 32 показник рівня рентабельності був максимальний – 197 та 209% відповідно.

Щодо економічних показників вирощування гібридів кукурудзи за різних густот стояння рослин, в середньому за роки досліджень, отримані результати: рівень собівартості продукції значним чином залежав від густоти. Так за густоти 70 тис. росл./га він коливався від 1,39 до 1,72 тис. грн/т, за густоти 80 тис. росл./га – від 1,29 до 1,57 тис. грн/т; за густоти 90 тис. росл./га – від 1,35 до 1,46 тис. грн/т; за густоти 100 тис. росл./га – від 1,49 до 1,51 тис. грн/т.

Собівартість продукції максимально коливається, якщо порівнювати її по гібридах різних груп стиглості. Так у гібриду Зедан 26 собівартість склала 1,46–1,72 тис. грн/т, у гібриду Зедан 28 – 1,42–1,57 тис. грн/т, у середньостиглого гібриду Зедан 32 – 1,29–1,49 тис. грн/т.

Вартість валової продукції з 1 га за різної густоти була максимальною у лінії-батьківського компоненту АВ-30Б і склала за варіантами досліду від 110,23 до 118,88 тис. грн/га, найменшою вартість валової продукції була у лінії ОР-26А – 90,08 – 99,54 тис. грн/га.

Найбільша урожайність насіння зафіксована у лінії АВ-30Б (4,46 т/га) за густоти 80 тис. рослин/га. Найбільший умовно чистий прибуток та рентабельність у батьківського компоненту АВ-30Б за густоти 80 тис. рослин/га – 118,88 тис. грн/га та 255% відпо-

Таблиця 2

Економічна ефективність вирощування гібридів кукурудзи залежно від густоти рослин (середнє за 2019–2021 рр.)

Гібрид (фактор А)	Густота рослин (фактор В)	Урожайність, т/га	Витрати, тис. грн/га	Вартість валової продукції, тис. грн/га	Собівартість продукції, тис. грн/т	Умовно чистий прибуток, тис. грн/га	Рентабельність, %
Зедан 26 (ФАО 240)	70	10,75	18,50	43,00	1,72	24,50	132
	80	11,94	18,70	47,76	1,57	29,06	155
	90	12,92	18,80	51,68	1,46	32,88	175
	100	12,52	18,90	50,08	1,51	31,18	165
Зедан 28 (ФАО 260)	70	11,83	18,60	47,32	1,57	28,72	154
	80	12,32	19,10	49,28	1,55	30,18	158
	90	13,54	19,20	54,16	1,42	34,96	182
	100	12,94	19,30	51,76	1,49	32,46	168
Зедан 32 (ФАО 320)	70	14,14	19,60	56,56	1,39	36,96	189
	80	15,24	19,70	60,96	1,29	41,26	209
	90	14,63	19,70	58,52	1,35	38,82	197
	100	13,33	19,90	53,32	1,49	33,42	168

відно. Найбільший умовно чистий прибуток та рентабельність у батьківського компоненту ОР-26А за густоти рослин 100 тис. росл./га – 99,54 тис. грн/га та 232% відповідно. Найбільший умовно чистий прибуток та рентабельність у лінії АВ-20Б був за густоти рослин 90 тис. росл./га – 110,32 тис. грн/га та 249% відповідно. Найбільший умовно чистий прибуток та рентабельність у лінії ОР-28А за густоти рослин 90 тис. росл./га – 111,53 тис. грн/га та 251% відповідно. Найбільший умовно чистий прибуток та рентабельність у лінії ОР-32А за густоти рослин 80 тис. росл./га – 117,63 тис. грн/га та 252% відповідно.

Вартість валової зернової продукції гібридів культури коливалась від 43,00 тис. грн/га у гібриду Зедан 26 за густоти рослин 70 тис. росл./га до 60,96 тис. грн/га у гібриду Зедан 32 за густоти рослин 80 тис. рослин/га.

Показник рівня рентабельності був максимальний – 197, 209% за густоти 90 та 80 тис. росл./га у середньостиглого гібриду Зедан 32.

Рівень собівартості продукції значним чином залежав від густоти. Так за густоти 70 тис. росл./га він коливався від 1,39 до 1,72 тис. грн/т, за густоти 80 тис. росл./га від 1,29 до 1,57 тис. грн/т, за густоти 90 тис. росл./га від 1,35 до 1,46 тис. грн/т, за густоти 100 тис. росл./га від 1,49 до 1,51 тис. грн/т. У гібриду Зедан 26 собівартість склала 1,46–1,72 тис. грн/т, у гібриду Зедан 28 – 1,42–1,57 тис. грн/т, у середньостиглого гібриду Зедан 32 – 1,29–1,49 тис. грн/т.

Висновки. Враховуючи виробничі витрати на вирощування ліній – батьківських компонентів гібридів кукурудзи встановлено, що найбільш прибутковим та найменш затратним агрозаходом виявився такий фактор як густота рослин. За рахунок підвищення врожайності насіння ліній кукурудзи і зниження технологічних витрат, чистий прибуток може складати 90,08 – 117,63 тис. гривень з гектара.

Собівартість зернової продукції гібридів залежала від генотипу та густоти рослин. Максимальних значень (1,72 тис. грн/т) собівартість зернової продукції сягала за вирощування гібриду Зедан 26 за густоти 70 тис. рослин/га, а найнижчою собівартість продукції була у гібриду Зедан 32 за густоти 80 тис. рослин/га – 1,29 тис. грн/т. Максимальне значення умовно чистого прибутку (41,26 тис. грн/га) зафіксоване у середньостиглого гібриду Зедан 32 за густоти 80 тис. росл./га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Грідін О. В. Сучасний стан та тенденції розвитку сфер виробництва, переробки та реалізації зерна: український та загальносвітовий контекст. *Східна Європа: економіка, бізнес та управління*. 2018. № 3(14). С. 54–62. URL: http://www.easterneurope-ebm.in.ua/14-2018-ukr.
2. Семенда Д. К., Семенда О. В., Семенда О. В. Сучасний стан та шляхи підвищення економічної ефективності виробництва зерна кукурудзи. *Агросвіт*. 2020. № 3. С. 43–49.
3. Черемісіна С. Г. Стан та перспективи розвитку експорту зернових культур з України до країн Африки. *Економіка АПК*. 2021. № 3. С. 33–43.
4. Кириленко І.Г., Івченко В.Є., Дем'янчук В.В. Основні тенденції розвитку світового продовольчого ринку та виробництво продовольства в Україні. *Економіка АПК*. 2018. № 9. С. 34–45.
5. Грідін О. В. Зернопродуктовий підкомплекс України: сучасний стан, актуальні проблеми та перспективи розвитку. *Актуальні проблеми інноваційної економіки.* 2017. № 1. С. 21–27.
6. Вожегова Р. А., Забара П. П. Економічна оцінка вирощування ліній батьківських компонентів та гібридів кукурудзи різних груп ФАО в умовах південного степу України. *Аграрні інновації.* 2021. № 10. С. 115–121. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.10.18.
7. Лавриненко Ю. О., Марченко Т. Ю., Забара П. П. Селекційні надбання та їх роль в стабілізації виробництва зерна кукурудзи в Україні. *Зрошуване землеробство*: міжвідомчий тематичний науковий збірник. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2019. Вип. 72. С. 160–174. http://doi.org/10.32848/0135-2369.2019.72.21.
8. Raisa Vozhehova, Tetyana Marchenko, Olena Piliarska, Yurii Lavrynenko, Nataliya Halchenko, Pavlo Lykhovyd. Grain corn product yield and gross value depending on the hybrids and application of biopreparations in the irrigated conditions. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development.* 2021. Vol. 21, Issue 4. C.611–619.
9. Ушкаренко В. О., Нікішенко В. Л., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Дисперсійний і кореляційний аналіз результатів польових дослідів: монографія. Херсон: Айлант, 2009. 372 с.
10. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Методика польового досліду (зрошуване землеробство). Херсон: Грінь Д.С., 2014. 448 с.

REFERENCES:

1. Hridin, O.V. (2018). Suchasnyi stan ta tendentsii rozvytku sfer vyrobnytstva, pererobky ta realizatsii zerna: ukrainskyi ta zahalnosvitovyi kontekst [The current state and trends in the development of grain production, processing and sales: Ukrainian and global context]. *Skhidna Yevropa: ekonomika, biznes ta upravlinnia – Eastern Europe: Economy, Business and Management,* 3(14), 54-62. URL: http://www.easterneurope-ebm.in.ua/14-2018-ukr [in Ukrainian].
2. Semenda, D.K., Semenda, O.V., & Semenda, O.V. (2020). Suchasnyi stan ta shliakhy pidvyshchennia ekonomichnoi efektyvnosti vyrobnytstva zerna kukurudzy [Current status and ways of increasing the economic efficiency of corn grain production]. *Ahrosvit – Agroworld,* 3, 43–49 [in Ukrainian].
3. Cheremisina, S.G. (2021). Stan ta perspektyvy rozvytku eksportu zernovykh kultur z Ukrainy do krain Afryky [The state and prospects for the development of the export of grain crops from Ukraine to African countries]. *Ekonomika APK – Economy of agro-industrial complex,* 3, 33–43 [in Ukrainian].
4. Kirylenko, I.G., Ivchenko, V.E., & Demyanchuk, V.V. (2018). Osnovni tendentsii rozvytku svitovoho prodovolchoho rynku ta vyrobnytstvo prodovolstva v Ukraini [The main trends in the development of the world food market and food production in Ukraine]. *Ekonomika APK – Economy of agro-industrial complex*, 9, 34–45 [in Ukrainian].
5. Hridin, O.V. (2017). Zernoproduktovyi pidkompleks Ukrainy: suchasnyi stan, aktualni problemy ta perspektyvy rozvytku [The grain product sub-complex of Ukraine: current state, current problems and pros-

pects for development]. *Aktualni problemy innovatsiinoi ekonomiky – Actual problems of innovative economy,* 1, 21–27 [in Ukrainian].
6. Vozhehova, R.A. & Zabara, P.P. (2021). Ekonomichna otsinka vyroshchuvannia linii batkivskykh komponentiv ta hibrydiv kukurudzy riznykh hrup FAO v umovakh pivdennoho stepu Ukrainy. Economic evaluation of the cultivation of lines of parental components and hybrids of corn of different FAO groups in the conditions of the southern steppe of Ukraine. *Ahrarni innovatsii – Agrarian innovations,* 10, 115–121. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.10.18 [in Ukrainian].
7. Lavrynenko, Y.O., Marchenko, T.Yu., & Zabara, P.P. (2019). Selektsiini nadbannia ta yikh rol v stabilizatsii vyrobnytstva zerna kukurudzy v Ukraini [Breeding properties and their role in stabilization of corn grain production in Ukraine]. *Zroshuvane zemlerobstvo: mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zbirnyk – Irrigated agriculture: interdepartmental thematic scientific collection,* 72, 160–174. http://doi.org/10.32848/0135-2369.2019.72.21 [in Ukrainian].
8. Raisa Vozhehova, Tetyana Marchenko, Olena Piliarska, Yurii Lavrynenko, Nataliya Halchenko, & Pavlo Lykhovyd. (2021). Grain corn product yield and gross value depending on the hybrids and application of biopreparations in the irrigated conditions. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development,* 21(4), 611–619 [in English].
9. Ushkarenko, V.O., Vozhehova, R.A., Holoborodko, S.P., & Kokovikhin, S.V. (2014). *Metodyka polovoho doslidu (Zroshuvane zemlerobstvo)* [Methods of field research (Irrigated agriculture)]. Kherson: Ailant, 372 [in Ukrainian].
10. Ushkarenko, V.O., Nikishenko, V.L., Holoborodko, S.P., & Kokovikhin, S.V. (2009). *Dyspersiinyi i koreliatsi – inyi analiz rezultativ polovykh doslidiv* [Dispersion and correlation analysis of the results of field experiments]. Kherson: Grin D.S., 448 [in Ukrainian].

Скакун В.М., Марченко Т.Ю., Завальнюк О.І. Економічна оцінка вирощування ліній батьківських компонентів та гібридів кукурудзи різних груп ФАО в умовах Центрального Лісостепу

Мета. З'ясувати економічну оцінку вирощування ліній–батьківських компонентів та гібридів кукурудзи різних груп ФАО при вирощуванні в умовах Центрального Лісостепу України. **Методи.** Двофакторний польовий дослід, методи математичної статистики, економічні розрахунки. **Результати.** За результатами аналізу економічних показників вирощування ліній-батьківських компонентів гібридів кукурудзи встановлено, що найбільша вартість валової продукції з 1 га була одержана на посівах лінії-батьківського компоненту АВ–30Б за густоти 70 тис. росл./га – 129,34 грн/га. В цьому варіанті також була встановлена найменша собівартість однієї тонни зерна – 10,01 тис. грн/т. Вартість валової продукції з 1 га за різної густоти була максимальною у лінії-батьківського компоненту АВ-30Б і склала за варіантами досліду від 110,23 до 118,88 тис. грн/га, дещо меншою у батьківського компоненту ОР-32А – 107,69–117,63 тис. грн/га, менше у батьківського ОР-28А – 100,98–111,53 тис. грн/га, найменшою вартість валової продукції була у лінії ОР-26А – 90,08–99,54 тис. грн/га. Враховуючи виробничі витрати на вирощування кукурудзи слід відмітити, що найбільше прибутковим та найменше затратним агрозаходом виявився такий фактор як густота рослин. За рахунок підвищення врожайності зерна кукурудзи і зниження технологічних витрат чистий прибуток складає 90,08–118,88 тис. гривень з гектара. Результати розрахунків економічної ефективності вирощування гібридів кукурудзи свідчать про те, що вартість валової продукції гібридів культури коливалась в широкому спектрі: від 43,00 тис. грн/га у гібриду Зедан 26 за густоти рослин 70 тис. росл./га до 60,96 тис. грн/га у гібриду Зедан 32 за густоти рослин 80 тис. рослин/га. **Висновки.** Враховуючи виробничі витрати на вирощування ліній – батьківських компонентів гібридів кукурудзи слід відмітити, що найбільше прибутковим та найменше затратним агрозаходом виявився такий фактор як густота рослин. За рахунок підвищення врожайності зерна ліній кукурудзи і зниження технологічних витрат, чистий прибуток буде складати 90,08 – 117,63 тис. гривень з гектара. Найбільший умовно чистий прибуток та рентабельність у батьківського компоненту АВ-30Б за густоти 80 тис. рослин/га – 118,88 тис. грн/га та 255% відповідно. Найбільший умовно чистий прибуток та рентабельність у батьківського компоненту ОР-26А за густоти рослин 100 тис. росл./га – 99,54 тис. грн/га та 232% відповідно. Найбільший умовно чистий прибуток та рентабельність у лінії АВ-20Б був за густоти рослин 90 тис. росл./га – 110,32 тис. грн/га та 249% відповідно. Найбільший умовно чистий прибуток та рентабельність у лінії ОР-28А за густоти рослин 90 тис. росл./га – 111,53 тис. грн/га та 251% відповідно. Найбільший умовно чистий прибуток та рентабельність у лінії ОР-32А за густоти рослин 80 тис. росл./га – 117,63 тис. грн/га та 252% відповідно. Вартість валової продукції гібридів культури коливалась від 43,00 тис. грн/га у гібриду Зедан 26 за густоти рослин 70 тис. росл./га до 60,96 тис. грн/га у гібриду Зедан 32 за густоти рослин 80 тис. рослин/га. Найнижчою собівартість продукції була у гібриду Зедан 32 за густоти 80 тис. рослин/га – 1,29 тис. грн/т. Максимальне значення умовно чистого прибутку – 41,26 тис. грн/га, спостерігалось у середньостиглого гібриду Зедан 32 за густоти 80 тис. росл./га. Показник рівня рентабельності був максимальний – 197, 209% за густоти 90 та 80 тис. росл./га у середньостиглого гібриду Зедан 32.

Ключові слова: гібрид, лінія – батьківський компонент, урожайність, умовно чистий прибуток, рентабельність, собівартість, собівартість.

Skakun V.M., Marchenko T.Yu., Zavalnyuk O.I. Economic evaluation of the cultivation of lines of parental components and hybrids of corn of different FAO groups in the conditions of the Central Forest Steppe

Purpose. To find out the economic evaluation of the cultivation of parental component lines and hybrids of corn of different FAO groups when grown in the conditions of the Central Forest Steppe of Ukraine. **Research methods.** Two-factor field experiment, methods of mathematical statistics, economic calculations. **Results.** According to the results of the analysis of the economic indicators of the cultivation of parent lines of corn hybrids, it was established that the highest value of gross production from 1 ha was obtained by sowing the parent line AV-30B at a density of 70 thousand plants/ha – UAH 129.34/ha. In this version, the lowest cost price of one ton of grain was also established – UAH 10.01 thousand/t. The cost of gross production from 1 hectare at different densities was

the maximum in the line-parent component AB-30B and amounted to 110.23 to 118.88 thousand hryvnias/ha according to the variants of the experiment, slightly less in the parent component OP-32A – 107.69 -117.63 thousand hryvnias/ha, less in the parent OP-28A – 100.98–111.53 thousand hryvnias/ha, the lowest cost of gross production was in the line OP-26A – 90.08–99.54 thousand hryvnias. UAH/ha. Taking into account the production costs of growing corn, it should be noted that the most profitable and the least expensive agromeasure turned out to be such a factor as plant density. Due to the increase in the yield of corn grain and the reduction of technological costs, the net profit is 90.08–118.88 thousand hryvnias per hectare. The results of the calculations of the economic efficiency of the cultivation of corn hybrids indicate that the cost of the gross production of hybrids of the culture varied in a wide range: from 43,000 hryvnias/ha for the Zedan 26 hybrid at a plant density of 70,000 plants/ha to 60,9600 hryvnias UAH/ha for the Zedan 32 hybrid at a plant density of 80,000 plants/ha. **Conclusions.** Taking into account the production costs of growing lines – parent components of corn hybrids, it should be noted that the most profitable and the least costly agromeasure turned out to be such a factor as plant density. Due to the increase in the grain yield of corn lines and the reduction of technological costs, the net profit will be 90.08–117.63 thousand hryvnias per hectare. The highest conditionally net profit and profitability of the parent component AB-30B at a density of 80 thousand plants/ha – 118.88 thousand UAH/ha and 255%, respectively. The highest conditionally net profit and profitability of the parent component OP-26A at a plant density of 100 thousand plants/ha – 99.54 thousand UAH/ha and 232%, respectively. The highest conditionally net profit and profitability in the AB-20B line was at a plant density of 90 thousand plants/ha – 110.32 thousand UAH/ha and 249%, respectively. The highest conditionally net profit and profitability in the OR-28A line at a plant density of 90 thousand plants/ha – 111.53 thousand UAH/ha and 251%, respectively. The highest conditionally net profit and profitability in the OR-32A line at a plant density of 80 thousand plants/ha – 117.63 thousand UAH/ha and 252%, respectively. The cost of gross production of hybrids of the culture ranged from 43,000 hryvnias/ha in the Zedan 26 hybrid at a plant density of 70,000 plants/ha to 60,960 hryvnias/ha in the Zedan 32 hybrid at a plant density of 80,000 plants/ha Ha. The lowest production cost was for the Zedan 32 hybrid at a density of 80,000 plants/ha – 1.29,000 UAH/t. The maximum value of conditional net profit – 41.26 thousand hryvnias/ha, was observed in the mid-ripening hybrid Zedan 32 at a density of 80 thousand plants/ha. The indicator of the level of profitability was the maximum – 197, 209% at densities of 90 and 80 thousand plants/ha in the mid-ripening hybrid Zedan 32.

Key words: hybrid, line-parental component, productivity, conditionally net profit, profitability, cost price, cost price.

УДК 631.581.5:631524.84:633.34
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.17

ВПЛИВ СТРОКІВ СІВБИ ПШЕНИЦІ ТА ЯЧМЕНЮ ОЗИМИХ НА ПРОЦЕСИ ФОРМУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ УРОЖАЙНОСТІ

СОБКО М.Г. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0002-3752-2449
Інститут сільського господарства Північного Сходу
Національної академії аграрних наук України
БУТЕНКО А.О. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0001-5431-3481
Сумський національний аграрний університет
КРЮЧКО Л.В. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0003-0528-210X
Сумський національний аграрний університет
СОБРАН І.В. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0002-5553-657X
Сумський національний аграрний університет

Постановка проблеми. Одним із основних прийомів вирощування, особливо озимих колосових культур, є правильний вибір строків сівби. Сівба – перший і найвідповідальніший період, який значною мірою зумовлює час та повноту появи сходів, подальший ріст і розвиток рослин в осінній період вегетації, продовження фаз загартування, морозо- та зимостійкість, стійкість до інших стресових явищ, хвороб, шкідників, бур'янів, які на кінцевому етапі і є визначальними факторами отримання високих врожаїв озимих культур, особливо озимої пшениці [3].

Строки сівби змінюються залежно від біологічних особливостей сорту. Для пластичних сортів інтервал оптимальних строків сівби довший. Календарні строки сівби сортів інтенсивного типу помітно змістились, порівняно з раніше вирощуваними сортами, на другу половину оптимальних строків. З практичної точки зору безумовно потрібно знати стан озимих зернових колосових культур за різних строків сівби. Загальновідомо, що як ранні, так і пізні строки сівби негативно впливають на врожайність даної культури.

Посіви ранніх строків закінчують вегетацію восени перерослими з коефіцієнтом кущення більше ніж 6–8 стебел, а пізнього строку – мають до кінця вегетації більший процент слабо розкущених рослин, що перебувають у фазі сходів або третього листка..

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні умови вимагають вирощування основних сортів зернових культур, найбільш пристосованих до умов нестійкого гідротермічного режиму, стресових ситуацій, зі слабкою реакцією на регульовані та нерегульовані фактори зовнішнього середовища, високою адаптивністю та широкою агроекологічною пластичністю, здатними до формувати стабільно високий урожай [2, 5].

Першочерговими завданнями науковців та дослідників є раціональне використання агрометеорологічних ресурсів, визначення оптимальних строків проведення робіт з елементів технології вирощування з урахуванням погодних умов поточного року та на їх основі вдосконалення адаптивних технологій вирощування зернових культур. посівів в умовах зони нестійкого зволоження. Це сприятиме підвищенню врожайності, валового збору зерна, стійкості сільського господарства та відновленню родючості ґрунтів [1, 3, 9].

За результатами досліджень, проведених науково-дослідними установами України, відхилення строків сівби від оптимальних на 15–20 днів призводить до зниження урожайності на 15–45% за рахунок отримання перерослих, загущених або слабких некущів. рослини в період закінчення осінньої вегетації. При несприятливих умовах зимівлі такі рослини можуть повністю загинути. Враховуючи фактори позитивного чи негативного впливу на врожай, можна суттєво нівелювати вплив метеорологічних умов і цілеспрямовано використовувати фактори, контрольовані людиною [6, 7, 10].

Мета наших досліджень полягала в узагальненні результатів експериментів щодо підвищення стійкості озимих зернових культур до несприятливих умов погоди та на їх основі удосконалити адаптивні технології вирощування озимих зернових культур в умовах північно-східного Лісостепу України. Важливим є раціональне використання агрометеорологічних ресурсів, визначення оптимальних строків проведення робіт по елементам технології вирощування. Це сприятиме росту урожайності, валовому збору зерна та підвищенню стійкості землеробства.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводили в зерно-просапній сівозміні відділу землеробства Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН. Ґрунт, на якому проводили дослідження – чорнозем типовий, pH сольової витяжки – 5,8–6,3; сума ввібраних основ – 31,2–41,7 мг-екв; P2O5 і K2O за Чириковим – 14,8 і 11,0 мг на 100 г ґрунту, гумус за Тюріним – 4,2%, нітратний азот – 1,12–2,35 мг, аміачний – 0,05-0,29 мг, легкогідролізований азот – 8,4–10,9 мг на 100 г ґрунту.

Температурний режим осіннього періоду був вищим за багаторічні показники. Так, вересень був теплішим, порівняно з багаторічними даними на 2,1 °С, жовтень – 3,5 °С, листопад – 2,8 °С. Метеорологічне припинення

осінньої вегетації рослин в 2019 році, або перехід середньодобової температури повітря через +5 °С в бік зниження відбулося 15 листопада.

Грудень місяць був теплим з середньомісячною температурою 1,4 °С, при середньо-багаторічному показнику -3,8 °С. Середньомісячна температура січня склала -0,5 °С, що вище за середньобагаторічну норму на 5,6 °С. Сніговий покрив у грудні-січні був відсутній, за виключенням кількох днів в кінці січня, коли випав сніг і під дією плюсових температур розтанув. У зв'язку з тим, що в грудні – січні температура повітря була плюсова, іноді з незначними морозами, промерзання грунту майже не було.

Теплим був і лютий, проте в першій декаді переважала морозна погода. Так, середньо-декадна температура повітря за декадами становила -2,7; +0,8 та 1,2 °С, що вище за багаторічний показник на 3,6; 6,5 та 5,3 °С відповідно. За місяць середня температура повітря склала -3,0 °С. Середньодобова температура повітря перейшла через 0 °С в бік підвищення 04.03.2020 року і свідчить про те, що зимовий період закінчився і почалася весна. Сніговий покрив зійшов повністю 07.03.2020 року. Озимі зернові культури почали відростати і відновили вегетацію 04.03.2020 р. Коли середньодобова температура повітря перейшла через +5 °С.

У березні температурний режим становив 5,4 °С. Опадів випало 15 мм – 39% від багаторічного показника (38 мм). За квітень середньодобова температура повітря становила 7,8 °С, що на 0,9 °С менше багаторічного показника 8,7 °С. Опадів випало 12 мм – 30% від багаторічного показника 40 мм. На поверхні ґрунту спостерігалися приморозки силою від мінус 10 °С до 0 °С. Травень був помірно теплим. Середньодобова температура повітря становила 13,5 °С, що на 2,1 °С нижче багаторічної температури. Опадів випало 93 мм – 172% від багаторічні норми 54 мм. У травні також спостерігалися приморозки на поверхні ґрунту силою від мінус 2 °С. Таких днів з приморозками було 3. Останній приморозок на поверхні ґрунту зареєстровано 22.05.2020 р.

За весняний період середньодобова температура повітря становила 8,9 °С що вище на 0,8 °С за багаторічну 8,1 °С. Опадів випало 120 мм – 91% при багаторічній 132 мм. Сума активних температур повітря вище плюс 10 °С за весняний період склала 462 °С, при багаторічній – 620 °С.

Середня добова температура у червні становила 23,3 °С, що вище за багаторічний показник на 4,5 °С. За першу декаду місяця випало 37,9 мм опадів при середній багаторічній нормі 19 мм. Друга декада була без опадів проте середня декадна температура повітря становила 26,2 °С, що перевищувало багаторічний показник на 7,5 °С. За весь місяць випало 50,9 мм опадів, при багаторічному показнику 67 °С.

Початок липня був жарким та посушливим, так середньо-декадна температура повітря за першу декаду місяця 23,1 °С, що вище за багаторічний показник на 3,4 °С. Опадів випало 6,3 мм при багаторічній нормі 26 мм.

Дослід було закладено восени 2019 року. Схема досліду: **фактор А** – строки сівби: 1 вересня, 10 вересня, 20 вересня, 1 жовтня, 10 жовтня, 20 жовтня, 1 листопада; **фактор Б** – сорти: **пшениця озима:** Подоляночка, Богдана, Здобна, Пилипівка, Краєвид, Світанок Миронівський, **ячмінь озимий:** Тутанхамон Повторність варіантів чотириразова. Площа посівної ділянки у досліді з вивчення строків сівби – 44 м^2, облікової – 40 м^2.

Супутні аналізи та обліки проводили за загальноприйнятими методиками [8]. Статистичну обробку отриманих результатів проводили за допомогою програми Statistica [4].

Результати досліджень. З практичної точки зору безумовно потрібно знати стан озимих зернових колосових культур за різних строків сівби. Загальновідомо, що як ранні, так і пізні строки сівби негативно впливають на врожайність даної культури. Посіви ранніх строків закінчують вегетацію восени переростлими з коефіцієнтом кущення більше ніж 6–8 стебел, а пізнього строку – мають до кінця вегетації більший процент слабо розкущених рослин, що перебувають у фазі сходів або третього листка.

В процесі проведення досліджень були визначені біометричні показники рослин озимих зернових культур різних строків сівби після припинення вегетації восени 2019 року (табл. 1).

Фізіологічний стан рослин озимої пшениці, висіяної у оптимальні строки сівби (1.09–20.09) був добрий та задовільний. Фаза розвитку рослин при цьому – кущення. Слабкий стан посівів характеризувався фазою 2–3 листків (висіяних після 10.10). За ранніх строків сівби (1.09) та оптимальних (10.09–20.09) відмічено найкращий стан посівів: рослини знаходились у фазі кущення, мали 2–3 стебла. Коефіцієнт кущення 2,1. За сівби 1.10 рослини перебували у фазі початок кущення. Коефіцієнт кущення при цьому становив 1,4.

Посіви зі строками сівби 01.09; 10.09 та 20.09 не відрізнялись на момент припинення вегетації за біометричними показниками, оскільки через низьке вологозабезпечення зійшли одночасно після пройдених опадів.

Отже, дані посіви пшениці озимої мали густоту рослин в середньому за сортами 429–434 шт./м^2, коефіцієнт кущення становив 2,1. Висота таких рослин залежно від сорту коливалась в межах 14–16 см.

Посіви пшениці озимої зі строком сівби 1 жовтня в середньому мали густоту стояння 438 шт./м^2, коефіцієнт кущення – 1,4; а висоту в залежності від сорту 10–12 см. Рослини пшениці озимої зі строком сівби 10 жовтня мали лише по 3–4 листки. Густота рослин в середньому для сортів становила 437 шт./м^2, висота їх за сортами коливалась в межах 9,0–11,7 см. Такі посіви за станом розвитку характеризуються як слабкі. За сівби 20 жовтня та 1 листопада рослини входили в зиму у фазі сходів. В першу чергу це пов'язано з недостатньою сумою активних температур більше 5 °С за період сівба-припинення вегетації, лише 181,6 °С та 97,1 °С, відповідно та низьким волого забезпеченням (табл. 2).

Подібний стан розвитку був і в ячменю озимого. Густота посівів за строками сівби коливалася в межах 324–405 шт./м^2. Коефіцієнт кущіння в залежності від строку сівби становив 1,8–2,3, а висота 10,3–14,0 см.

Таблиця 1

Біометричні показники пшениці та ячменю озимих залежно від строків сівби після припинення осінньої вегетації, 2019 р.

Сорт	Густота, шт./м²		Коефіцієнт кущення	Фаза розвитку	Висота рослин, см
	Рослин	Стебел			
1	2	3	4	5	6
1 вересня					
Подолянка	420	882	2,1	Кущення	14
Богдана	444	932	2,1	Кущення	14
Здобна	435	957	2,2	Кущення	15
Пилипівка	456	1003	2,2	Кущення	14
Краєвид	429	858	2,0	Кущення	16
Світанок Миронівський	420	924	2,2	Кущення	15
Середнє	434	911	2,1	Кущення	**15**
10 вересня					
Подолянка	447	939	2,1	Кущення	14
Богдана	429	901	2,1	Кущення	14
Здобна	435	957	2,2	Кущення	15
Пилипівка	435	957	2,2	Кущення	14
Краєвид	426	852	2,0	Кущення	16
Світанок Миронівський	414	911	2,2	Кущення	15
Середнє	431	905	2,1	Кущення	**15**
Тутанхамон	339	780	2,3	Кущення	14
20 вересня					
Подолянка	438	920	2,1	Кущення	14
Богдана	447	939	2,1	Кущення	14
Здобна	411	904	2,2	Кущення	15
Пилипівка	435	957	2,2	Кущення	14
Краєвид	429	858	2,0	Кущення	16
Світанок Миронівський	414	911	2,2	Кущення	15
Середнє	429	901	2,1	Кущення	**15**
Тутанхамон	324	745	2,3	Кущення	14
1 жовтня					
Подолянка	468	655	1,4	Поч. кущення	11,3
Богдана	429	644	1,5	Поч. кущення	12,0
Здобна	435	566	1,3	Поч. кущення	11,0
Пилипівка	447	536	1,2	Поч. кущення	10,3
Краєвид	426	511	1,2	Поч. кущення	10,0
Світанок Миронівський	423	677	1,6	Поч. кущення	11,8
Середнє	438	599	1,4	Поч. кущення	**11,0**
Тутанхамон	405	729	1,8	Поч. кущення	11,6
10 жовтня					
Подолянка	429	429	1	1–3 л.	10,2
Богдана	417	417	1	1–3 л.	11,7
Здобна	408	408	1	1–3 л.	9,0
Пилипівка	456	456	1	1–3 л.	10,0
Краєвид	483	483	1	1–3 л.	10,8
Світанок Миронівський	429	429	1	1–3 л.	9,7
Середнє	437	437	1	1–3 л.	**10,1**
Тутанхамон	351	351	1	1–3 л.	10,3

Таблиця 2

Запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту, мм

Шар ґрунту	Запаси вологи, мм				
	21.08.2019 р.	22.01.2020 р.	23.02.2020 р.	04.03.2020 р.	Середнє багаторічне значення
0–20	8,4	39,5	46,0	55,7	30,0
0–50	26,2	89,4	90,1	119,5	75,0
0–100	45,5	137,7	145,5	195,1	180,0

Подальший стан рослин, особливо слабких та зріджених, у вирішальній мірі залежав від погодних умов, у першу чергу від кількості опадів та температурного режиму. Слід зазначити, що посіви озимих культур припинили осінню вегетацію рослин 15 листопада 2019 року. Однак, температурний режим впродовж кінця листопада – початку січня значною мірою відхилявся від середнього багаторічного, а саме був значно вищим. Зважаючи на це, рослини озимих культур, які тимчасово припинили ріст та розвиток в середині листопада, знову періодично відновлювали та припиняли слабку вегетацію.

Важливо відмітити, що висота рослин при цьому значною мірою не змінювалась, а спостерігалося утворення нових пагонів кущення. Особливо це було на користь посівам озимини пізніх строків сівби, на значній частині яких уже в зимовий період рослини досягли фази кущення.

В той же час, тривалий період вегетації, відсутність умов для якісного проходження процесів загартування та періодичне зниження температури до мінус 7–8 °С призвело до часткового ушкодження листкової поверхні рослин.

Узагальнюючи гідротермічні умови на фоні яких відбувалась перезимівля пшениці озимої та інших озимих культур, слід зазначити, що вони були сприятливими, оскільки рослини впродовж більшої частини цього часу не відчували негативної дії низьких температур, в міру були забезпечені вологою і в світлий час доби мали змогу відновлювати процеси життєдіяльності.

Розвиток рослин, їх ріст залежить від вологозабезпечення та суми активних температур від сівби до припинення вегетації та за період сходи-припинення вегетації рослин (табл. 3).

З таблиці 3 видно, що при сівбі 1 вересня показник Суми активних температур >5 °С становив за період сівба-припинення вегетації 840,6 °С. Тривалість осінньої вегетації ранніх та оптимальних строків складала 42 дні. За період сходи-припинення вегетації дані посіви отримали суму активних температур >5 °С – 369,2 °С. При сівбі 10 жовтня від отримання повних сходів до припинення вегетації пройшло 25 дні, а суми активних температур >5 °С становила 194,9 °С. Рослини листяні 20 жовтня вегетували 7 днів від фази сходів до припинення осінньої вегетації і за цей період були забезпечені сумою активних температур >5 °С – 52,7 °С. В порівнянні з минулим роком, в даний період отримано достатню кількість тепла. Проте, відсутність опадів та запасів продуктивної вологи в ґрунті було вирішальним фактором для отримання сходів та повноцінного розвитку рослин.

Протягом зимового періоду 2019–2020 року значні опади в грудні та січні суттєво поповнили запас вологи. На середину лютого в орудному та півметровому горизонтах запас вологи був добрий і відповідав багаторічним значенням. Однак, нижні горизонти ґрунту відзначались низькими запасами вологи. Загалом на цей період в метровому горизонті акумулювалось 145,5 мм, що є менше багаторічного значення. На середину березня стан із вологозабезпеченням покращився завдяки таненню снігу та опадів у вигляді дощу. Відбулося проникнення вологи до нижчих горизонтів. Загальний запас вологи в метровому горизонті підвищився до 195,1 мм, що перевищує багаторічний показник (180 мм).

Аналізуючи гідротермічні показники І та ІІ декади січня можна стверджувати, що за своїми значеннями та тривалістю їх дії вони відповідали початку другої фази загартування рослин, коли за звичайних умов відбувається гальмування процесів дихання, зменшення витрати вуглеводів та поступове зневоднення клітин, яке супроводжується значними якісними змінами структури їх протоплазми, що сприяло станом на 24.01

Таблиця 3

Сума активних температур більше 5 °С від сівби до припинення вегетації та за період сходи-припинення вегетації, 2019 р.

Строк сівби	Сівба-припинення вегетації		Сходи-припинення вегетації	
	сума активних >5 °С	Кількість опадів, мм	сума активних >5 °С	Кількість опадів, мм
1.09	840,6	89,5	369,2	41,2
10.09	663,7	85,0	369,2	41,2
20.09	511,4	80,4	369,2	41,2
1.10	414,1	46,0	285,7	15,9
10.10	326,0	15,9	194,9	15,9
20.10	181,6	15,9	52,7	3,3
1.11	97,1	15,9	Сходів не отримано	

певному збільшенню показника умісту цукрів у вузлах кущення озимих зернових на 1–3% (табл. 4).

Сприятливі умови кінця січня – початку лютого, а саме незначні мінусові температури, нетривала їх дія, відсутність льодяної кірки сприяли помірному використанню рослинами на фізіологічний процес дихання незначної кількості водорозчинних цукрів. До 24 лютого їх вміст у вузлах кущіння зменшився на 5–6 відсотків і на цю дату склав 16–21%, що було доброю гарантією активної вегетації рослин у ранньовесняний період.

Для оцінки стану озимої пшениці та ячменю були відібрані моноліти відповідно до методики визначення життєздатності рослин. Відрощування монолітів озимих культур свідчить про високу життєздатність рослин. В межах природного випадіння, загиблих рослин не було. В цілому стан озимих зернових колосових рослин задовільний.

Приймаючи до уваги гідротехнічні показники січня-лютого вагомих причин для ушкодження, а тим більше для загибелі посівів, не спостерігалося, оскільки зимовий період 2019–2020 рр. відрізнявся підвищеною температурою повітря, яка на 3–5 °С вища за середню багаторічну норму. Незважаючи на не типову для зими погоду, стан посівів озимих культур перебував у межах норми. Відновлення весняної вегетації зафіксована 30 березня. Стан рослин і посівів озимини був добрий та задовільний.

У звітному році було відібрано сноповий матеріал з метою визначення елементів структури врожаю рослин залежно від строків сівби та сортових особливостей (табл. 5). Так, за сівби першого вересня найвищі рослини формувались у сорту Богдана та Подолянка – 113 та 111 см, відповідно. Максимальний продуктивний стеблостій визначено для сорту Богдана – 672 шт./м^2 та Подолянка 648 шт./м^2, в інших сортів даний показник був в межах 618–638 шт./м^2. За показником кількості зерен з колоса переважали сорти Пилипівка, Краєвид (30 шт./колос), де отримана найбільша маса зерен з колоса 1,22 та 1,20 г/колос, відповідно. За показником маси 1000 зерен переважали сорти Краєвид, Пилипівка, Здобна – 40,5 та 40,0 г, відповідно.

Подібні результати отримані і за сівби 10 вересня. Так, сорти Подолянка та Богдана мали висоту рослин 111 та 112 см, відповідно. Дещо більшим був показник кількості зерен з колосу та його маса. Так, максимальні показники отримано у сортів Пилипівка та Краєвид на рівні 33 та 32 шт., а їх маса становила 13,3 та 12,9 г.

Показники структури врожаю перших строків сівби 1.09; 10.09; та 20.09 мало різнились між собою. За більш пізніх строків, починаючи від 1.10 спостерігалась тенденція до зменшення висоти рослини пшениці озимої в залежності від строку сівби. В середньому за сортами даний показник зменшувався від 94 до 85 см, тоді як за ранніх строків сівби становив 104–117 см. За більш пізніх строків сівби (10.10-01.11) показники маси зерна з колосу та маси 1000 зерен були дещо нижчим ніж при ранніх та оптимальних строках. В середньому за сортами маса зерен з колосу за пізніх строків сівби становила 0,9 та 1,0 г/колос, а маса 1000 зерен 31,9–33,8 г, тоді як при ранніх та оптимальних строках сівби дані показники варіювали в межах 1,4–1,17 г/колос та 37,8–38,4 г.

У звітному році урожайність озимої пшениці в середньому за сортами в залежності від строку сівби змінювалась в межах 4,87–5,73 т/га. Максимальною вона була за умов сівби 1 вересня, перевищення контролю (строк сівби 10 вересня) в середньому за сортами складало 0,19 т/га. Найнижчий показник отримано за сівби 10 жовтня, що менше за контрольний варіант на 0,67 т/га. Серед строків, що досліджувались за всіх строків сівби найбільш урожайними були Краєвид, Пилипівка та Здобна. Максимальна урожайність в досліді отримана у сорту Краєвид – 6,88 т/га за сівби 20 жовтня, що перевищує контроль на 0,70 т/га (11,3%). Сорт Краєвид був найменш чутливим до фактору строку сівби. Так його урожайність в досліді змінювалась в межах 6,18–6,88 т/га і була найменшою за сівби 10 вересня. Тоді, як урожайність більшості сортів за умов сівби в пізніші строки зменшувалась і була нижчою за контрольний варіант, показник урожайності сорту Краєвид навіть за сівби 1 листопада перевищував контроль на 0,42 т/га, що становить 6,8% перевищення контролю.

Таблиця 4

Вміст цукрів у вузлах кущення рослин озимих зернових, %, 2019–2020 рр.

Культура сорт		Строк сівби							
		20.09	10.10	20.09	10.10	20.09	10.10	20.09	10.10
		Дата відбору зразків							
		19.11.19		24.01.20		24.02.20		04.03.20	
Пшениця озима	Подолянка	22,3	22,1	23,3	23,4	20,6	20,4	18,7	18,3
	Богдана	21,9	21,4	22,8	23,3	19,9	19,5	18,0	18,3
	Здобна	23,1	21,6	23,7	24,1	20,2	20,8	17,3	17,6
	Пилипівка	21,6	20,9	23,4	24,5	19,8	20,9	18,6	18,9
	Краєвид	21,1	20,3	21,3	23,1	19,4	20,1	18,3	18,5
	Світанок Миронівський	16,8	16,4	16,9	17,5	15,9	16,2	14,4	15,3
	Середнє	21,1	20,4	21,9	22,6	19,3	19,65	17,6	17,8
Ячмінь озимий	Тутанхамон	19,3	17,7	22,4	22,9	18,6	18,5	13,3	14,7

Таблиця 5

Елементи структури врожаю та врожайність сортів озимих зернових колосових культур залежно від строків сівби, 2020 р.

Сорти	Висота рослин, см	Продуктивний стеблостій, шт/м^2	Кількість зерен, шт/колос	Маса зерен, г/колос	Маса 1000 зерен, г	Врожайність, т/га
1	2	3	4	5	6	7
1 вересня						
Подолянка	111	648	28	0,86	36,9	5,55
Богдана	113	672	27	0,90	36,2	5,32
Здобна	102	630	28	1,12	40,0	6,61
Пилипівка	109	636	30	1,22	40,0	6,30
Краєвид	94	618	30	1,20	40,5	6,69
Світанок Миронівський	91	623	29	0,96	32,9	4,88
Середнє по сортах пшениці	103	638	29	1,04	37,8	5,72
10 вересня						
Подолянка	111	594	30	1,13	37,7	5,46
Богдана	112	618	29	1,07	37,2	5,33
Здобна	99	624	31	1,24	39,4	5,67
Пилипівка	109	594	33	1,33	40,4	6,06
Краєвид	94	606	32	1,29	40,1	6,18
Світанок Миронівський	87	612	27	0,95	34,5	4,52
Середнє по сортах пшениці	101	608	30	1,17	38,2	5,54
20 вересня						
Подолянка	112	546	29	1,10	37,8	4,70
Богдана	115	558	29	1,08	37,4	4,66
Здобна	99	600	28	1,10	39,8	6,02
Пилипівка	108	618	28	1,20	42,2	6,06
Краєвид	95	630	28	1,21	42,3	6,24
Світанок Миронівський	81	660	28	0,85	30,8	4,78
Середнє по сортах пшениці	102	602	28	1,09	38,4	5,41
1 жовтня						
Подолянка	96	558	28	1,05	37,9	4,80
Богдана	99	600	27	1,00	37,1	4,85
Здобна	94	552	29	1,20	42,0	5,60
Пилипівка	106	660	28	1,08	39,3	6,22
Краєвид	89	582	33	1,36	41,0	6,56
Світанок Миронівський	80	636	26	0,81	31,1	4,65
Середнє по сортах пшениці	94	598	28	1,08	38,1	5,45
10 жовтня						
Подолянка	96	690	25	0,80	32,0	4,60
Богдана	99	588	28	0,91	32,5	4,13
Здобна	86	762	24	0,84	35,4	4,95
Пилипівка	101	720	28	0,92	32,7	5,53
Краєвид	85	648	32	1,14	35,8	6,21
Світанок Миронівський	74	582	31	0,81	26,4	3,79
Середнє по сортах пшениці	90	665	28	0,90	32,5	4,87

Продовження таблиці 5

1	2	3	4	5	6	7
20 жовтня						
Подолянка	95	702	27	0,74	27,6	4,28
Богдана	96	624	26	0,85	32,3	4,27
Здобна	83	600	28	1,07	38,1	5,18
Пилипівка	100	672	33	1,00	30,7	5,82
Краєвид	85	606	36	1,30	36,3	6,88
Світанок Миронівський	74	684	28	0,74	26,6	4,20
Середнє по сортах пшениці	89	648	30	1,0	31,9	5,11
1 листопада						
Подолянка	90	528	28	1,03	36,4	4,52
Богдана	95	516	29	1,04	35,5	4,58
Здобна	81	612	28	1,13	35,5	5,12
Пилипівка	94	618	32	1,11	34,9	5,78
Краєвид	80	708	30	1,08	35,9	6,60
Світанок Миронівський	69	606	31	0,73	24,6	3,78
Середнє по сортах пшениці	85	598	30	1,0	33,8	5,06

НІР 05 т/га для фактору строк сівби *0,41*

НІР 05 т/га для фактору сорту *0,30*

Найменш урожайним у звітному році був сорт Світанок Миронівський, урожайність якого в залежності від строку сівби складала 3,78–4,88 т/га і дані показники відповідали граничним строкам сівби.

Таким чином, в умовах 2020 р. врожайність озимої пшениці по строках сівби (в середньому по сортах) отримана наступна: 1 вересня – 5,72 т/га, 10 вересня- 5,54 т/га, 20 вересня – 5,41 т/га, 1 жовтня – 5,45 т/га, 10 жовтня – 4,87 т/га, 20 вересня – 5,11 т/га, 1 листопада – 5,06 т/га.

Озимий ячмінь сорту Тутанхамон, в залежності від строку сівби мав висоту 95–115 см. Найвищими були рослини на посівах 20 вересня (табл. 6). За більш пізніх строків сівби висота рослин зменшувалась. Максимальний продуктивний стеблостій отримано при сівбі 1 жовтня на рівні 480 шт/м^2. Проте показники структури врожаю формувались максимальними за сівби 10 та 20 вересня. Так, кількість зерен та маса зерна з колосу на рівні 40 шт./колос та 1,6 г/колос були найбільшими за сівби 10 вересня, а максимальна маса 1000 зерен – 40,8 г формувались при сівбі 20 вересня. Урожайність озимого ячменю змінювалась в залежності від строку сівби в межах 4,19–5,44 т/га. Найкращі умови для формування урожайності ячменю озимого в поточному році склались за сівби 1 жовтня, де сформувався максимальний продуктивний стеблостій (480 шт./м^2), тоді як найменший даний показник отримано за сівби 1 листопада.

Висновки. Врожайність озимої пшениці по строках сівби (в середньому по сортах) отримана наступна: 1 вересня – 5,72 т/га, 10 вересня – 5,54 т/га, 20 вересня – 5,41 т/га, 1 жовтня – 5,45 т/га, 10 жовтня – 4,87 т/га, 20 жовтня – 5,11 т/га, 1 листопада – 5,06 т/га. Найбільш врожайними серед сортів озимої пшениці

Таблиця 6

Вплив строків сівби на елементи структури врожаю, фізичні показники та врожайність ячменю озимого сорту Тутанхамон, 2020 р.

Строк сівби	Висота рослин, см.	Продуктивний стеблостій, шт/м^2	Кількість зерен, шт/колос	Маса зерен, г/колос	Маса 1000, г	**Врожайність**	
						т/га	**-+ від контролю** т/га
10.09	112	360	40	1,6	40,2	4,36	-0,87
20.09	115	420	39	1,58	40,8	5,23	К
1.10	107	480	35	1,38	39,8	5,44	0,21
10.10	105	408	39	1,55	39,3	4,88	-0,35
20.10	102	414	38	1,48	39,0	4,84	-0,39
1.11	95	366	37	1,42	38,3	4,19	–1,04

НІР 05 т/га *0,28*

були сорти Краєвид та Пилипівка. Урожайність яких в залежності від строку сівби змінювалась в межах 6,18–6,88 т/га та 5,53–6,30 т/га, відповідно. Найменшою урожайність в досліді характеризувались сорти Богдана (4,13–5,33 т/га) та Світанок Миронівський (3,78–4,88 т/га). Урожайність озимого ячменю змінювалась в залежності від строку сівби в межах 4,19–5,44 т/га. Найкращі умови для формування урожайності ячменю озимого в поточному році склались за сівби 1 жовтня.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Karpenko O., Butenko Y., Rozhko V., Sykalo O., Chernega T., Kustovska A., Onychko V., Tymchuk D.S., Filon V., Novikova A. Influence of Agricultural Systems on Microbiological Transformation of Organic Matter in Wheat Winter Crops on Typical Black Soils. *Journal of Ecological Engineering*, 2022. Vol. 23, no. 9. P. 181–186. DOI: https://doi.org/10.12911/22998993/151885
2. Karpenko O.Yu., Rozhko V.M., Butenko A.O., Samkova O., Lychuk A.I., Matviienko I.S., Masyk I.M., Sobran I.V., Kankash H.D. Influence of agricultural systems and measures of basic tillage on the number of microorganisms in the soil under winter wheat crops of the Right–bank forest–steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2020. Vol. 10, no. 5. P. 76–80.
3. Собко М.Г. Продуктивність сортів озимої пшениці залежно від строків сівби в умовах північної частини Лівобережного Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2014. № 1. С. 6–9.
4. Царенко О.М., Злобін Ю.А., Скляр В.Г., Панченко С.М. Комп'ютерні методи в сільському господарстві та біології: Навчальний посібник. *Суми, Університетська книга*, 2000. 203 с.
5. Long Jiang-xue, Cheng Hui-yan, Dai Zhi-neng, Liu Jian-fu. The Effect of Silicon Fertilizer on The Growth of Chives. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2018. Vol. 192, P. 1–6.
6. Rieznik S., Havva D., Butenko A., Novosad K. Biological activity of chernozems typical of different farming practices. *Agraarteadus*, 2021. Vol. 32, no. 2. P. 307–313. DOI: 10.15159/jas.21.34.
7. Цвей Я., Бондар С., Кисілевська М. Склад гумусу чорноземів залежно від системи удобрення в сивозмінах короткої ротації. *Вісник аграрної науки*, 2016, Вип. 9. С. 5–9.
8. Методика проведення експертизи та державного випробування сортів рослин зернових, круп'яних та зернобобових культур. Державна служба з охорони прав на сорти рослин. *Київ*. 2003.
9. Cann D., Hunt J., Rattey A., Porker K. Indirect early generation selection for yield in winter wheat. *Field Crops Research*, 2022. Vol. 282. 108505. doi:10.1016/j.fcr.2022.108505
10. Yakupoglu T., Gundogan R., Dindaroglu T., Kusvuran K., Gokmen V., Rodrigo–Comino J., Gyasi–Agyei Y., Cerdà A. 2021. Tillage Impacts on Initial Soil Erosion in Wheat and Sainfoin Fields under Simulated Extreme Rainfall Treatments. *Sustainability*, Vol. 13. P. 789. doi.org/10.3390/ su13020789

REFERENCES:

1. Karpenko O., Butenko Y., Rozhko V., Sykalo O., Chernega T., Kustovska A., Onychko V., Tymchuk D.S., Filon V., Novikova A. (2022). Influence of Agricultural Systems on Microbiological Transformation of Organic Matter in Wheat Winter Crops on Typical Black Soils. Journal of Ecological Engineering, 23(9), 181–186. DOI: https://doi.org/10.12911/22998993/151885
2. Karpenko O.Yu., Rozhko V.M., Butenko A.O., Samkova O., Lychuk A.I., Matviienko I.S., Masyk I.M., Sobran I.V., Kankash H.D. (2020). Influence of agricultural systems and measures of basic tillage on the number of microorganisms in the soil under winter wheat crops of the Right–bank forest–steppe of Ukraine. Ukrainian Journal of Ecology, 10(5), 76–80.
3. Sobko M.G. (2014). *Produktyvnist' sortiv ozymoyi pshenytsi zalezhno vid strokiv sivby v umovakh pivnichnoyi chastyny Livoberezhnoho Lisostepu Ukrayiny*. [Productivity of winter wheat varieties depending on sowing dates in the conditions of the northern part of the left-bank forest-steppe of Ukraine]. Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy, 1, 6–9. [in Ukrainian]
4. Tsarenko, O.M., Zlobin, Yu.A., Sklyar, V.H., Panchenko, S.M. (2000). Kompyuterni metody v ahronomiyi ta s.h. biolohiyi. [Computer methods in agronomy and agriculture biology]. Sumy: Universytetska knyha. [in Ukrainian]
5. Long Jiang-xue, Cheng Hui-yan, Dai Zhi-neng, Liu Jian-fu. The Effect of Silicon Fertilizer on The Growth of Chives. (2018). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 192, 1–6.
6. Rieznik S., Havva D., Butenko A., Novosad K. (2021). Biological activity of chernozems typical of different farming practices. *Agraarteadus*, 32(2). 307–313. DOI: 10.15159/jas.21.34.
7. Tsvey Ya., Bondar S., Kisilevska M. (2016). *Sklad humusu chornozemiv zalezhno vid systemy udobrennya v sivozminakh korotkoyi rotatsiyi*. [Humus composition of chernozems depending on the fertilization system in short rotation crop rotations]. Herald of Agrarian Science, 9. 5–9. [In Ukrainian]
8. *Metodyka provedennya ekspertyzy ta derzhavnoho vyprobuvannya sortiv roslyn zernovykh, krupyanykh ta zernobobovykh kul'tur.* (2003). [Methods of examination and state testing of varieties of plants of cereals, cereals and legumes]. Derzhavna sluzhba z okhorony prav na sorty roslyn. Kyyiv [in Ukrainian]
9. Cann D., Hunt J., Rattey A., Porker K. (2022). Indirect early generation selection for yield in winter wheat. Field Crops Research, 282. 108505. doi: 10.1016/j.fcr.2022.108505
10. Yakupoglu T., Gundogan R., Dindaroglu T., Kusvuran K., Gokmen V., Rodrigo–Comino J., Gyasi–Agyei Y., Cerdà A. (2021). Tillage Impacts on Initial Soil Erosion in Wheat and Sainfoin Fields under Simulated Extreme Rainfall Treatments. Sustainability, 13. 789. doi.org/10.3390/ su13020789

Собко М.Г., Бутенко А.О., Крючко Л.В., Собран І.В. Вплив строків сівби пшениці та ячменю озимих на процеси формування показників урожайності

Мета. Ставилось за мету узагальнити результати експериментів щодо підвищення стійкості озимих зернових культур до несприятливих умов погоди та на їх основі удосконалити адаптивні технології вирощування озимих зернових культур в умовах північно-східного Лісостепу України. Важливим є раціональне використання агроме-

теорологічних ресурсів, визначення оптимальних строків проведення робіт по елементам технології вирощування. Це сприятиме росту урожайності, валовому збору зерна та підвищенню стійкості землеробства.

Методи. Польові досліди, доповнені лабораторними дослідженнями. Для обробки отриманих даних використовували методи математичної статистики. Статистична обробка врожайних даних проводилась методом дисперсійного аналізу з використанням пакету прикладних програм Statistica for Windows, Microsoft Excel. Супутні спостереження, обліки та аналізи проводили за «Методикою Державного сортовипробування сільськогосподарських культур».

Результати. Впродовж зимового періоду 2019–2020 років складалися задовільні умови для перезимівлі озимих культур. Оскільки рослини впродовж більшої частини цього часу не відчували негативної дії низьких температур, в міру були забезпечені вологою і в світлий час доби відновлювали процеси життєдіяльності. Такі умови були на користь посівам озимини пізніх строків сівби, на значній частині яких уже в зимовий період рослини досягли фази кущення. Висота рослин при цьому значною мірою не змінювалась, а спостерігалося утворення нових пагонів кущення. врожайність озимої пшениці по строках сівби (в середньому по сортах) отримана наступна: 1 вересня – 5,72 т/га, 10 вересня – 5,54 т/га, 20 вересня – 5,41 т/га, 1 жовтня – 5,45 т/га, 10 жовтня – 4,87 т/га, 20 жовтня – 5,11 т/га, 1 листопада – 5,06 т/га.

Найбільш врожайними серед сортів озимої пшениці в умовах 2020 р. були сорти Краєвид та Пилипівка. Урожайність яких в залежності від строку сівби змінювалась в межах 6,18–6,88 т/га та 5,53–6,30 т/га, відповідно. Найменшою урожайність в досліді характеризувались сорти Богдана (4,13–5,33 т/га) та Світанок Миронівський (3,78–4,88 т/га).

Урожайність озимого ячменю змінювалась в залежності від строку сівби в межах 4,19–5,44 т/га. Найкращі умови для формування урожайності ячменю озимого в поточному році склались за сівби 1 жовтня.

Висновки. Врожайність озимої пшениці по строках сівби (в середньому по сортах) отримана наступна: 1 вересня – 5,72 т/га, 10 вересня – 5,54 т/га, 20 вересня – 5,41 т/га, 1 жовтня – 5,45 т/га, 10 жовтня – 4,87 т/га, 20 жовтня – 5,11 т/га, 1 листопада – 5,06 т/га. Найбільш врожайними серед сортів озимої пшениці були сорти Краєвид та Пилипівка. Урожайність яких в залежності від строку сівби змінювалась в межах 6,18–6,88 т/га та 5,53–6,30 т/га, відповідно. Найменшою урожайність в досліді характеризувались сорти Богдана (4,13–5,33 т/га) та Світанок Миронівський (3,78–4,88 т/га). Урожайність озимого ячменю змінювалась в залежності від строку сівби в межах 4,19–5,44 т/га. Найкращі умови для формування урожайності ячменю озимого в поточному році склались за сівби 1 жовтня.

Ключові слова: продуктивність, адаптивні технології, агрометеорологічні ресурси, структура врожаю.

Sobko M.G., Butenko A.O., Kryuchko L.V., Sobran I.V. The influence of the sowing dates of winter wheat and barley on the processes of formation of yield indicators

Purpose. The purpose was to summarize the results of experiments on increasing the resistance of winter grain crops to adverse weather conditions and, based on them, to improve adaptive technologies for growing winter grain crops in the conditions of the North-Eastern Forest Steppe of Ukraine. It is important to rationally use agrometeorological resources, to determine the optimal terms of work according to the elements of cultivation technology. This will contribute to the growth of productivity, gross grain collection and increase the sustainability of agriculture..

Methods. Field experiments are supplemented by laboratory studies. Methods of mathematical statistics were used to process the obtained data. Statistical processing of yield data was carried out by the method of dispersion analysis using the Statistica for Windows, Microsoft Excel software package. Related observations, records and analyzes were carried out according to the “Methodology of the State Variety Testing of Agricultural Crops”.

Results. During the winter period of 2019–2020, there were satisfactory conditions for overwintering winter crops. Since the plants during most of this time did not experience the negative effects of low temperatures, they were adequately supplied with moisture and resumed vital processes during daylight hours. Such conditions were in favor of winter crops of late sowing periods, on a significant part of which the plants reached the bushing phase already in the winter period. At the same time, the height of the plants did not change to a large extent, but the formation of new shoots was observed. the yield of winter wheat according to the sowing dates (on average by varieties) was obtained as follows: September 1 – 5.72 t/ha, September 10 – 5.54 t/ha, September 20 – 5.41 t/ha, October 1 – 5, 45 t/ha, October 10 – 4.87 t/ha, October 20 – 5.11 t/ha, November 1 – 5.06 t/ha.

The most productive among winter wheat varieties in 2020 were the Kraevyd and Pylypivka varieties. The yield of which, depending on the time of sowing, varied between 6.18–6.88 t/ha and 5.53–6.30 t/ha, respectively. Bohdana (4.13–5.33 t/ha) and Svitanok Myronivskyi (3.78–4.88 t/ha) varieties were characterized by the lowest yield in the experiment.

The yield of winter barley varied depending on the time of sowing in the range of 4.19–5.44 t/ha. The best conditions for forming the productivity of winter barley in the current year were created for sowing on October 1.

Conclusions. The yield of winter wheat by sowing dates (on average by varieties) was obtained as follows: September 1 – 5.72 t/ha, September 10 – 5.54 t/ha, September 20 – 5.41 t/ha, October 1 – 5, 45 t/ha, October 10 – 4.87 t/ha, October 20 – 5.11 t/ha, November 1 – 5.06 t/ha. The most productive among the winter wheat varieties were the Kraevyd and Pylypivka varieties. The yield of which, depending on the time of sowing, varied between 6.18–6.88 t/ha and 5.53–6.30 t/ha, respectively. Bohdana (4.13–5.33 t/ha) and Svitanok Myronivskyi (3.78–4.88 t/ha) varieties were characterized by the lowest yield in the experiment. The yield of winter barley varied depending on the time of sowing in the range of 4.19–5.44 t/ha. The best conditions for forming the productivity of winter barley in the current year were created for sowing on October 1.

Key words: productivity, adaptive technologies, agrometeorological resources, crop structure.

УДК 633.11:631.5(292.485)(477)
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.18

ФОТОСИНТЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ СОРТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СПОСОБІВ ЗАСТОСУВАННЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ПРЕПАРАТІВ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ

ШЕЙКО Д.В. – аспірант
orcid.org/0000-0003-3409-6840
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Постановка проблеми. Пшениця озима є основною продовольчою зерновою культурою не тільки в Україні, але й за її межами. Вона займає перше місце серед зернових культур як за посівними площами, так і за валовими зборами [1]. Упродовж десятиліть були проведенні багаточисленні дослідження в яких визначено основні складові інтенсивної технології вирощування пшениці озимої [2]. До них належать попередники, строки та способи сівби, система удобрення, норми висіву, захист рослин та ін. Проте останнім часом сорт, який є біологічною основою в технології вирощування служить потужним фактором інтенсифікації. Саме з виведенням сучасних нових сортів пшениці озимої з'явилася необхідність виявити, як змінюються показники фотосинтетичної діяльності залежно від біологічних факторів, так як це питання є ще не достатньо вивчене. Площа листкового апарату – це одна з найважливіших умов для отримання високого врожаю сільськогосподарських культур. У зв'язку з цим формується оптично біологічна структура посівів з відповідною площею асиміляційної поверхні рослин і визначається ефективність функціонування її стосовно використання сонячної енергії [3, 4].

До основних компонентів посіву відноситься надземна маса рослин, яка впливає не тільки на продуктивність пшениці озимої, але й на врожай зерна. У більшості випадків між величиною надземної маси та врожаєм існує зв'язок, який вказує на те, що чим більша вегетативна маса рослини, тим вищим буде врожай зерна [5]. Отже, визначення площі листкового апарату, вихід сухої речовини, фотосинтетичний потенціал посіву, це ті показники, що мають зв'язок із продуктивністю рослин пшениці озимої і є надзвичайно актуальними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При формуванні високих врожаїв пшениці озимої збільшення продуктивності фотосинтезу є одним з важливих факторів. Листки, стебла і колосся – це основні органи рослини, що беруть участь у процесі фотосинтезу. І. Нетіс, О. Дудкіна, А. Каплун, Ф. Адамень та інші зазначають про вагомий вплив площі листкової поверхні на формування врожаю [6–8]. Ними доведено, що для одержання високого врожаю оптимальна площа листкової поверхні повинна бути не менше 40–50 тис. м^2 /га. Але останнім часом, із впровадженням нових сортів, а також підвищенням рівня культури землеробства більшість науковців схиляються до думки, що оптимальною площею листкової поверхні пшениці озимої є 50–60 тис. м^2/га [9].

Якісне зерно, яке є основою для отримання високих та стабільних урожаїв зернових культур, можна отримати лише від здорових рослин, які забезпечені достатньою кількістю елементів живлення, вологи та світла [10]. При збільшенні виробництва с. – г. продукції важливим резервом є також використання регуляторів росту рослин нового покоління. З літературних джерел відомо, що регулятори можуть забезпечити збільшення валових зборів основних продовольчих сільськогосподарських культур на 15–20% [11, 12].

Мета статті. Метою наших досліджень була оцінка фотосинтетичного потенціалу сортів пшениці озимої залежно від способів застосування біологічно активних препаратів в умовах Західного Лісостепу.

Матеріали та методика досліджень. Для вивчення взято три сорти пшениці озимої: Аріївка, Здобна та Кубус (фактор А). На цих сортах вивчалась дія біологічних препаратів: Триходермін, Агат 25–К та ПМК-3Р (захист рослин) (фактор В). Вивчались різні схеми застосування препаратів: 1 – обробка насіння, 2 – обприскування вегетуючих рослин, 3 – обробка насіння + обприскування вегетуючих рослин (фактор С).

Результати досліджень. Площа листкового апарату пшениці озимої змінювалась залежно від досліджуваних факторів. Насамперед показник коливався у розрізі сортів, максимальним він був у сорту пшениці Здобна і коливався в межах 43,2–48,0 тис. м^2/га, мінімальним – у сорту Аріївка, а саме в межах 35,6–41,1 тис. м^2/га (табл. 1).

Приріст площі листків коливався в межах 0,6–5,5 тис. м^2/га залежно від сорту, способу обробки та препарату. Максимальне збільшення показника було у сорту Аріївка на варіантах дворазової обробки препаратами; Агат 25 К та ПМК-3Р, перевищення контролю становило відповідно: 5,4 та 5,5 тис. м^2/га. Оптимальний вихід сухої речовини за його визначення у фазі цвітіння був у сорту Здобна при дворазовій обробці препаратами: Агат 25 К та ПМК-3Р, показник становив 8,2 і 8,1 т/га, а перевищення контролю – 0,9 т/га.

Суха маса рослин на 90–95 % складається із органічних речовин, джерелом яких є фотосинтез. Зв'язок між фотосинтезом і врожаєм дуже складний, і мінливий. Загальна кількість нагромадженої органічної речовини залежить від співвідношення між процесами їх синтезу і розкладання. Вихід сухої речовини, що відображено в таблиці 2, визначався у фазі цвітіння рослин, і становив на контрольних варіантах у розрізі сортів: Аріївка – 6,1 т/га, Здобна – 7,3 та Кубус – 7,1 т/га.

Приріст даного показника залежно від біологічних препаратів та способів їх застосування коливався в межах 0,1–0,9 т/га. Оптимальний вихід сухої речовини за його визначення у фазі цвітіння був у сорту Здобна при дворазовій обробці препаратами: Агат 25 К

Таблиця 1

Площа листкової поверхні сортів пшениці озимої залежно від способів застосування біопрепаратами, тис. м²/га (середнє за 2019–2022 рр.)

Препарат (В)	Спосіб обробки (С)	Сорт (А)					
		Аріївка		Здобна		Кубус	
		фактично	± до контролю	фактично	± до контролю	фактично	± до контролю
Триходермін	контроль (вода)	35,6	–	43,2	–	41,5	–
	обробка насіння	38,3	2,7	45,1	1,9	42,9	1,4
	обприскування посіву	39,5	3,9	46,2	3,0	43,8	2,3
	обробка насіння+обприскування посіву	39,7	4,11	46,3	3,1	43,9	2,4
Агат 25 К	контроль (вода)	35,6	–	43,2	–	41,5	–
	обробка насіння	37,3	1,7	44,0	0,8	42,7	1,2
	обприскування посіву	40,8	5,2	47,7	4,5	45,3	3,8
	обробка насіння+обприскування посіву	41,0	5,4	48,0	4,8	45,8	4,3
ПМК-ЗР	контроль (вода)	35,6	–	43,2	–	41,5	–
	обробка насіння	36,9	1,3	44,6	1,4	42,1	0,6
	обприскування посіву	40,3	4,7	46,0	2,8	43,0	1,5
	обробка насіння+обприскування посіву	41,1	5,5	47,4	4,2	43,2	1,7
$НІР_{05}$	А – 1,5; В – 1,3						

Таблиця 2

Вихід сухої речовини сортів пшениці озимої залежно від способів застосування біопрепаратами, т/га (середнє за 2019–2022 рр.)

Препарат (В)	Спосіб обробки (С)	Сорт (А)					
		Аріївка		Здобна		Кубус	
		фактично	± до контролю	фактично	± до контролю	фактично	± до контролю
Триходермін	контроль (вода)	6,1	–	7,3	–	7,1	–
	обробка насіння	6,5	0,4	7,7	0,4	7,3	0,2
	обприскування посіву	6,7	0,6	7,9	0,6	7,4	0,3
	обробка насіння+обприскування посіву	6,6	0,5	7,9	0,6	7,5	0,4
Агат 25 К	контроль (вода)	6,1	–	7,3	–	7,1	–
	обробка насіння	6,3	0,2	7,5	0,2	7,3	0,2
	обприскування посіву	6,9	0,8	8,1	0,8	7,7	0,6
	обробка насіння+обприскування посіву	7,0	0,9	8,2	0,9	7,8	0,7
ПМК-ЗР	контроль (вода)	6,1	–	7,3	–	7,1	–
	обробка насіння	6,2	0,1	7,6	0,3	7,2	0,1
	обприскування посіву	6,8	0,7	7,9	0,6	7,3	0,2
	обробка насіння+обприскування посіву	7.0	0,9	8,1	0,8	7,3	0,2
$НІР_{05}$	А – 0,1; В – 0,2						

та ПМК-ЗР, показник становив 8,2 і 8Ю1 т/га, а перевищення контролю – 0,9 т/га.

Фотосинтетичний потенціал характеризує потужність асиміляційного апарату, можливість посівів використовувати фотосинтетичну активну радіацію. Дослідженнями доведено, що між площею листків і сумарним фотосинтетичним потенціалом посіву, який визначається тривалістю роботи листкової поверхні, існує прямий зв'язок. Встановлено, що максимальним фотосинтетичний потенціалом 0,79–0,88 тис. м²/га × діб характеризувався сорт пшениці озимої Здобна, максимальний ефект отримано від дворазової обробки препаратом Агат 25 К з приростом до контролю 0,9 тис. м²/га × діб (табл. 3).

Показники фотосинтетичної діяльності агроценозів пшениці озимої безпосередньо впливати на формування урожайності різних сортів. Препарат Триходермін для всіх досліджуваних сортів був більш ефективним

Таблиця 3

Фотосинтетичний потенціал сортів пшениці озимої залежно від способів застосування біопрепаратами, млн. м²/га × діб (середнє за 2019–2022 рр.)

Препарат (В)	Спосіб обробки (С)	Сорт (А)					
		Аріївка		Здобна		Кубус	
		фактично	± до контролю	фактично	± до контролю	фактично	± до контролю
Триходермін	контроль (вода)	0,55	–	0,79	–	0,75	–
	обробка насіння	0,72	0,17	0,83	0,4	0,78	0,3
	обприскування посіву	0,73	0,18	0,84	0,5	0,8	0,5
	обробка насіння+обприскування посіву	0,75	0,2	0,85	0,6	0,8	0,5
Агат 25 К	контроль (вода)	0,55	–	0,79	–	0,75	–
	обробка насіння	0,68	0,13	0,81	0,2	0,77	0,2
	обприскування посіву	0,74	0,19	0,87	0,8	0,82	0,7
	обробка насіння+обприскування посіву	0,75	0,2	0,88	0,9	0,84	0,9
ПМК-3Р	контроль (вода)	0,55	–	0,79	–	0,75	–
	обробка насіння	0,67	0,12	0,81	0,2	0,77	0,2
	обприскування посіву	0,73	0,8	0,84	0,5	0,78	0,3
	обробка насіння+обприскування посіву	0,75	1,0	0,86	0,7	0,79	0,4
$НІР_{05}$	А – 0,3; В – 0,1						

при обробці насіння. Біофунгіцид Агат 25 К забезпечив найбільший ефект на варіантах обробки насіння+посів, перевищення контролів за урожайністю було в межах 0,7–0,9 т/га. Максимальну реакцію на препарати проявив сорт пшениці Аріївка. Оптимальні перевищення урожайності культури 0,9–1,0 т/га забезпечив препарат ПМК-3Р, при застосуванні за дворазової обробки (насіння+посів). Найвищий показник урожайності 6,4 т/га отримано у сорту Здобна, проте найкраща реакція на застосування препарату відмічена у сорту Аріївка.

Висновки. За результатами досліджень встановлено, що в середньому за три роки приріст площі листків пшениці озимої коливався в межах 0,6-5,5 тис. м²/га залежно від сорту, способу обробки та препарату. Максимальне збільшення показника було у сорту Аріївка на варіантах дворазової обробки препаратами; Агат 25 К та ПМК-3Р, перевищення контролю становило відповідно: 5,4 та 5,5 тис. м²/га.

Оптимальний вихід сухої речовини за його визначення у фазі цвітіння був у сорту Здобна при дворазовій обробці препаратами: Агат 25 К та ПМК-3Р, показник становив 8,2 і 8Ю1 т/га, а перевищення контролю – 0,9 т/га.

фотосинтетичний потенціалом 0,79–0,88 тис. м²/га × діб характеризувався сорт пшениці озимої Здобна, максимальний ефект отримано від дворазової обробки препаратом Агат 25 К з приростом до контролю 0,9 тис. м²/га × діб.

Оптимальні перевищення урожайності культури 0,9–1,0 т/га забезпечив препарат ПМК-3Р, при застосуванні за дворазової обробки (насіння+посів). Найвищий показник урожайності 6,4 т/га отримано у сорту Здобна, проте найкраща реакція на застосування препарату відмічена у сорту Аріївка.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Черняк М. О. Формування фотосинтетичних параметрів посівів пшениці озимої за застосування позакореневого підживлення та гербіцидів. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків.* 2021. Вип. 29. С. 194–202.
2. Технологія вирощування озимої пшениці URL: https://lnzweb.com/blog/tehnologiya_vyroshchuvannya_ozymoi_pshenytsi
3. Адамень Ф. Ф., Радченко Л. А, Женченко К. Г. Особливості фотосинтетичної діяльності рослин пшениці різних біотипів. *Вісник аграрної науки.* 2011. С. 16–20.
4. Желязков О. І., Самойленко О. А., Педаш О. О., Бондаренко А. С., Бойко О. В., Романенко О. Л. Фотосинтетична діяльність рослин пшениці озимої залежно від технологічних прийомів вирощування в Присивашші. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України.* 2012. № 2. С. 103–106.
5. Конопльова Є. Л. Особливості росту та розвитку рослин пшениці озимої у період весняно-літньої вегетації в північному Степу України. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України.* 2013. № 4. С. 116–119.
6. Нетіс І. Т. Пшениця озима на півдні України: [монографія]. Херсон: Олді-плюс, 2011. 460 с.
7. Дудкіна О., Каплун А. Урожай формує листя. *Пропозиція.* 2010. № 6. С. 20-22. Режим доступу до журн.: http://www.propo- zitsiya.com/?page=149&itemid=3317&number=110.
8. Адамень Ф. Ф., Радченко Л. А., Женченко К. Г. Площа листкової поверхні озимої пшениці як фактор продуктивності. *Таврійський науковий вісник.* 2010. № 71, ч. 3. С. 40–41.
9. Білоніжко М. А., Калівошко М. Ф. Фотосинтез і продуктивність інтенсивних сортів озимої пшениці

залежно від удобрення. Вісник с.-г. науки. 1979. № 5. С. 18–20.
10. Бадьорна Л. Ю., Бадьорний О. П., Стасів О. Ф. Технологія в галузях рослинництва: [навч. посіб.]. Київ: Аграрна освіта, 2009. 123 с.
11. Arif M., Chohan M., Ali S. Response of wheat to foliar application of nutrients. *Journal of Agricultural and Biological Science.* 2006. Vol. 1. № 4. P. 30–34.
12. Barbottin A., Lecomte C., Bouchard C. Nitrogen remobilization during grain filling in wheat: Genotipic and enviromental effects. *Crop Science.* 2005. № 3. P. 1141–1150.

REFERENCES:

1. Cherniak M.O. Formuvannia fotosyntetychnykh parametriv posiviv pshenytsi ozymoi za zastosuvannia pozakorenevoho pidzhyvlennia ta herbitsydiv. Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv. [Formation of photosynthetic parameters of winter wheat crops using foliar fertilization and herbicides. Scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet.] 2021. Vyp. 29. S. 194–202. [in Ukrainian].
2. Tekhnolohiia vyroshchuvannia ozymoi pshenytsi [Technology of growing winter wheat] URL: https://lnzweb.com/blog/tehnologiya_vyroshchuvannya_ozymoi_pshenytsi[in Ukrainian].
3. Adamen F.F., Radchenko L.A, Zhenchenko K.H. Osoblyvosti fotosyntetychnoi diialnosti roslyn pshenytsi riznykh biotypiv. Visnyk ahrarnoi nauky. [Peculiarities of photosynthetic activity of wheat plants of different biotypes. Journal of Agrarian Science.]2011. S. 16–20. [in Ukrainian].
4. Zheliazkov O.I., Samoilenko O.A., Pedash O.O., Bondarenko A.S., Boiko O.V., Romanenko O.L. Fotosyntetychna diialnist roslyn pshenytsi ozymoi zalezhno vid tekhnolohichnykh pryiomiv vyroshchuvannia v Prysyvashshi. Biuleten Instytutu silskoho hospodarstva stepovoi zony NAAN Ukrainy. [Photosynthetic activity of winter wheat plants depending on technological methods of cultivation in Prysyvashsha. Bulletin of Agriculture Institute of Steppe Zone of the National Academy of Sciences of Ukraine.] 2012. № 2. S. 103–106. [in Ukrainian].
5. Konoplova Ye.L. Osoblyvosti rostu ta rozvytku roslyn pshenytsi ozymoi u period vesniano-litnoi vehetatsii v pivnichnomu Stepu Ukrainy. Biuleten Instytutu silskoho hospodarstva stepovoi zony NAAN Ukrainy. [Peculiarities of growth and development of winter wheat plants during the spring-summer vegetation period in the Northern Steppe of Ukraine. Bulletin of Agriculture Institute of Steppe Zone of the National Academy of Sciences of Ukraine.]2013. № 4. S. 116–119. [in Ukrainian].
6. Netis I.T. Pshenytsia ozyma na pivdni Ukrainy: [monohrafiia]. [Winter wheat in the south of Ukraine: [monograph]]. Kherson: Oldi-plius, 2011. 460 s. [in Ukrainian].
7. Dudkina O., Kaplun A. Urozhai formuie lystia. Propozytsiia. [The harvest forms leaves. Offer. 2010. No. 6. P. 20–22. Journal access mode.] 2010. № 6. S. 20-22. Rezhym dostupu do zhurn.: http://www.propo- zitsiya.com/?page=149&itemid=3317&number=110. [in Ukrainian].
8. Adamen F.F., Radchenko L.A., Zhenchenko K.H. Ploshcha lystkovoi poverkhni ozymoi pshenytsi yak faktor produktyvnosti. Tavriiskyi naukovyi visnyk. [Leaf surface area of winter wheat as a productivity factor. Taurian Scientific Bulletin.] 2010. № 71, ch. 3. S. 40–41. [in Ukrainian].
9. Bilonizhko M.A., Kalivoshko M.FFotosyntez i produktyvnist intensyvnykh sortiv ozymoi pshenytsi zalezhno vid udobrennia. Visnyk s.-h. nauky. [Photosynthesis and productivity of intensive varieties of winter wheat depending on fertilization. Journal a.-c. science]. 1979. № 5. S. 18–20. [in Ukrainian].
10. Badorna L.Iu., Badornyi O.P., Stasiv O.F. Tekhnolohiia v haluziakh roslynnytstva: [navch. posib.]. Kyiv: Ahrarna osvita, [Technology in the fields of crop production: [study. manual]. Kyiv: Agrarian Education]. 2009. 123 s. [in Ukrainian].
11. Arif M., Chohan M.A., Ali S. Response of wheat to foliar application of nutrients. *Journal of Agricultural and Biological Science.* Vol. 1. № 4. 2006. P. 30–34.
12. Barbottin A., Lecomte C., Bouchard C. Nitrogen remobilization during grain filling in wheat: Genotipic and enviromental effects. *Crop Science.* № 3. 2005. P. 1141–1150.

Шейко Д.В. Фотосинтетичний потенціал сортів пшениці озимої залежно від способів застосування біологічно активних препаратів в умовах Західного Лісостепу

Мета статті. Метою наших досліджень була оцінка фотосинтетичного потенціалу сортів пшениці озимої залежно від способів застосування біологічно активних препаратів в умовах Західного Лісостепу.

Методи. У процесі виконання дослідження використовували поєднання методів загальнонаукових: гіпотеза, спостереження, аналіз; та спеціальних: аналітичні методи дослідження, дані польових дослідів. Експериментальні показники обробляли методами математичної статистики за В.О. Єщенком.

Результати. Наведено результати польових та лабораторних досліджень впливу біологічно активних препаратів: Триходермін, Агат 25 К та ПМК-3Р за різних способів їх застосування (обробка насіння, обприскування посівів, обробка насіння+обприскування посівів) на фотосинтетичний потенціал посівів різних сортів пшениці озимої за вирощування в умовах Західного Лісостепу. За результатами трирічних досліджень виявлено більш адаптовані до умов зони вирощування та більш продуктивні сорти пшениці озимої.

Встановлено більш ефективний спосіб застосування біологічно активного препарату у розрізі сортів та математично підтверджено їх істотний вплив на площу листкового апарату, вихід сухої речовини та фотосинтетичний потенціал посівів пшениці озимої.

Визначено, що приріст площі листків коливався в межах 0,6–5,5 тис. м^2/га залежно від сорту, способу обробки та препарату. Максимальне збільшення показника було у сорту Аріївка на варіантах дворазової обробки препаратами; Агат 25 К та ПМК-3Р, перевищення контролю становило відповідно: 5,4 та 5,5 тис. м^2/га. Оптимальний вихід сухої речовини за його визначення у фазі цвітіння був у сорту Здобна при дворазовій обробці препаратами: Агат 25 К та ПМК-3Р, показник становив 8,2 і 8,1 т/га, а перевищення контролю – 0,9 т/га.

Встановлено, що максимальним фотосинтетичний потенціалом 0,79–0,88 тис. м^2/га × діб характеризувався

сорт пшениці озимої Здобна, максимальний ефект отримано від дворазової обробки препаратом Агат 25 К з приростом до контролю 0,9 тис. м²/га × діб.

Висновки. Препарат Триходермін для всіх досліджуваних сортів був більш ефективним при обробці насіння. Біофунгіцид Агат 25 К забезпечив найбільший ефект на варіантах обробки насіння+посів, перевищення контролів за урожайністю було в межах 0,7–0,9 т/га. Максимальну реакцію на препарати проявив сорт пшениці Аріївка. Оптимальні перевищення урожайності культури 0,9–1,0 т/га забезпечив препарат ПМК-ЗР, при застосуванні за дворазової обробки (насіння+посів). Найвищий показник урожайності 6,4 т/га отримано у сорту Здобна, проте найкраща реакція на застосування препарату відмічена у сорту Аріївка.

Ключові слова: пшениця озима, сорт, біологічний препарат, спосіб обробки, площа листків, суха речовина, фотосинтетичний потенціал.

Sheiko D.V. Photosynthetic potential of winter wheat varieties depending on the methods of application of biologically active agents in the conditions of the Western Forest Steppe

The purpose of the article. The purpose of our research was to evaluate the photosynthetic potential of winter wheat varieties depending on the methods of application of biologically active agents in the conditions of the Western Forest Steppe.

The methods. In the process of carrying out the research, a combination of general scientific methods was used: hypothesis, observation, analysis; and special: analytical methods of research, data of field experiments. Experimental indicators were processed by the methods of mathematical statistics according to V.O. Yeshchenko.

The results. The results of field and laboratory studies of the influence of biologically active agents: Trichodermin, Agat 25 K and PMK-ZR in different ways of their application (seed treatment, spraying of crops, seed treatment + spraying of crops) on the photosynthetic crops potential of various varieties of winter wheat when growing in the conditions of Western Forest Steppe are presented. According to the results of three-year research, winter wheat varieties more adapted to the conditions of the growing area and more productive were found.

A more effective method of using the biologically active agent in the section of varieties was established and their significant influence on the area of the leaf apparatus, the yield of dry matter and the photosynthetic potential of winter wheat crops was mathematically confirmed.

It was determined that the increase in leaf area ranged from 0.6 to 5.5 thousand m²/ha, depending on the variety, processing method and agent. The maximum increase in the indicator was in the Ariivka variety on variants of two-time treatment with agents; Agat 25 K and PMK-ZR, the excess of control was, respectively: 5.4 and 5.5 thousand m²/ha. The optimal yield of dry matter according to its determination in the flowering phase was in the Zdobna variety with two-time treatment with agents: Agat 25 K and PMK-ZR, the indicator was 8.2 and 8.1 t/ha, and the excess of control was 0.9 t/ha.

It was established that the winter wheat variety Zdobna was characterized by the maximum photosynthetic potential of 0.79–0.88 thousand m²/ha × day, the maximum effect was obtained from two-time treatment with the agent Agat 25 K with an increase compared to the control of 0.9 thousand m²/ha × day.

Conclusions. The agent Trichodermin was more effective in seed treatment for all studied varieties. Agat 25 K biofungicide provided the greatest effect on seed + sowing variants, the excess of controls was in the range of 0.7–0.9 t/ha. The Ariivka wheat variety showed the maximum reaction to the agents. Optimum crop yield increases of 0.9–1.0 t/ha were provided by the preparation PMK-ZR, when applied in a two-time treatment (seeds+sowing). The highest yield rate of 6.4 t/ha was obtained in the Zdobna variety, but the best reaction to the use of the agent was noted in the Ariivka variety.

Key words: winter wheat, variety, biological preparation, processing method, leaf area, dry matter, photosynthetic potential.

СЕЛЕКЦІЯ, НАСІННИЦТВО

УДК 631.527:633.11:631.95
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.19

СЕЛЕКЦІЙНО-ГЕНЕТИЧНІ АСПЕКТИ СЕЛЕКЦІЇ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ТА ЇХ ВПЛИВ НА АГРОЕКОЛОГІЧНУ АДАПТИВНІСТЬ

БАЗАЛІЙ В.В. – доктор сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0002-0581-7242
Херсонський державний аграрно-економічний університет
ДОМАРАЦЬКИЙ Є.О. – доктор сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0003-3912-1611
Миколаївський національний аграрний університет
КОЗЛОВА О.П. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0002-9062-5981
Херсонський державний аграрно-економічний університет

Постановка проблеми. Відомо, що врожайність рослин озимої пшениці визначається її потенційними можливостями і здібністю до їх реалізації в конкретних умовах.

Нагальним питанням у селекції пшениці м'якої озимої є розробка принципів добору пар для гібридизації, визначення загальної та специфічної комбінаційної здатності і визначення характеру успадковування господарсько-цінних ознак внутрішньовидовими гібридами. На даний час уже одержані значні результати в пояснені явища трансгресивної мінливості, робляться кроки до розробки методів трансгресивної селекції, хоча ще не розроблена теорія трансгресії ознак і властивостей, немає загального і адекватного пояснення цього феномену.

Надзвичайно важливим у селекції пшениці м'якої озимої є розширення генетичної основи вихідного матеріалу за рахунок залучення різного генофонду. На вирішення цих питань і були спрямовані наші дослідження.

Під впливом умов року величина врожаю має мінливість не в меншій мірі, а багатьох випадках у більшій, ніж при вирощуванні в один рік, але в різних місцях [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При оцінці пригодності сортів до виробничих умов необхідно враховувати їх адаптаційну здатність до всього комплексу мінливості умов довкілля [2]. Академік І.Г. Каліненко [3] вважав, що «…недооцінка важливості в сорті хоч би одного із яких небудь ознак призводить до від'ємних наслідків».

Перед селекцією озимої пшениці виникла складна проблема – створення сортів універсального типу, але на даний час неможливо створити такі сорти для всіх екологічних зон і виробничих умов. Більшість вчених вважають, що високоврожайні сорти більш адаптовані до сприятливих умов вирощування, а низьковрожайні сорти і місцеві морфобіотипи більш продуктивні в стресових умовах [4, 5]. Ряд вчених [3, 6] вважають, що незважаючи на погіршення умов вирощування селекція на високу потенційну продуктивність необхідна, так як, чим вище потенційні можливості сорту, тим слабіше він реагує на екологічні, погодні та інші зміни умов довкілля.

Кожному господарству бажано мати науково-обумовлений оптимальний набір сортів, але на практиці далеко не завжди вдається отримати варіант – сорт для характерних специфічних умов. Його продуктивність може сильно варіювати за роками в одному і тому же господарстві, при вирощуванні за одним і тим же попередником, з використанням подібної агротехніки і інших однакових умов. Ідеально було б мати сорт, який при різних умовах вирощування створював максимально можливий врожай високої якості. Це, на перший погляд нереально, але селекціонери бажають створити такий сорт. Крім цінності такого сорту самого по собі, він дозволив би підняти на більш високий рівень продуктивність створюємих на його основі сортів зі специфічною стійкістю.

Були висловлені передумови [7], що перспективним є створення сортів, здібних суміщати високу продуктивність колоса з підвищеною посухостійкістю.

Більшість посухостійких сортів за класифікацією [8, 9] відносяться до степового екотипу (незначні розміри двох верхніх листкових пластинок і вертикальне положення їх в просторі). У дослідженнях вчених [7] форми степового екотипу були на 9–14% продуктивніше при використанні інтенсивних технологій, ніж сорти лісостепового екотипу з крупними горизонтальними листями. В Україні різниця на користь сортів степового екотипу в подібних умовах складала 5–9%. При низькому рівні агротехніки, навпаки, сорти з вертикальними листями уступали сортам лісостепового екотипу [5, 10, 11].

Мета роботи. Визначення закономірності прояву селекційно-генетичних аспектів селекції озимої пшениці на агроекологічну адаптивність, взаємозв'язку продуктивності колосу і індексу лінійної щільності коса з різними кількісними ознаками і продуктивністю сортів і морфобіотипів пшениці озимої в процесі кореляційно-регресійного аналізу; мінливості і успадкування кількісних ознак і індекс лінійної щільності колоса та ступеня їх стабільності залежно від мінливих умовах довкілля.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводилися в продовж 2010–2021 років на дослідному полі Херсонського аграрно-економічного університету.

Погодні умови років досліджень відрізнялися від середньо багаторічних показників за температурним режимом, кількістю атмосферних опадів та їх розподілом в період вегетації. Так у 2019 і 2020 роки через посушливі умови в період сівби сходи рослин пшениці озимої були пізніми. Матеріалом для досліджень були сорти пшениці «типово» озимої і альтернативного типу, різного генетичного і екологічного походження. Сорти пшениці різного типу розвитку досліджувалися за пізніх строків сівби (10.10; 20.10; 10.11).

Дисперсійний аналіз даних досліджень проводили відповідно до методичних вказівок Рокицького П.Ф.

Виклад основного матеріалу дослідження Нині нами обраний напрям створення сортів озимої пшениці універсального типу, який збігається з поглядами відомих селекціонерів [12, 13]. Ці сорти можна вирощувати як за інтенсивною, так і за звичайною технологіями, але вони за висотою рослин нижчі від середньорослих і значно вищі напівкарликових. У кожних біотипів відмічена більша можливість поєднання в одному генотипі досить високої зимостійкості і врожайності, хоча абсолютне значення цих ознак залежить від генетичного походження ліній і умов їх вирощування (табл. 1).

Аналіз ліній озимої пшениці різного генетичного походження виявив, що у сприятливий за погодними умовами рік високою врожайністю володіють різні за висотою рослин генотипи, але найбільш оптимальна довжина стебла для реалізації продуктивності – 80–100 см. Така закономірність більше проявилась в несприятливих умовах вирощування, коли спостерігалось різке зниження висоти рослин. Так, вивчення ідентичних ліній у несприятливих умовах вирощування дало можливість диференціювати їх лише на дві групи за висотою рослин з максимальною довжиною соломини – 85 см. Ці морфобіотипи характеризувались більшою продуктивністю елементів врожаю і врожайністю, ніж форми з меншою висотою рослин (табл.1). Як видно з даних таблиці 1, урожайність добраних ліній озимої пшениці з довжиною стебла 80 см. і більше була значно вищою, ніж у стандартних сортів Херсонська безоста і Альбатрос одеський.

Високою врожайністю характеризувались лінії 14/208, 14/210, 14/254, 14/268 (Херсонська безоста /Знахідка), 14/310, 14/344, 14/346, 14/406 (Альбатрос одеський /Кларіса), які за умов зрошення формували врожайність 8, 24-9, 23 т/га і свою перевагу вони проявили особливо при несприятливих умовах вирощування (посуха, висока температура в період формування зерна).

Створення морфобіотипів з довжиною стебла 85–90 см., шляхом схрещування низькорослих форм між собою не викликає великих труднощів, тому що вихід більш високостеблових біотипів у гібридних популяцій відбувається в масовому порядку. Це значно підвищує можливості для спрямованих індивідуальних доборів високопродуктивних форм. Крім того, такі біотипи, як правило, характеризуються більшою виражені-

Таблиця 1

Характер прояву врожайності у різних за висотою біотипів F_4 озимої пшениці за умов зрошення, по роках дослідження

Сорт, генетичне походження ліній	Кількість ліній, шт.	Довжина стебла, см	Маса 1000 зерен, г		Урожайність, т/га	
			lim	$\bar{x}$	lim	$\bar{x}$
Сприятливий рік (2021 р.)						
Херсонська безоста, ст.	5	89,4	42–44	42,8	6,2–7,1	6,5
Альбатрос одеський, ст.	5	87,5	40–42	41,4	6,0–6,8	6,3
Дріада 1/NS 471	15	70–80	36–44	42,8	6,3–7,0	6,8
	20	81–90	36–49	44,4	6,5–7,9	7,2
	15	91–100	40–48	43,2	6,6–8,1	7,5
Херсонська безоста / Знахідка	10	70–80	34–42	41,2	5,8–6,4	6,0
	15	81–90	42–50	44,8	6,1–8,0	7,1
	15	91–100	40–52	46,4	6,0–7,4	6,5
Альбатрос одеський / Кларіса	15	70–80	36–42	40,8	5,9–7,0	6,4
	20	81–90	40–51	44,6	6,7–8,1	7,2
	10	91–100	38–44	42,9	6,5–7,5	6,9
Несприятливий рік (2020 р.)						
Херсонська безоста, ст.	5	79,2	34–40	36,8	4,0–4,6	4,3
Альбатрос одеський, ст.	5	76,4	36–42	38,2	3,8–4,2	4,1
Дріада1/NS 471	20	65–75	34–38	35,4	3,6–3,9	3,7
	25	76–85	36–40	36,8	4,2–5,0	4,6
Херсонська безоста / Знахідка	20	65–75	34–42	35,9	3,6–4,0	3,8
	25	76–85	36–44	38,4	4,0–4,8	4,6
Альбатрос одеський / Кларіса	20	65–75	32–40	36,4	3,6–4,2	3,7
	25	76–85	36–44	38,9	4,1–5,0	4,8

стю адаптивних ознак порівняно з низькорослими формами ідентичного генетичного походження.

Селекційна оцінка різних за періодом вегетації ліній озимої пшениці вимагає урахування того, що в багатьох випадках характер прояву кількісних ознак у них залежить від механізму уникнення дії несприятливих умов довкілля.

Нині ще не втратила актуальність пропозиція М.І. Вавілова про розробку екологічного паспорта для кожного сорту, який би включав відповідні оцінки тривалості вегетаційного періоду і його міжфазних періодів, ритм проходження фаз розвитку, а при цьому і його стійкість до несприятливих умов зовнішнього середовища.

Тривалість вегетаційного періоду є важливим біологічно адаптивним і господарсько-важливим чинником при селекції пшениці. З ним пов'язано багато ознак, які визначають ухід від «запалу», ураження хворобами, урожайність і якість зерна.

П.П. Лук'яненком уже в перші роки роботи була виявлена від'ємна кореляція в сортів між урожайністю і тривалістю вегетаційного періоду. В умовах півдня України позитивний вплив скоростиглості на врожайність і якість зерна озимої пшениці пояснюється тим, що період наливу зерна у таких сортів проходить у більш сприятливих умовах температурного режиму і вологості повітря, вини уходять від «запалу зерна» і ураження хворобами, порівняно з пізньостиглими сортами.

Вегетаційний період озимої пшениці в цілому складна ознака, на ступінь фенотипового прояву якого впливають генотипові властивості сортів і різноманітні чинники зовнішнього середовища.

Хоча врожайність озимої пшениці значною мірою залежить від тривалості вегетаційного періоду, у південному Степу України в біотипів з пізнім колосінням процес зерноутворення відбувається у менш сприятливих умовах порівняно з ранньостиглими формами, тому вони формують низьку продуктивність колоса і щупле зерно. У звязку з цим необхідно аналізувати вплив тривалості періоду зерноутворення на формування врожайності у різних морфобіотипів озимої пшениці (табл. 2).

Як видно з таблиці 2, у ранньо-і середньостиглих гібридних популяцій добір морфобіотипів з більш тривалим періодом зерноутворення (34–46 днів) забезпечував більш високу продуктивність за умов зрошення. У пізньостиглих біотипів, з більшим періодом зерноутворення, також спостерігалось деяке збільшення продуктивності, порівняно з іншими селекційними лініями цієї групи стиглості зерна. Це також підтверджується високим позитивним кореляційним зв'язком (r=0, 48-0, 69) між цими ознаками. Теоретичне припущення і практичне підтвердження цього явища говорить про те, що селекція на підвищення маси 1000 зерен і в цілому врожайності повинне проводитись добором генотипів з більш тривалим періодом зерноутворення.

Але не завжди теоретичне обґрунтування і ефективність добору таких морфобіотипів за умов зрошення підтверджувало їх високу продуктивність при вирощуванні в екстремальних і незрошуваних умовах.

Так, лінії озимої пшениці, які добирались за умов зрошення, при вирощуванні в незрошуваних умовах різко змінювали тривалість періоду зерноутворення в бік його зменшення, аналогічно це відносилось і до зернової продуктивності. Лише форми з раннім колосінням (I–II декада травня) і тривалим періодом зерноутворення у деяких гібридних популяцій зберігали свою

Таблиця 2

Характер прояву врожайності і ознак продуктивності у різних за вегетаційним періодом ліній F4 озимої пшениці за умов зрошення, середнє за роки дослідження (2020–2021 рр.)

Лінії за періодів вегетації	Період зерноутворення, днів $\bar{x} \pm S\bar{x}$	Урожайність, г/м²		Маса, г			
				Зерна з колоса		1000 зерен	
		$\bar{x}$	lim	$\bar{x}$	lim	$\bar{x}$	lim
Херсонська безоста / Русалка							
Ранньостиглі	28±1,0	420	400–560	1,49	1,30–1,68	40,9	40–44
	36±1,2	560	510–590	1,66	1,50–1,94	48,5	48–51
Середньостиглі	30±1,1	525	490–600	1,54	1,46–1,68	43,5	39–44
	38±1,6	585	540–615	1,78	1,68–1,98	48,4	43–53
Херсонська 90 / Знахідка одеська							
Ранньостиглі	30±1,1	484	430–540	1,38	1,25–1,48	41,4	40–44
	38±1,4	590	520–620	1,64	1,44–1,90	44,4	42–48
Середньостиглі	28±1,3	468	425–560	1,49	1,42–1,58	42,8	39–44
	46±1,9	602	460–650	1,68	1,64–1,96	44,9	43–47
Одеська 51 / NS 471							
Ранньостиглі	24±0,5	390	360–480	1,38	1,10–1,58	38,9	34–42
	30±0,8	415	390–490	1,42	1,22–1,64	40,1	38–44
Середньостиглі	26±0,6	465	450–490	1,32	1,20–1,48	38,6	38–42
	34±1,3	560	540–620	1,58	1,41–1,64	41,9	40–43
Пізньостиглі	26±0,9	360	340–380	1,44	1,32–1,58	38,9	37–40
	32±1,4	370	350–380	1,46	1,38–1,60	39,9	38–42

перевагу над іншими селекційними лініями різних груп стиглості. Їх більша врожайність формувалась, головним чином, за рахунок збільшення крупності зерна і продуктивності колоса (табл. 3).

Пізньостиглі селекційні лінії, практично не підтверджували свою високу продуктивність в екстремальних умовах вирощування і без зрошення (табл. 3).

Таким чином, до високопродуктивних форм з більш тривалим періодом зерноутворення повинен бути, диференційований підхід, а їх використання лише після вивчення в умовах сортової агротехніки.

Урожайність озимої пшениці зумовлена характером прояву структурних елементів продуктивності, які мають значну мінливість під впливом біотичних і абіотичних чинників довкілля. При цьому елементи продуктивності можуть деякою мірою компенсуватися іншими субкомпонентами, які формуються в більш сприятливих умовах у процесі росту і розвиток рослин.

У наших дослідженнях продуктивність колоса і маса 1000 зерен мали добре виражену генетичну специфічність у формуванні врожайності.

Необхідно відмітити, що висока продуктивність колоса, зумовлена генетично і ранги сортів зберігались незалежно від зміни умов вирощування (строки сівби, попередники). За гірших умов вирощування (пізні строки сівби, непарові попередники) менший продуктивний стеблостій компенсувався, в плані одержання загального врожаю, більшою продуктивністю колоса і масою 1000 зерен.

Для більш ефективного добору високопродуктивних біотипів їх необхідно вивчати при комбінованому використанні оптимальних і стресових умов за вологозабезпеченістю рослин озимої пшениці. Такий підхід дає можливість спочатку виявити потенційну продуктивність селекційних ліній озимої пшениці в оптимальних умовах вирощування (зрошення), а потім ці генотипи вивчати в стресових умовах без зрошення на стійкість до посухи та інших несприятливих умов вирощування.

Результати досліджень виявили, що в оптимальних умовах вологозабезпеченості морфобіотипи озимої пшениці характеризувались високим абсолютним проявом маси зерна з головного колоса і колосів другого порядку і крупністю зерна.

Характерно, що співвідношення цих елементів структури врожаю при зрошенні було більш тісним, ніж за умов без зрошення. Так, перебільшення маси зерна з головного колоса до маси зерна колосів другого порядку було за умов зрошення 27, 2–34, 4%, без зрошення 32, 6–41, 0%, за масою 1000 зерен, відповідно, 10, 9–24, 5% і 27, 1–33, 0%.

В умовах зрошення реалізація показників елементів структури врожаю значно вища, ніж у менш сприятливих умовах незрошуваного землеробства. Ці дослідження підтвердили той факт, що добір генотипів, стійких до несприятливих умов довкілля, необхідно проводити лише після того, як їх висока потенційна продуктивність доведена в сприятливих умовах вирощування.

Відома, що 50–80% загальної мінливості залежить від умов зовнішнього довкілля. При цьому ознака стабільності врожайності озимої пшениці зумовлена збереженням стійкого значення одних елементів продуктивності і толерантності інших ознак.

Підвищення маси зерен з колоса, як одного із головних чинників урожайності озимої пшениці за умов зрошення, залежить від стабільності прояву числа зерен і їх крупності. Ці ознаки мають різну мінливість під впливом лімітуючих чинників зовнішнього довкілля і від генетичного походження селекційних ліній озимої пшениці. Найбільшу стабільність високих значень продуктивності колоса виявили морфобіотипи, які були відібрані із гібридних популяцій Херсонська безоста / Русалка, Одеська 51 / NS 471, Херсонська 90 / Знахідка одеська,

Таблиця 3

Характер прояву періоду зерноутворення і врожайності в незрошуваних умовах, середнє по роках дослідження (2020–2021 рр.)

Лінії за періодів вегетації	Період зерноутворення, днів		Урожайність, г/м²		Маса,г			
					зерна з колоса		1000 зерен	
	зрошення $\bar{x} \pm S\bar{x}$	без зрошення $\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	V, %	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	V, %	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	V, %
Херсонська безоста / Русалка								
Ранньостиглі	28±1,0	26±0,9	320±9,2	22,4	1,29±0,08	16,2	41,5±0,9	13,1
	36±1,2	30±1,2	380±10,1	16,8	1,34±0,10	14,8	44,2±1,0	10,9
Середньостиглі	30±1,1	24±0,6	315±8,6	20,8	1,18±0,06	16,4	40,9±0,6	11,9
	38±1,6	28±0,9	320±9,8	16,9	1,16±0,05	14,2	39,4±0,6	13,4
Одеська 51 / NS 471								
Ранньостиглі	24±0,5	20±0,4	260±7,4	21,4	1,09±0,05	19,4	40,1±0,9	15,2
	30±0,8	26±0,8	320±8,6	16,4	1,18±0,10	15,2	41,4±1,0	11,8
Середньостиглі	26±0,6	20±0,4	310±8,9	21,8	1,08±0,06	18,9	40,2±0,9	17,4
	34±1,3	24±0,8	340±8,9	21,4	1,14±0,08	19,2	41,8±1,1	14,6
Пізньостиглі	26±0,9	20±0,4	260±7,5	26,4	0,98±0,04	21,4	37,4±0,6	13,4
	32±1,4	22±0,6	235±5,8	23,2	0,84±0,03	20,2	37,0±0,6	13,6

Асканійська / Вікторія одеська та ін. перераховані гібриди характеризувались значним протистоянням до несприятливих умов зовнішнього середовища і максимально реалізували потенційну врожайність.

Параметри ознак продуктивності в цих гібридних популяцій середні за вираженістю, але досить стабільні за проявом. Так, з гібридних популяцій були добрані селекційні лінії (16/205, 16/215, 16/384, 16/401), які за продуктивністю колоса перебільшували стандартний сорт Херсонську безосту на 10–15%, що забезпечувалось, головним чином, підвищенням числа зерен у колосі і крупністю зерна.

Висновки і пропозиції. За різних погодних умов років досліджень перевага за врожайністю ліній порівняно зі стандартним сортом стійко зберігалось. У середньому за п'ять років досліджень добрані селекційні лінії перевищували стандартний сорт Херсонську безосту на 0, 24-0, 54 т/га.

Із гібридних популяцій, які характеризуються стійкістю, або толерантністю до несприятливих умов довкілля, можна відібрати морфогенотипи з інтегральною взаємодією цінних субознак продуктивності колоса.

Характер прояву цих ознак в комплексі, як правило, має середнє значення, а однобічне абсолютне підвищення окремої ознаки збільшувало її мінливість під дією лімітуючих чинників довкілля. Таким чином, чим більший абсолютний індивідуальний прояв субознак, тим менше адаптивна здатність морфобіотипів. Розірвати такий негативний взаємозв'язок можна, коли в роботу включається вся генетично-фізіологічна система гомеостазу, від якої і залежить комплексний прояв ознак на досить високому рівні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Селекція, насінництво і технології вирощування зернових колосових культур у Лісостепу України / За ред. В. Т. Колючого, В. А. Власенко, Г. Ю. Борсука. К. : Аграрна наука, 2007. 800 с.
2. Базалій В. В. Принципи адаптивної селекції пшениці озимої в зоні південного степу. Херсон: Айлант, 2004. 244 с.
3. Щипак Г. В., Святченко С. І., Щипак В. Г., Плакса В. М., Радік А. О. Селекційна оцінка сортів і ліній озимої твердої пшениці в контрастних умовах вирощування. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2016. №(20). С. 180–202.
4. Ceccarlli S., Grando S. Selection environment and environmental sensitivity in barley. *Evphytica.* 1991. 57. P. 157–167.
5. Базалій В.В., Домарацький Є.О., Ларченко О.В. Сучасний сортовий склад пшениці м'якої озимої та параметри його екологічної стійкості за різних умов вирощування. *Таврійський науковий вісник*. 2018. Вип. 104. С. 9–15
6. Звягін А. Ф. Аналіз кореляцій між елементами структури продуктивності та морфологічними ознаками у гібридів f_2 пшениці м'якої озимої, їх роль в селекції на підвищену адаптивність і продуктивність. *Селекція і насінництво*. 2011. № 99. С. 23–29.
7. Базалій В. В., Домарацький Є. О., Козлова О. П., Бойчук І. В., Базалій Г. Г. Характер прояву і ефективність використання індексу лінійної щільності колоса при селекції пшениці озимої. *Таврійський науковий вісник*. 2022. Вип. 124. С. 3–9.
8. Черенков А. В., Гасанова І. І., Солодушко М. М. Пшениця озима-розвиток та селекція культури в історичному аспекті. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2014. № (6). С. 3–6.
9. Орлюк А. П., Гончарова К. В. Адаптивний і продуктивний потенціали пшениці. Херсон: Айлант, 2002. 276 с.
10. Насіння одеської селекції підвищує свій рейтинг. *Пропозиція (Інформаційний щомісячник).* 2001. № 7. С.12–13.
11. Базалій В. В. Принципи адаптивної селекції озимої пшениці в зоні Південного Степу: Монографія. Херсон:Айлант, 2004. 244 с.
12. Шкуренко Л. В. Залежність ефективності виробництва пшениці озимої від ступеня інтенсивності сорту. *Plant varieties studying and protection*, 2012. № 2(16). С. 56–57.
13. Нарган Т. П., Моцний І. І., Сєчняк В. Ю., Лифенко С. П. Оцінка ліній пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum L.*) відвіддаленої гібридизації з господарсько-корисними ознаками. *Збірник наукових праць Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннезнавства та сортовивчення.* 2016. № 28. С. 15–32.

REFERENCES:

1. Kolyucho, V.A., Vlasenko, G., & Borsuk, Yu. (2007). *Selektsiya, nasinnytstvo i tekhnolohiyi vyroshchuvannya zernovykh kolosovykh kultur u Lisostepu Ukrayiny [Breeding, seed production and growing technologies of grain ear crops in the Forest Steppe of Ukraine*]. Kyiv: Agrarian science [in Ukrainian].
2. Bazaliy, V.V. (2004). *Pryntsypy adaptyvnoyi selektsiyi pshenytsi ozymoyi v zoni pivdennoho stepu [Principles of adaptive selection of winter wheat in the southern steppe zone]*. Kherson: Aylant [in Ukrainian].
3. Shchypak, G.V., Svyatchenko, S.I., Shchypak, V.G., Plaksa, V.M., & Radik, A.O. (2016). Selektsiyna otsinka sortiv i liniy ozymoyi tverdoyi pshenytsi v kontrastnykh umovakh vyroshchuvannya [Selection evaluation of varieties and lines of winter durum wheat in contrasting growing conditions]. *Visnyk Tsentru naukovoho zabezpechennya APV Kharkivskoyi oblasti – Bulletin of the Center for Scientific Support of APV of the Kharkiv Region, 20, 180–202* [in Ukrainian].
4. Ceccarlli, S., & Grando, S. (1991). Selection environment and environmental sensitivity in barley. *Evphytica, 57, 157–167*
5. Bazalii, V.V., Domaratskyi, E.O., & Larchenko, O.V. (2018). Suchasnyy sortovyy sklad pshenytsi m"yakoyi ozymoyi ta parametry yoho ekolohichnoyi stiykosti za riznykh umov vyroshchuvannya [Modern varietal composition of soft winter wheat and parameters of its ecological stability under different growing conditions]. *Tavriyskyy naukovyy visnyk – Taurian Scientific Bulletin, 105, 9–15* [in Ukrainian].
6. Zvyagin, A.F. (2011). Analiz korelyatsiy mizh elementamy struktury produktyvnosti ta morfolohichnymy oznakamy u hibrydiv f_2 pshenytsi m'yakoyi ozymoyi, yikh rol v selektsiyi na pidvyshchenu adaptyvnist i pro-

duktyvnist [Analysis of correlations between elements of the structure of productivity and morphological features in f_2 hybrids of soft winter wheat, their role in selection for increased adaptability and productivity]. *Selektsiya i nasinnytstvo – Selection and seed production, 99, 23–29* [in Ukrainian].

7. Bazaliy, V.V., Domaratskyi, E.O., Kozlova, O.P., Boychuk, I.V., & Bazaliy, H.G. (2022). Kharakter proyavu i efektyvnist vykorystannya indeksu liniynoyi shchilnosti kolosa pry selektsiyi pshenytsi ozymoyi [The nature of the manifestation and the effectiveness of the use of the index of linear density of the ear in the selection of winter wheat]. *Tavriyskyy naukovyy visnyk – Taurian Scientific Bulletin*, *124, 3–9* [in Ukrainian].
8. Cherenkov, A.V., Hasanova, I.I. &, Solodushko, M.M. (2014). Pshenytsya ozyma-rozvytok ta selektsiya kultury v istorychnomu aspekti [Winter wheat – development and selection of culture in a historical aspect]. *Byuleten Instytutu silskoho hospodarstva stepovoyi zony NAAN Ukrayiny – Bulletin of the Institute of Agriculture of the Steppe Zone of the National Academy of Sciences of Ukraine, 6, 3–6* [in Ukrainian].
9. Orlyuk, A.P., & Honcharova, K.V. (2002). *Adaptyvnyy i produktyvnyy potentsialy pshenytsi [Adaptive and productive potentials of wheat].* Kherson: Aylant [in Ukrainian].
10. *Nasinnya odeskoyi selektsiyi pidvyshchuye sviy reytynh.* (2001). [Seeds of Odessa selection increase their rating]. *Propozytsiya (Informatsiynyy shchomisyachnyk) – Offer (Informative monthly), 7, 12–13* [in Ukrainian].
11. Bazalii, V.V. (2004). *Pryntsypy adaptyvnoyi selektsiyi ozymoyi pshenytsi v zoni Pivdennoho Stepu [Principles of adaptive selection of winter wheat in the Southern Steppe zone].* Kherson: Aylant [in Ukrainian].
12. Shkurenko, L.V. (2012). Zalezhnist efektyvnosti vyrobnytstva pshenytsi ozymoyi vid stupenya intensyvnosti sortu [Plant varieties studying and protection Dependence of the efficiency of winter wheat production on the degree of intensity of the variety]. *Plant varieties studying and protection*, *2(16), 56–57* [in Ukrainian].
13. Nargan, T.P., Motsny, I.I., Sechnyak, V.Yu., & Lyfenko, S.P. (2016). Otsinka liniy pshenytsi m'yakoyi ozymoyi (*Triticum aestivum* L.) vid viddalenoyi hibrydyzatsiyi za hospodarsko korysnymy oznakamy [Evaluation of lines of soft winter wheat (*Triticum aestivum* L.) from distant hybridization for economically useful traits]. *Zbirnyk naukovykh prats Selektsiyno-henetychnoho instytutu – Natsionalnoho tsentru nasinneznavstva ta sortovyvchennya – Collection of scientific works of the Breeding and Genetics Institute – National Center for Seed Science and Variety Studies*, 28, 15–32 [in Ukrainian].

Базалій В.В., Домарацький Є.О., Козлова О.П. Селекційно-генетичні аспекти селекції озимої пшениці та їх вплив на агроекологічну адаптивність

В статті наведено основні селекційно-генетичні аспекти при оцінці пригодності сортів до виробничих умов та їх адаптаційна здатність до всього комплексу мінливості умов довкілля. За результатами дослідження обраний напрям створення сортів пшениці озимої універсального типу, який збігається з поглядами відомих селекціонерів. Ці сорти можна вирощувати в різних за інтенсифікацією технологіях. Щодо висоти рослин сортів універсального типу, то вони є нижчими від середньорослих і значно вищі напівкарликових. У кожних біотипів відмічена більша можливість поєднання в одному генотипі досить високої зимостійкості і врожайності, хоча абсолютне значення цих ознак залежить від генетичного походження ліній і умов їх вирощування. **Мета** досліджень полягала у визначенні закономірності прояву селекційно-генетичних аспектів селекції озимої пшениці на агроекологічну адаптивність, взаємозв'язку продуктивності колосу та індексу лінійної щільності коса з різними кількісними ознаками і продуктивністю сортів та морфобіотипів пшениці озимої в процесі кореляційно-регресійного аналізу; мінливості та успадкуванню кількісних ознак, а також індекс лінійної щільності колоса та ступеня їх стабільності залежно від мінливих умовах довкілля. Таким чином **результати** досліджень виявили, що в оптимальних умовах вологозабезпеченості морфобіотипи озимої пшениці характеризувались високим абсолютним проявом маси зерна з головного колоса і колосів другого порядку і крупністю зерна. Характерно, що співвідношення цих елементів структури врожаю при зрошенні було більш тісним, ніж за умов без зрошення. Так, перебільшення маси зерна з головного колоса до маси зерна колосів другого порядку було за умов зрошення 27, 2–34, 4%, без зрошення 32, 6–41, 0%, за масою 1000 зерен, відповідно, 10, 9–24, 5% і 27, 1–33, 0%. **Висновок.** В умовах зрошення реалізація показників елементів структури врожаю є значно вищою, ніж у менш сприятливих умовах незрошуваного землеробства. Ці дослідження підтвердили той факт, що добір генотипів, стійких до несприятливих умов довкілля, необхідно проводити лише після того, як їх висока потенційна продуктивність доведена в сприятливих умовах вирощування. Відомо, що 50–80% загальної мінливості залежить від умов зовнішнього довкілля. При цьому ознака стабільності врожайності озимої пшениці зумовлена збереженням стійкого значення одних елементів продуктивності і толерантності інших ознак.

Ключові слова: пшениця озима, морфобіотип, врожайність, генотип, добір.

Bazalii V.V., Domaratskyi E.O., Kozlova O.P. Breeding and genetic aspects of winter wheat on agroecological adaptability

The article presents the main selection and genetic aspects when assessing the suitability of varieties for production conditions and their ability to adapt to the entire complex of variability of environmental conditions. According to the results of the research, the direction of creation of winter wheat varieties of the universal type was chosen, which coincides with the views of well-known breeders. These varieties can be grown using both intensive and conventional technologies, but they are lower than medium-sized plants and much taller than semi-dwarf plants in terms of plant height. Each biotype has a higher possibility of combining in one genotype fairly high winter resistance and yield, although the absolute value of these features depends on the genetic origin of the lines and their growing conditions. The **purpose** of the work was to determine the regularity of the manifestation of selection and genetic aspects of winter wheat selection on agroecological adaptability, the relationship of ear productivity and the index of linear density of the braid with various quantitative characteristics and productivity of varieties and morphobiotypes of winter wheat in the process of correlation-regression analysis; variability

and inheritance of quantitative traits and the index of linear density of the ear and the degree of their stability depending on changing environmental conditions. Thus, the **research results** revealed that under optimal conditions of moisture availability, morphobiotypes of winter wheat were characterized by a high absolute expression of grain mass from the main ear and ears of the second order and grain size. Characteristically, the ratio of these elements of the crop structure under irrigation was closer than under non-irrigated conditions. Thus, the exaggeration of the mass of grain from the main ear to the mass of grain of ears of the second order was under irrigation conditions 27.2 – 34.4%, without irrigation 32.6 – 41.0%, according to the weight of 1000 grains, respectively, 10.9 – 24.5% and 27.1 – 33.0%. **Conclusion.** In irrigated conditions, the realization of indicators of the elements of the crop structure is much higher than in less favorable conditions of non-irrigated agriculture. These studies confirmed the fact that the selection of genotypes resistant to adverse environmental conditions should be carried out only after their high potential productivity has been proven under favorable growing conditions. It is known that 50–80% of the total variability depends on the conditions of the external environment. At the same time, the sign of the stability of winter wheat yield is due to the preservation of the stable value of some elements of productivity and tolerance of other signs.

Key words: winter wheat, morphobiotype, yield, genotype, selection.

УДК 633.16:631.527:575
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.20

СТУПІНЬ ФЕНОТИПОВОГО ДОМІНУВАННЯ КІЛЬКІСНИХ ОЗНАК У ГІБРИДНИХ ПОПУЛЯЦІЙ F_1 ГОЛОЗЕРНОГО ЯЧМЕНЮ

БУНЯК Н.М. – науковий співробітник
orcid.org/0000-0002-2075-0365
Носівська селекційно-дослідна станція Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Гібридизація є важливим методом селекції сільськогосподарських культур а ключем до успішної гібридизації є вибір батьків. Враховуючи, що продуктивність батьків не обов'язково така ж, як у гібридного потомства, вдалість гібридної комбінації може бути ідентифікована лише в пізніх поколіннях. Якщо вдале поєднання ознак можна попередньо визначити в ранніх поколіннях, підкреслюючи важливість правильного вибору компонентів схрещування, то й ефективність селекції можна покращити [1]. Сьогодні багато досліджень фокусуються на аналізі транскриптому для порівняння батьківських ліній з їхніми гібридами F1. Отже, кількісна генетика залишається потужним інструментом у вивчення батьківських ліній та їхніх нащадків [2]. Знання характеру успадкування є постійною вимогою успішної селекції рослин [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Створення високоврожайних сортів залежить від існуючої генетичної варіації ознак що визначають урожайність та безпосередньо врожайності зерна. Генетичні параметри дають інформацію про очікувану реакцію врожайності та компонентів урожайності на добір, що можна використовувати для визначення найбільш вдалої стратегії селекції [4]. Для досягнення цієї мети, вивчають генетичний потенціал селекційних та місцевих сортів та їх гібридні популяції від схрещування як основу для сталого підвищення врожайності [3]. Селекціонери відзначають важливість використання генетичної мінливості та різноманітності в селекційних програмах для забезпечення постійно зростаючих потреб у вдосконаленні гібридів і сортів. Добір більшості потенційних ліній за біометричним аналізом і генетичним різноманіттям дуже важливий для успішності селекційних програм. Основний фактор, що обмежує швидкість прогресу у рослинництві є низька успадковуваність таких кількісних ознак, як урожайність [5]. При схрещуванні двох вихідних компонентів фенотипова мінливість F_1, як і кожного з батьків, визначається як генетичними, так і неспадковими чинниками. Але прояв та ступінь гетерозису в F_1 дають можливість передбачати виникнення в наступних поколіннях трансгресивних зразків, що в свою чергу підвищує ефективність доборів у гібридних популяціях зразків з бажаними ознаками. Отже добори на високу продуктивність ячменю бажано проводити по непрямих показниках, для чого потрібно виділити ключові ознаки які тісно з нею корелюють [6]. Для досягнення цієї мети використовують різні типи схрещувань: повні діалельні [2, 7], неповні діалельні [8, 9], топкроси [10]. Значні дослідження з визначенням типів успадкування кількісних ознак гібридами першого покоління ячменю ярого та озимого проведено багатьма вченими [11, 12]. Є серед них і дослідження успадкування у гібридів F_1 між плівчастими та голозерними формами [6, 10] а також лише між голозерними [4, 13, 14]. Серед останніх встановлено неоднакове успадкування різних ознак у гібридів F_1. Відзначаючи неоднозначність результатів вказаних досліджень, актуальним є визначення характеру успадкування кількісних ознак ячменю ярого голозерного.

Мета роботи полягає в установлення показників фенотипового домінування кількісних ознак в системі діалельних схрещувань сортів ячменю ярого голозерного в умовах Північного Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень. У період 2020–2022 рр. проведено дослідження зі створення та вивчення гібридних популяцій F_1 7 сортів ярого голозерного ячменю вітчизняної та зарубіжної селекції в системі діалельних схрещувань. Сорти залучені до схрещувань походять з України (UKR) – 2, та Канади (CAN) – 5, належать до голозерної різновидності (var. *nudum*) (табл. 1).

Оцінку гібридних популяцій F_1 ячменю ярого здійснювали в селекційній сівозміні Носівської селекційно-дослідної станції МІП ім. В.М. Ремесла НААН України (с. Дослідне, Ніжинський р-н, Чернігівська обл. – місце

Таблиця 1

Схема гібридизації ячменю ярого

	Козацький	Alamo	CDC Hilose	CDC ExPlus	CDC Gainer	Roselend
Натаір	+	+	+	+	+	+
Козацький	–	+	+	+	+	+
Alamo	+	–	+	+	+	+
CDC Hilose	+	+	–	+	+	+
CDC ExPlus	+	+	+	–	+	+
CDC Gainer	+	+	+	+	–	+
Roselend	+	+	+	+	+	–

знаходження: широта 50°93′, довгота 31°69′, висота 126 м над рівнем моря). Ґрунт – чорнозем типовий, малогумусний, вилугований, легкосуглинковий, із середнім забезпеченням фосфором та калієм, низьким – азотом та середньокислою реакцією ґрунтового розчину. Селекційні посіви ячменю розміщувались у сівозміні після люпину. Мінеральні добрива внесли під оранку в нормі $N_{32}P_{32}K_{32}$. У фазі кущення проведена обробка гербіцидом Квелекс (60 г/га) + Тренд 90 (0,3 л/га). Зразки висівали в ранні строки вручну за схемою: материнська форма – F_1 – батьківська форма, довжина ділянки – 1 м, ширина міжряддя 30 см, кількість гібридних зерен на метр погонний – не більше 20, кількість рядків – залежно від наявності насіння, глибина сівби 3–4 см. У фазу повної стиглості рослини виривали з корінням, збирали в снопи та провели аналіз за основними показниками продуктивності: довжина стебла, загальна кущистість, продуктивна кущистість, довжина колоса основного стебла, кількість зерен з колосу, маса зерна з колосу, маса зерен з рослини, маса 1000 зерен. Визначали успадкування продуктивності та її структурних елементів у F_1 гібридів ячменю ярого голозерного за показником ступеня фенотипового домінування (h_p) ознак. Групування отриманих даних проводили відповідно до класифікації G. M. Beil, R. E. Atkins [15]: позитивне наддомінування (h_p>+1); позитивне домінування (+0,5<h_p≤+1); проміжне успадкування (-0,5≤h_p≤0,5); негативне домінування (-1≤h_p<-0,5); негативне наддомінування (h_p<-1). Ступінь фенотипового домінування визначали за формулою B. Griffing [16] та з допомогою програми Excel. Гідротермічні умови 2020–2022 рр. наведено в таблиці 2.

Погодні умови років досліджень були досить контрастними. Перша половина вегетації 2021 і 2022 рр. характеризувалась прохолодною (на 0,3–0,5 ^{0}С нижче порівняно із середнім багаторічним показником (СБП)) температурою повітря та більшою за СБП кількістю опадів у квітні (на 16,0 мм у 2021 р. і 41,2 мм у 2022 р.). Умови травня у 2021 і 2022 рр. також були прохолоднішими (на 0,7–1,8 ^{0}С) порівняно до СБП і досить зволоженими (130 % до СБП) у 2021 р., але більш посушливими (70,0 % до СБП) у 2022 р. У 2020 року температурний режим квітня – травня був у межах СБП, а от забезпечення вологою було контрастним (69 % опадів до СБП у квітні та 210 % у травні). Друга половина вегетації ячменю ярого в 2020–2022 рр. характеризувалася підвищеним температурним режимом (більше на 1,4–5,0 ^{0}С у червні та 2,0–3,1 ^{0}С у липні, окрім 2022 р. коли температура липня була на 0,5 ^{0}С менша порівняно з СБП). Щодо забезпечення вологою, то в червні 2020 р. опадів було 193 % до СБП, а в липні лише 53 % до СБП. 2021 р. за опадами в червні-липні був трохи нижчим за СБП – 79 – 86 %, а в червні – липні 2022 р. рівень зволоження становив 124–98 % до СБП.

Отже погодні умови 2020–2022 рр. у період вегетації ячменю ярого були сприятливими для росту і розвитку рослин. Ці роки були теплими і в середньому достатньо вологими. Це сприяло нормальному проходженню фенологічних фаз, умови при кастрації та гібридизації були оптимальними – що забезпечило зав'язування достатньої кількості гібридних зерен. В цілому умови були достатньо сприятливі для формуванню нормально розвинутих рослин, з високою продуктивною кущистістю, довгим, добре озерненим колосом та виповненим зерном, що сприяло високим показникам врожайності гібридних популяцій F1 та батьківських форм ячменю ярого голозерного.

Результати досліджень. Одним з головних методів створення вихідного матеріалу для селекції ячменю ярого є гібридизація, вона забезпечує отримання нових зразків, які поєднують у своєму генотипі ознаки та властивості заплановані відповідно до селекційної програми. Залучення до схрещувань біотипів з різних еколого-географічних груп сприяє більш ширшому формотворенню у гібридних популяціях, що підсилює ефективність селекційної роботи.

У таблиці 3 наведено показники середніх значень елементів структури продуктивності рослин (висота, кількість продуктивних стебел, маса зерна з рослини, маса 1000 зерен) та головного колосу (довжина, кількість зерен, маса зерна з колосу) у батьківських форм та гібридних популяцій створених за їх участю. Загалом, потрібно відмітити формування нижчої довжини стебла та переважно більшої крупності зерна у всіх генотипів в умовах 2022 р. порівняно з 2021 р. За іншими ознаками чіткої закономірності по збільшенню чи зменшенню їх прояву не встановлено та відмічається варіювання показників в однакових лімітах в умовах 2021 та 2022 років. В цілому, за два роки досліджень, потрібно відмітити істотність відмінності прояву ознак як в батьківських форм так і гібридних популяцій створених за їх участю (особливо в окремих комбінаціях) що може свідчити про можливість добору цінних генотипів із новостворених гібридів.

На рисунку 1 представлено розподіл гібридних комбінацій залежно від градацій величини показника фенотипового домінування за ознаками висота рослин, продуктивна кущистість, продуктивність рослини та маса 1000 зерен з рослини.

За ознакою висота рослин ступінь фенотипового домінування за роками досліджень істотно відрізнявся.

Таблиця 2

Гідротермічні умови 2020–2022 рр. в період вегетації ячменю ярого

Рік	Місячна температура повітря, °С				Місячна кількість опадів, мм			
	Квітень	Травень	Червень	Липень	Квітень	Травень	Червень	Липень
2022	7,4	13,2	19,8	19,7	76,8	31,6	79,6	71,8
2021	7,6	14,3	20,0	23,3	51,6	58,6	51,1	62,8
2020	8,9	13,6	23,4	22,2	24,2	94,9	124,3	38,3
Багатор.	7,9	15,0	18,4	20,2	35,6	45,1	64,5	**73,0**

Таблиця 3

Рівень прояву ознак у батьківських компонентів схрещування та гібридних популяцій F_1 за їх участі

Батьківські форми	Висота рослин, см				Кількість продуктивних стебел, шт.				Маса зерна з рослини, г				Маса 1000 зерен, г			
	2021		2022		2021		2022		2021		2022		2021		2022	
	P	F_1	P	F_1	P	F_1	P	F_1	P	F_1	P	F_1	P	F_1	P	F_1
CDC Gainer	99,6	82,9	84,5	78,2	7,0	4,3	7,6	4,6	8,3	4,9	8,6	5,5	45,3	47,5	47,8	51,1
CDC Hilose	100,2	82,5	77,9	77,9	6,2	4,8	6,4	4,0	7,0	5,6	7,9	4,6	45,2	48,7	48,7	48,1
CDC ExPlus	96,2	79,4	77,2	78,2	6,6	3,9	5,8	5,1	7,8	4,6	7,0	6,0	46,2	47,3	49,0	50,3
Roseland	95,2	82,1	77,5	78,0	6,1	4,4	5,0	5,0	7,0	5,2	5,8	5,8	44,7	48,8	45,5	48,7
Alamo	84,4	80,2	74,4	76,6	5,7	3,8	4,7	4,2	5,7	4,5	4,7	5,1	47,8	50,5	48,8	52,6
Козацький	82,1	79,3	70,6	76,5	5,8	4,3	3,9	4,0	5,6	5,1	4,3	4,6	49,1	51,3	53,9	53,7
Натаір	80,3	77,6	67,1	73,2	6,4	4,4	5,4	4,7	6,7	4,8	5,8	5,6	52,3	48,3	53,9	53,9
$НІР_{0,5}$	3,6	3,4	3,4	3,2	0,3	0,3	0,5	0,5	0,4	0,5	0,6	0,6	2,3	2,7	2,1	2,0
Батьківські форми	**Довжина колоса, см**				**Кількість зерен у колосі, шт.**				**Маса зерна з колоса, г**							
	2021		2022		2021		2022		2021		2022					
	P	F_1	P	F_1	P	F_1	P	F_1	P	F_1	P	F_1				
CDC Gainer	10,0	9,5	10,1	9,6	28,7	26,9	28,9	27,2	1,31	1,28	1,38	1,39				
CDC Hilose	9,4	9,6	9,8	9,4	29,4	27,4	30,2	26,9	1,33	1,34	1,47	1,30				
CDC ExPlus	9,2	9,5	9,4	9,5	29,1	27,7	26,6	27,9	1,34	1,32	1,31	1,39				
Roseland	9,8	10,1	9,7	9,6	29,2	28,3	29,0	27,1	1,30	1,39	1,32	1,32				
Alamo	10,1	9,6	10,1	9,5	25,8	26,2	24,8	26,4	1,20	1,32	1,16	1,36				
Козацький	8,2	9,5	8,4	9,2	23,2	26,0	23,4	25,3	1,10	1,34	1,27	1,35				
Натаір	9,1	9,3	8,9	9,2	26,9	25,6	23,7	25,3	1,21	1,24	1,28	1,36				
$НІР_{0,5}$	0,3	0,2	0,2	0,2	2,1	1,9	2,3	2,2	0,07	0,09	0,10	0,06				

Примітки: P – рівень прояву ознаки батьківського компоненту. F_1 – середнє значення рівня прояву ознаки всіх гібридних популяцій з відповідним батьківським компонентом

Рис. 1. Розподіл гібридів F1 ячменю ярого за величиною hp, (% комбінацій), 2021–2022 рр.

*Примітки: **НН** – негативне наддомінування, **НД** – негативне домінування, **ПУ** – проміжне успадкування, **ПД** – позитивне домінування, **ПН** – позитивне наддомінування*

В умовах 2021 р. переважаючим типом успадкування висоти рослин була депресія, а в умовах 2022 р. виявив усі можливі типи успадкування з переважанням гетерозису (36,0 %) та проміжного успадкування (36,0 %). У селекції на стійкість до вилягання цікавим є виділення форм з низьким стеблом. Зокрема виділили реципрокні гібридні популяції CDC Gainer / CDC Hilose які виявили депресію за ознакою; у 6 гібридних популяціях (14 %) встановили часткове негативне домінування.

В умовах 2021 р. максимальним (понад 85 см) значенням ознаки характеризувались гібриди за участю в якості материнської форми сорту CDC Gainer, окрім комбінації CDC Gainer / Натаір. Потрібно відмітити що середнє значення рівня прояву ознаки всіх гібридних популяцій з сортом Натаір було істотно нижче порівняно з іншими комбінаціями в роки досліджень. В 2022 р. сорт CDC Gainer сформував найвище стебло серед батьківських форм, а гібриди за його участі також мали в середньому найвищі показники висоти рослин серед інших гібридних популяцій. Проведення ефективного добору короткостеблових форм передбачається у ранніх поколіннях гібридних популяцій з високим ступенем успадкування ознаки висоти рослини, особливо з частковим або повним домінування низькорослості. Оскільки успадкування висоти рослин залежить від компонентів схрещування, при селекції ячменю ярого голозерного на стійкість до вилягання методом гібридизації однією з батьківських форм обов'язково повинен бути низькорослий сорт (наприклад, Натаір).

Варіювання кількісті продуктивних стебел у батьківських форм було в межах 5,7–7,0 шт. (2021 р.) та 3,9–7,6 шт. (2022 р.). Високою продуктивною кущистістю за роки досліджень виділявся сорт CDC Gainer (7,0–7,6 шт.). В умовах 2021 р. 95 % гібридних популяцій виявили негативне наддомінування за продуктивною кущистістю, лише комбінація CDC Gainer / CDC Hilose виявила позитивне наддомінування за даною ознакою. Гібридні популяції F_1 у 2022 р. в переважній більшості (84 %) виявили нижче продуктивне кущіння порівняно до батьківських компонентів, ступінь фенотипового домінування за ознакою відзначався переважно депресією (60 %), НД (12 %) та ПУ (12 %). Позитивний гетерозис відмічено у реципрокних гібридних популяцій Alamo / Roseland, у популяції Натаір / Roseland, CDC ExPlus / Roseland та CDC ExPlus / Натаір.

Високою продуктивністю рослини (враховуючи найвищі показники продуктивного кущіння) виділявся сорт CDC Gainer (8,3–8,6 г). Гібридні популяції F_1 в абсолютній більшості 90 % (2021 р.) та 50 % (2022 р.) виявили нижчу продуктивність порівняно до батьківських компонентів (депресія). Позитивне наддомінування ознаки маса зерна з рослини встановили в 7 % (2021 р.) та 21 % (2022 р.) гібридних популяцій. Найбільшу масу зерна з рослини встановлено у комбінації Alamo / Roseland (9,75 г) у 2022 р. а в умовах 2021 р. ця комбінація проявила негативне домінування за продуктивністю рослини. Така ж ситуація спостерігалася й в успадкуванні крупності зерна окремими комбінаціями. Наприклад в схрещуванні Козацький / Натаір та Alamo / Натаір в умовах 2021 р. успадкування було за типом негативного наддомінування а в умовах 2022 р. ці ж комбінації проявили гетерозис за ознакою. Тобто можна відмітити зміну характеру успадкування ознаки в одних і тих же комбінаціях схрещування в різні роки.

За крупністю зерна, вираженою масою 1000 зерен з рослини, батьківські форми істотно відрізнялися між собою. Високою масою 1000 зерен вирізнявся сорт Натаір та Козацький за два роки досліджень. Гібридні популяції F_1 в переважно виявили позитивне наддомінування за крупністю зерна – відмічено у 55 % (2021 р.) та 48 % (2022 р.) комбінацій, депресія встановлена у 17 % та 19 % комбінацій схрещування відповідно. Істотне зростання крупності зерна, в середньому, встановлено в комбінаціях схрещування з сортом Козацький. За використання сорту Козацький в якості запилювача відмічали успадкування за типом домінування та наддомінування високої маси 1000 зерен в гібридів у 6 одних і тих же комбінціях з 12, в умовах обох років. Це може вказувати на донорські властивості сорту Козацький в селекції на підвищення крупності зерна.

Урожайність зерна є комплексним показником, що визначається багатьма елементами продуктивності, серед яких число колосків у головному колосі і його довжина, кількість зерен у колосі і маса зерна з колоса. Проблема підвищення продуктивності колоса завжди була актуальною і вирішується селекціонерами різними шляхами [17].

На рисунку 2 наведено розподіл гібридних комбінацій залежно від градацій величини показника фенотипового домінування за ознаками головного колоса: довжина, кількість зерен та його продуктивність.

За довжиною головного колоса на рослині встановлено всі типи успадкування за 2 роки досліджень, з переважанням проміжного успадкування (36 %), негативного наддомінування (24–33 %) та гетерозису (29–21 %) у схрещуваннях. Батьківські форми переважно встановили істотну відмінність: найдовший колос був у сортів CDC Gainer та Alamo (10–10,1 см), найменший – у сорту Козацький (8,2–8,4 см).

Позитивний гетерозис за довжиною колоса встановлено у схрещуваннях з сортом CDC ExPlus (у комбінаціях з сортами Roseland, Козацький й Натаір), також у гібридної популяції Натаір / Козацький за 2 роки вивчення.

Варіювання кількісті зерен у колосі батьківських форм у роки досліджень було в однакових межах 23,2–29,4 та 23,4–30,2 шт. Більшу кількість зерен у колосі відмічено у сорту CDC Hilose (29,4–30,2 шт.). Фенотиповий прояв ознаки у гібридів від схрещуваннь був переважно за типом проміжного успадкування (33–36 %) та депресії (40–29 %) у комбінаціях в умовах 2021 та 2022 років відповідно. Відмічали також успадкування за типом позитивного домінування (10–5 %) та гетерозису (5–29 %) за кількістю зерен у колосі в гібридів. Виділили гібридні популяції які виявили позитивне домінування та гетерозис протягом 2 років за ознакою: CDC ExPlus / Roseland, Alamo / Roseland та Козацький / CDC ExPlus.

Варіювання маси зерна з головного колоса батьківських форм в абсолютних величинах було незначне: в межах 1,10–1,34 г та 1,16–1,47 г в 2021 та 2022 р. від-

Рис. 2. Розподіл гібридів F1 ячменю ярого за величиною hp, (% комбінацій), 2021–2022 рр.

Примітки: ***НН*** *– негативне наддомінування,* ***НД*** *– негативне домінування,* ***ПУ*** *– проміжне успадкування,* ***ПД*** *– позитивне домінування,* ***ПН*** *– позитивне наддомінування*

повідно. Гібридні популяції F_1 в переважній більшості виявили позитивне наддомінування за ознакою – відмічено у 52–60 % комбінацій. Однакову частку комбінацій з депресією (24 %), негативним домінуванням (2 %) та проміжним успадкуванням (10 %) встановлено два роки підряд (рис. 2). За два роки досліджень у 11 комбінаціях спостерігали кардинально протилежні типи успадкування маси зерна з колоса «гетерозис-депресія», що свідчить про вплив умов середовища на характер успадкування вказаної ознаки. 12 комбінацій підтверджували стабільний за 2 роки гетерозис за масою зерна з колоса, ще 4 комбінації виявляли в один рік позитивне домінування в інший позитивне наддомінування за цією ознакою. Виділялася комбінація Alamo / Roseland з стабільним за роками рівнем гетерозису – 4,91 (2021 р.) і 4,36 (2022 р.) і масою зерна з колоса, з найвищими показниками – 1,47 і 1,63 г відповідно. Отже передбачається можливість добору в наступних поколіннях цінних генотипів, що переважатимуть батьківські компоненти за цією ознакою.

Висновки. Результати досліджень вказують, що характер успадкування довжини стебла та елементів продуктивності ячменю ярого голозерного досить складний і проявляється в різних взаємодіях генотип-середовище. Виділені комбінації схрещування з проявом позитивного домінування та гетерозису за 2 роки досліджень, що можуть становити практичну селекційну цінність для комбінування ознак продуктивності в гібридних популяціях ячменю ярого голозерного. При селекції на стійкість до вилягання методом гібридизації можливе використання в якості компоненту схрещування низькорослого сорту Натаір. Істотне зростання крупності зерна встановлено в комбінаціях схрещування з сортом Козацький, що може вказувати на його донорські властивості в селекції на підвищення крупності зерна. Виділено комбінацію Alamo / Roseland з стабільним за роками рівнем гетерозису за масою зерна з колоса, й позитивним домінування та наддомінуванням за кількістю зерен у колосі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Han Y-y, Wang K-y, Liu Z-q, Pan S-h, Zhao X-y, Zhang Q, Wang S-f. Research on Hybrid Crop Breeding Information Management System Based on Combining Ability Analysis. Sustainability. 2020, 12(12):4938. https://doi.org/10.3390/su12124938.
2. Fawzia Bouchetat, Abdelkader Aissat. Evaluation of the genetic determinism of an F_1 generation of barley resulting from a complete diallel cross between autochthones and introduced cultivars, *Heliyon*. 2019, Vol. 5, Issue 11, e02744, https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02744.
3. Akgun N., Topal A. Regression analysis of grain weight per plant in barley crosses. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2011, Vol. 17, (No 6), P. 773–776.
4. Dyulgerov N., Dyulgerova B. Variability, heritability, and correlations among grain yield and related traits in hulless barley accessions. *Trakia Journal of Sciences*. 2020, Vol. 18, № 4, P. 285–293. doi: 10.15547/tjs.2020.04.002
5. Yadav S.K., Singh A.K., Pandey P., Singh, S. Genetic variability and direct selection criterion for seed yield in segregating generations of Barley (Hordeum

vulgare L.). *American Journal of Plant Sciences*. 2015, 6, P. 1543–1549. http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2015.69153
6. Васько Н.І., Солонечний П.М., Солонечна О.В. Ступінь домінантності у F_1 ячменю від схрещування з голозерними сортами. Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку: матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції (7 червня 2019 р., м. Київ), 2019. С. 18–21.
7. Aghamiri S., Mostafavi K., Mohammadi A. Genetic study of agronomic traits in barley based diallel cross analysis. *Adv. Environ. Biol.* 2012, 6, P. 62–68.
8. Varzaru S., Ciulca S. Analysis of gene effects for grains traits in winter barley. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology.* 2013, Vol. 17(2), P. 299–302.
9. Компанець К.В., Козаченко М.Р. Успадкування продуктивності та її структурних елементів у F_1 гібридів ячменю ярого. *Генетичні ресурси рослин*. 2017, № 20. С. 43–55.
10. Zymogliad O.V., Kozachenko M.R., Vasko N.I., Solonechnyi P.M., Vazhenina O.E., Naumov O.G. Performance inheritance and combining ability of spring barley accessions. *Селекція і насінництво.* 2021, Вип. 119. С. 106–116. doi: https://doi.org/10.30835/2413-7510.2021.237026
11. Johnson G.F., Whittington W.J. Inheritance of yield components and yield in relation to evidence for heterosis in F_1 barley hybrids. *Euphytica*. 1978, 27, P. 587–591. https://doi.org/10.1007/BF00043186
12. Лисенко, А.А., Гудзенко В.М. Комбінаційна здатність та успадкування пов'язаних з урожайністю ознак в F_1 ячменю озимого в умовах Лісостепу України. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2023. *18* (4), P. 251–261. https://doi.org/10.21498/2518-1017.18.4.2022.273986
13. Eshghi R., Akhundova E. Genetic analysis of grain yield and some agronomic traits in hulless barley. *African Journal of Agricultural Research*. 2009, Vol. 4(12), P. 1464–1474.
14. Eshghi, R., E. Akhundova. Inheritance of some important agronomic traits in hulless barley. *Int. J. Agric. Biol.* 2010, 12, P. 73–76.
15. Beil G. M., Atkins R. E. Inheritance of quantitative characters in grain sorgum. *Iowa State Journal*. 1965, Vol. 39. 3 p.
16. Griffing B. Analysis of quantitative gene-action by constant parent regression and related techniques. *Genetics*. 1950, Vol. 35. P. 303–321.
17. Кузьменко Є.А., Хоменко С.О., Федоренко М.В. Ступінь фенотипового домінування ознак продуктивності у гібридів першого покоління пшениці твердої ярої. Миронівський вісник. 2018, Вип. 7, С. 54–67.

REFERENCES:

1. Han Y-y, Wang K-y, Liu Z-q, Pan S-h, Zhao X-y, Zhang Q, Wang S-f. (2020). Research on Hybrid Crop Breeding Information Management System Based on Combining Ability Analysis. Sustainability. 12(12):4938. https://doi.org/10.3390/su12124938.
2. Fawzia Bouchetat, Abdelkader Aissat. (2019). Evaluation of the genetic determinism of an F_1 generation of barley resulting from a complete diallel cross between autochthones and introduced cultivars, *Heliyon*. 5, 11, e02744, https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02744.
3. Akgun N., Topal A. (2011). Regression analysis of grain weight per plant in barley crosses. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 17 (6), 773–776.
4. Dyulgerov N., Dyulgerova B. (2020). Variability, heritability, and correlations among grain yield and related traits in hulless barley accessions. *Trakia Journal of Sciences*. 18, 4, 285-293. doi:10.15547/tjs.2020.04.002
5. Yadav S.K., Singh A.K., Pandey P., Singh, S. (2015). Genetic variability and direct selection criterion for seed yield in segregating generations of Barley (Hordeum vulgare L.). *American Journal of Plant Sciences*. 6, 1543–1549. http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2015.69153
6. Vasko N.I., Solonechnyi P.M., Solonechna O.V. (2019). Stupin dominantnosti u F_1 yachmeniu vid skhreshchuvannia z holozernymy sortamy. [The degree of dominance in F_1 barley from crosses with bare grain varieties.] Svitovi roslynni resursy: stan ta perspektyvy rozvytku: materialy V Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (7 chervnia 2019 r., m. Kyiv). 18–21. [in Ukrainian].
7. Aghamiri S., Mostafavi K., Mohammadi A. (2012). Genetic study of agronomic traits in barley based diallel cross analysis. *Adv. Environ. Biol.* 6, 62–68.
8. Varzaru S., Ciulca S. (2013). Analysis of gene effects for grains traits in winter barley. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology.* 17(2), 299-302.
9. Kompanets K.V., Kozachenko M.R. (2017). Uspadkuvannia produktyvnosti ta yii strukturnykh elementiv u F1 hibrydiv yachmeniu yaroho. [Inheritance of productivity and its structural elements in F1 spring barley hybrids]. *Plant genetic resources*. № 20. С. 43–55. [in Ukrainian].
10. Zymogliad O.V., Kozachenko M.R., Vasko N.I., Solonechnyi P.M., Vazhenina O.E., Naumov O.G. (2021). Performance inheritance and combining ability of spring barley accessions. *Plant breeding and seed production.* 119, 106–116. doi: https://doi.org/10.30835/2413-7510.2021.237026
11. Johnson G.F., Whittington W.J. (1978). Inheritance of yield components and yield in relation to evidence for heterosis in F_1 barley hybrids. *Euphytica*, 27, 587–591. https://doi.org/10.1007/BF00043186
12. Lysenko, A.A., Hudzenko V.M. (2023). Kombinatsiina zdatnist ta uspadkuvannia poviazanykh z urozhainistiu oznak v F1 yachmeniu ozymoho v umovakh Lisostepu Ukrainy. [Combining ability and inheritance of yield-related traits in F1 of winter barley under conditions of Ukrainian Forest-Steppe]. *Plant Varieties Studying and Protection*. 18(4), 251–261. https://doi.org/10.21498/2518-1017.18.4.2022.273986 [in Ukrainian].
13. Eshghi R., Akhundova E. (2009). Genetic analysis of grain yield and some agronomic traits in hulless barley. *African Journal of Agricultural Research*. 4 (12), 1464–1474.
14. Eshghi, R., E. Akhundova. (2010). Inheritance of some important agronomic traits in hulless barley. *Int. J. Agric. Biol.* 12, 73–76.
15. Beil G. M., Atkins R. E. (1965). Inheritance of quantitative characters in grain sorgum. *Iowa State Journal*. 39, 3.
16. Griffing B. (1950). Analysis of quantitative gene-action by constant parent regression and related techniques. *Genetics*. 35, 303–321.

17. Kuzmenko Ye.A., Khomenko S.O., Fedorenko M.V. (2018). Stupin fenotypovoho dominuvannia oznak produktyvnosti u hibrydiv pershoho pokolinnia pshenytsi tverdoi yaroi. [Degree of phenotypic dominance of productivity features in spring durum wheat F_1 hybrids]. *Myronivskyi visnyk.* 7, 54–67. [in Ukrainian].

Буняк Н.М. Ступінь фенотипового домінування кількісних ознак у гібридних популяцій F_1 голозерного ячменю

Визначення закономірності успадкування кількісних ознак є основою для успішної селекції рослин. **Мета** роботи полягає в установлення показників фенотипового домінування кількісних ознак в системі діалельних схрещувань сортів ячменю ярого голозерного в умовах Північного Лісостепу України. **Методи.** Проведено дослідження зі створення та вивчення гібридних популяцій F_1 7 сортів ярого голозерного ячменю в системі діалельних схрещувань. Гібриди та батьківські форми аналізували за довжиною стебла, загальною кущистістю, продуктивною кущистістю, довжиною колоса основного стебла, кількістю зерен з колосу, масою зерна з колосу, масою зерен з рослини, масою 1000 зерен. Визначали успадкування продуктивності та її структурних елементів у F_1 гібридів ячменю ярого голозерного за показником ступеня фенотипового домінування (h_p) ознак. **Результати.** Результати досліджень вказують, що характер успадкування довжини стебла та елементів продуктивності ячменю ярого голозерного досить складний і проявляється в різних взаємодіях генотип-середовище. Виділені комбінації схрещування з проявом позитивного домінування та гетерозису за 2 роки досліджень, що можуть становити практичну селекційну цінність для комбінування ознак продуктивності в гібридних популяціях ячменю ярого голозерного. **Висновки.** При селекції на стійкість до вилягання методом гібридизації можливе використання в якості компоненту схрещування низькорослого сорту Натаір. Істотне зростання крупності зерна встановлено в комбінаціях схрещування з сортом Козацький, що може вказувати на його донорські властивості в селекції на підвищення крупності зерна. Виділено комбінацію Alamo / Roseland з стабільним за роками рівнем гетерозису за масою зерна з колоса, й позитивним домінування та наддомінуванням за кількістю зерен у колосі.

Ключові слова: ячмінь ярий, успадкування, урожайність, цінні господарські ознаки, добір.

Bunyak N.M. Degree of phenotypic dominance of quantitative features in hulless barley F_1 hybrids

Determining the pattern of inheritance of quantitative features is the basis for successful plant breeding. The **purpose** of the work is to establish indicators of phenotypic dominance of quantitative features in the system of diallel crossings of spring hulless barley varieties in the conditions of the Northern Forest Steppe of Ukraine. **Methods.** Research was conducted on the creation and study of hybrids F_1 of 7 varieties of spring hulless barley in the system of diallel crossings. Hybrids and parent forms were analyzed by plant height, total tillering, productive tillering, spike length, kernel number per spike, grain weight per spike, grain weight per plant, weight of 1000 grains. Inheritance of productivity and its structural elements in hybrids F_1 of spring hulless grain barley was determined by the degree of phenotypic dominance (hp) of traits. **Results.** The results of research indicate that the nature of inheritance of plant height and elements of spring hulless barley productivity is quite complex and manifests itself in various genotype-environment interactions. Crossing combinations with the manifestation of positive dominance and heterosis over 2 years of research have been identified, which can be of practical breeding value for combining productivity traits in hybrid populations of spring hulless barley. **Conclusions.** When breeding for lodging resistance by the hybridization method, it is possible to use the low-growing variety Natair as a component of crossing. A significant increase in mass of 1000 grains was found in crossbreeding combinations with the Kozatskyi variety, which may indicate its donor properties in selection to increase grain size. Alamo / Roseland combination was identified with a stable level of heterosis over the years in terms of grain weight per spike, and positive dominance and overdominance in kernel number per spike.

Key words: spring barley, inheritance, productivity, valuable economic traits, selection.

УДК 633.11:631.95:575.21
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.21

ЦИТОГЕНЕТИЧНА АКТИВНІСТЬ НІТРОЗОМЕТИЛСЕЧОВИНИ У ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

ГОРЩАР В.І. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0001-9175-9749
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
НАЗАРЕНКО М.М. – доктор сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0002-6604-0123
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Постановка проблеми. Хімічні супермутагени алкільної групи відносяться до високогенотоксичних сполук, індукція мутацій в котрих істотно підвищена, але й доволі суттєвий вже вплив на життєздатність рослин і за цим показником виграш в порівняні з фізичними мутагенними чинниками вже не такий вагомий. Але даний чинник здатен проявляти високу сайт-специфічність та індукувати окремі типи мутацій (строки стиглості, висота стебла, структура колосу) з підвищеною частотою (у 1,5–2 рази більше від споріднених речовин) [1, 3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При моніторингових дослідженнях особливостей активності хімічного супермутагену особливе значення мають такі параметри як загальна частота хромосомних порушень, пропорції окремих типів перебудов, наявність окремих типів аберацій [2]. Досліджуючи динаміку частоти аберацій можна робити висновки щодо порогового значення даного агенті для практичного застосування з метою поліпшення властивостей даного генотипу [6, 7].

Специфікою дії хімічних агентів є їх висока спорідненість до структури ДНК окремих ділянок геному, що виражається і більш високому рівні генотип-мутагенної взаємодії [4, 5].

Окремі генотипи здатні демонструвати різні механізми генетично-обумовленої стійкості до ушкоджувальної дії хімічних супермутагенів та, таким чином, специфічний тип мінливості [8, 9].

Коректний добір концентрації та природи мутагенного чинника починається зі встановлення особливостей його цитогенетичної активності при застосуванні для конкретного суб'єкту та може доволі суттєво варіювати в залежності від особливостей генетичного контролю [10].

Мета. Метою було показати відмінності в цитогенетичній активності за частотами та спектром хромосомних перебудов у клітинах меристеми первинної кореневої системи у пшениці озимої в першому поколінні, показати ключові параметри в залежності від генотипу та концентрації.

Матеріали та методика досліджень. Насіння 8 сортів пшениці озимої Балатон, Боровиця, Зелений Гай, Золото України, Каланча, Нива Одеська, Полянка, Почайна обробляли розчином хімічного мутагену нітрозометилсечовини (НМС) у концентраціях 0,0125 та 0,025%. Для кожної обробки були використані 1000 зерен пшениці озимої. Експозиція дії мутагену становила 18 годин.

Методом світлової мікроскопії проводили аналіз хромосомних аберацій на препаратах мітозів верхівок первинних коренів сортів озимої пшениці на пізній стадії метафази та ранній анафазі. Після обробки НЕС частини верхівок коренів культивували в чашках Петрі на фільтрувальному папері з дистильованою водою в термостаті за температури + 20–22°С. Після цього частину зразків довжиною 0,8–1,0 см зрізали та фіксували протягом 24 годин у розчині Кларка, який складається з 3 частин 96% етилового спирту та 1 частини очної кислоти. Для кожного варіанту готували близько 25–30 коренів. Цитологічні дослідження забезпечували тимчасовими препаратами, забарвленими ацетокарміном. Зразки оцінювали за допомогою світлового мікроскопа Micromed XS-3330 (множення в 600 разів) з камерою 5М. У кожному варіанті міститься приблизно 1000 рослинних клітин на відповідних стадіях. Статистичний аналіз дат проводився програмою Statistica 10.0. Відмінності між відборами визначали за допомогою однофакторного аналізу (ANOVA) і вважали надійними при $P < 0,05$. Відмінності між зразками оцінювали за допомогою тесту Тьюкі HSD.

Результати досліджень. Представлені в таблиці 1 частоти хромосомних перебудов незначно перебували під впливом фактору генотипу ($F = 2,17$; $F_{0,05} = 2,76$; $P = 0,08$), але підвищення концентрації НМС впивало з високою силою та достовірністю ($F = 567,17$; $F_{0,05} = 3,73$; $P = 2,43 * 10^{-17}$). Однак окремі генотипи все ж значимо виділилися при попарному порівнянні. Це стосується сорту Зелений Гай ($F = 2,96$ $F_{0,05} = 2,48$; $P = 0,05$) та сорту Боровиця ($F = 2,67$; $F_{0,05} = 2,48$; $P = 0,05$), які виявилися відповідно більш та менш стійкими ніж інші (нижча та вища частоти аберацій. Частота хромосомних аберацій змінювалася від 5,90% (сорт Зелений Гай) до 9,94% (сорт Боровиця) при дії НМС 0,0125%, за дії НМС 0,025% від 8,36% (сорт Зелений Гай) до 12,89% (сорт Боровиця). Таким чином, в цілому цитогенетична активність даного мутагену була більш високою, ніж інших типів.

Щодо спектру перебудов хромосомного апарату клітини (таблиці 2 та 3) досліджували такі показники як фрагменти (одинарні та подвійні, які в цілому більш характерні для дії хімічних супермутагенів), мости (також одинарні – хроматидні – та подвійні – хромосомні), а також інші, більш рідкісних аберацій таких як мікроядра, відстаючі хромосоми. Окремо враховувалися клітини з множинними хромосомними аберраціями (комплексними), які є досить потужним інтегративним показником впливу мутагену.

Для сумарної частоти фрагментів і подвійних фрагментів суттєвої різниці за фактором генотип не вияв-

Таблиця 1

Частота хромосомних аберацій при дії НМС (x ± SD, n = 25)

Сорт	Варіант	Мітозів, шт.	Хромосомних аберацій	
			шт.	%
Балатон	вода	1002	10	1,00 ± 0,12[a]
Балатон	НМС 0,0125%	1003	80	7,98 ± 0,24[b]
Балатон	НМС 0,025%	1002	113	11,28 ± 0,38[c]
Зелений Гай	вода	1005	9	0,89 ± 0,32[a]
Зелений Гай	НМС 0,0125%	1000	69	6,90 ± 0,26[b]
Зелений Гай	НМС 0,025%	1005	84	8,36 ± 0,31[c]
Золото України	вода	1001	8	0,80 ± 0,21[a]
Золото України	НМС 0,0125%	1006	91	9,05 ± 0,25[b]
Золото України	НМС 0,025%	1007	115	11,42 ± 0,34[c]
Нива Одеська	вода	1009	8	0,79 ± 0,23[a]
Нива Одеська	НМС 0,0125%	1003	88	8,77 ± 0,22[b]
Нива Одеська	НМС 0,025%	1003	107	10,67 ± 0,29[c]
Боровиця	вода	1001	7	0,70 ± 0,20[a]
Боровиця	НМС 0,0125%	1006	100	9,94 ± 0,29[b]
Боровиця	НМС 0,025%	1001	129	12,89 ± 0,38[c]
Каланча	вода	1000	10	1,00 ± 0,15[a]
Каланча	НМС 0,0125%	1002	85	8,48 ± 0,28[b]
Каланча	НМС 0,025%	1001	112	11,19 ± 0,39[c]
Полянка	вода	1007	6	0,60± 0,26[a]
Полянка	НМС 0,0125%	1000	91	9,10 ± 0,32[b]
Полянка	НМС 0,025%	1009	114	11,30 ± 0,35[c]
Почайна	вода	1005	8	0,80 ± 0,06[a]
Почайна	НМС 0,0125%	1010	87	8,61 ± 0,22[b]
Почайна	НМС 0,025%	1005	110	10,95 ± 0,25[c]

Примітка: різниця статистично достовірна за факторним аналізом ANOVA за концентраціями при $P_{0,05}$

Таблиця 2

Спектр хромосомних аберацій при дії НМС. Перша група (x, n = 25)

Варіант	Фрагменти		Мости		фрагменти/ мости	інші		комплексні	
	шт.	%	шт.	%		шт.	%	шт.	%
Балатон	4[a]	40,00	4[a]	40,00	1,00	1[a]	10,00	0[a]	0,00
Балатон, НМС 0,0125%	46[b]	57,50	20[b]	25,00	2,30	14[b]	17,50	23[b]	28,75
Балатон, НМС 0,025%	62[c]	54,87	32[c]	28,32	1,94	19[b]	16,81	28[b]	24,78
Зелений Гай	4[a]	44,44	3[a]	33,33	1,33	2[a]	22,22	0[a]	0,00
Зелений Гай, НМС 0,0125%	35[b]	50,72	21[b]	30,43	1,67	13[b]	18,84	17[b]	24,64
Зелений Гай, НМС 0,025%	42[c]	50,00	23[b]	27,38	1,83	19[c]	22,62	22[b]	26,19
Золото України	5[a]	62,50	3[a]	37,50	1,67	0[a]	0,00	0[a]	0,00
Золото України, НМС 0,0125%	49[b]	53,85	29[b]	31,87	1,69	13[b]	14,29	18[b]	19,78
Золото України, НМС 0,025%	61[c]	53,04	35[c]	30,43	1,74	19[c]	16,52	29[c]	25,22
Нива Одеська	4[a]	50,00	3[a]	37,50	1,33	1[a]	12,50	1[a]	12,50
Нива Одеська, НМС 0,0125%	52[b]	59,09	19[b]	21,59	2,74	17[b]	19,32	22[b]	25,00
Нива Одеська, НМС 0,025%	63[c]	58,88	22[b]	20,56	2,86	22[b]	20,56	29[c]	27,10

Примітка: різниця статистично достовірна за факторним аналізом ANOVA за концентраціями при $P_{0,05}$

Таблиця 3

Спектр хромосомних аберацій при дії НМС. Друга група (x, n = 25)

Варіант	Фрагменти		Мости		фрагменти/ мости	інші		комплексні	
	шт.	%	шт.	%		шт.	%	шт.	%
Боровиця	3[a]	42,9	3[a]	42,9	1,0	1[a]	14,3	0[a]	0,0
Боровиця, НМС 0,0125%	55[b]	55,0	22[b]	22,0	2,5	23[b]	23,0	23[b]	23,0
Боровиця, НМС 0,025%	67[c]	51,9	31[c]	24,0	2,2	31[c]	24,0	32[c]	24,8
Каланча	4[a]	40,0	5[a]	50,0	0,8	1[a]	10,0	0[a]	0,0
Каланча, НМС 0,0125%	46[b]	54,1	19[b]	22,4	2,4	20[b]	23,5	23[b]	27,1
Каланча, НМС 0,025%	58[c]	51,8	28[c]	25,0	2,1	26[c]	23,2	31[c]	27,7
Полянка	2[a]	33,3	2[a]	33,3	1,0	2[a]	33,3	0[a]	0,0
Полянка, НМС 0,0125%	56[b]	61,5	16[b]	17,6	3,5	19[b]	20,9	22[b]	24,2
Полянка, НМС 0,025%	64[c]	56,1	22[c]	19,3	2,9	28[c]	24,6	31[c]	27,2
Почайна	3[a]	37,5	5[a]	62,5	0,6	0[a]	0,00	0[a]	0,0
Почайна, НМС 0,0125%	47[b]	54,0	20[b]	23,0	2,4	20[b]	23,0	22[b]	25,3
Почайна, НМС 0,025%	57[c]	51,8	26[c]	23,6	2,2	27[c]	24,6	29[c]	26,4

Примітка: різниця статистично достовірна за факторним аналізом ANOVA за концентраціями при $P_{0,05}$

лено (F = 2,45; $F_{0,05}$ = 2,76; P = 0,06), за фактором концентрація різниця достовірна (F = 123,34; $F_{0,05}$ = 3,73; P = 1,24 * 10^{-8}). Попарне порівняння показало, що при переході між окремими концентраціями різниця була достовірна завжди. Загалом, кількість фрагментів варіювала від 35 (сорт Зелений Гай) до 56 (сорт Полянка) при дії НМС 0,0125%, при концентрації НМС 0,025% від 42 (сорт Зелений Гай) до 67 (сорт Боровиця).

Для випадку з мостами хроматидними та хромосомними суттєвої різниці за фактором генотип знов не виявлено (F = 2,13; $F_{0,05}$ = 2,76; P = 0,08), за фактором концентрація різниця достовірна (F = 42,14; $F_{0,05}$ = 3,73; P = 2,09 * 10^{-3}). Однак попарне порівняння показало, що хоча перша концентрація значуще діяла в порівнянні з контролем, при переході між окремими концентраціями різниця була достовірна не завжди (сорти Зелений Гай, Нива Одеська).

Загалом, кількість мостів варіювала від 16 (сорт Полянка) до 29 (сорт Золото України) при дії НМС 0,0125%, при концентрації НМС 0,025% від 22 (сорти Нива Одеська та Полянка) до 35 (сорт Золото України).

Що стосується інших типів хромосомних перебудов, таких відстаючі хромосоми та мікроядра, то для них фактор генотипу виявився незначним (F = 1,99; $F_{0,05}$ = 2,76; P = 0,07), проте суттєвим було і підвищення даного типу аберацій при підвищенні концентрації (F = 79,11; $F_{0,05}$ = 3,73; P = 8,14 * 10^{-6}). При попарному порівнянні варіантів знаходимо, що всіх варіантів є статистично достовірні відмінності, крім сортів Балатон та Нива Одеська поміж першої та другої концентрації. Також значні відмінності від контролю у всіх випадках. Кількість інших аберацій варіювала від 17 (сорт Зелений Гай) до 23 (сорт Балатон, Каланча, Боровиця) при дії НМС 0,0125%, при концентрації НМС 0,025% від 19 (сорти Балатон, Зелений Гай, Золото України) до 28 (сорт Полянка).

Кількість клітин з двома і більше абераціями зазвичай є вкрай надійним і достовірним параметром, який відображає підвищення концентрації (дози) мутагену. У той же час, вплив генотипу на цей процес значимий (F = 2,78; $F_{0,05}$ = 2,76; P = 0,05), збільшення концентрації веде до значного зростання частоти комплексних змін (F = 93,15; $F_{0,05}$ = 3,73; P = 1,99 * 10^{-7}). Число клітин з двома і більше абераціями при дії НМС 0,0125% від 17 (сорт Зелений Гай) до 23 (сорти Балатон, Боровиця, Каланча), при концентрації НМС 0,025% від 22 (сорт Зелений Гай) до 32 (сорт Боровиця). При попарному порівнянні варіантів знаходимо, що всіх варіантів є статистично достовірні відмінності, Крім переходу між концентраціями у сортів Балатон та Зелений Гай. Значні відмінності від контролю у всіх випадках.

Факторний аналіз показав (таблиця 4), що значущими збільшення концентрації НМС були для всіх вивчених параметрів, генотип ж не вплинув зовсім.

Таблиця 4

Результати факторного аналізу

Параметр	Концентрація	Генотип
Загальна частота	0,983347*	0,223177
Фрагментів	0,971009*	0,399062
Мостів	-0,596799*	0,400050
Інші аберації	0,771993*	0,414415
Комплексні	0,897110*	0,569993*
Варіативність пояснена	3,148551	1,414514
Не пояснена	1,217225	1,119298

*Примітка: * – статистично достовірно при P < 0,05*

Таблиця 5

Результати дискримінантного аналізу

Параметр	Генотип			Концентрація		
	Лямбда Уїлкса	$F_{критичне}$ (4,14)	p	Лямбда Уїлкса	$F_{критичне}$ (2,66)	p
Загальна частота	0,011	2,34	0,10	0,029	5,95	0,01
Фрагментів	0,010	2,17	0,10	0,028	3,54	0,03
Мостів	0,009	1,98	0,11	0,022	2,98	0,05
Інші аберації	0,006	1,56	0,15	0,022	2,97	0,05
Комплексні	0,025	4,17	0,05	0,036	12,82	0,01

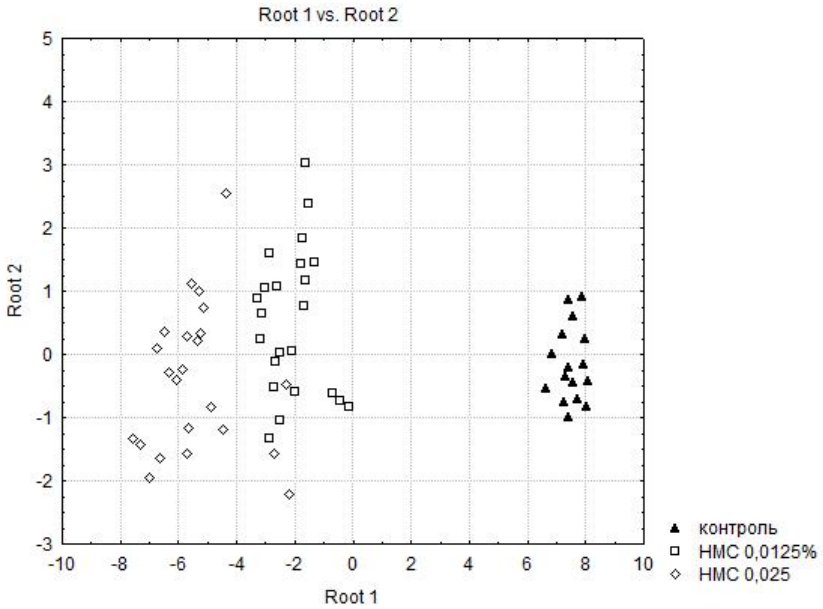


Рис. 1. Результати кластерного аналізу

Для визначення характеру впливу цитогенетичної активності залежно від факторів генотипу об'єкта впливу та концентрації мутагену було проведено дискримінантний аналіз (таблиця 5, рисунок 1). Як видно, у випадку з генотипом дискримінантний аналіз показав значущість для генотипу лише одного параметра моделі -комплексні аберації.

У разі концентрації картина характерна для дії хімічних супермутагенів (у модельні не увійшов параметри наявність мостів та інших аберацій). Таким чином, якщо роздільна здатність ознак достатня лише у разі збільшення концентрації для побудови моделі достатня (рис. 1). Однак це не означає неможливість моделювання та класифікації випадків для окремих сортів.

Висновки. Дослідження більш шкодочинного мутагену показали, що для даної речовини в аспекті цитогенетичних параметрів більшу вагу набуває такий показник як наявність клітин з множинними (комплексними) перебудовами. Разом з тим, при підвищені концентрації відбувається поступове підвищення (з деякими варіантами) за всіма показниками загальної частоти та більшості окремих показників спектру. Сайт-специфічність проявляється перш за все за частотою окремих параметрів спектру та стійкості окремих генотипів до впливу цих концентрацій алкілуючої сполуки. Слід відзначити, що класифікація за мутагенною депресією у першому поколінні зберігає своє значення і для цитогенетичних параметрів з деякими корективами. Причому найвищу генетичну спорідненість в цьому плані до дії НМС показали генотипи Зелений Гай, Полянка, Боровиця. Поведінка інших суттєво від тої, що вони продемонстрували на рівні рослини в цілому не відрізнялась. Заявлені концентрації слід віднести до діапазону умовно-помірних – високих, але вони не досягли критичного рівня в жодного з сортів. Тому слід очікувати що дані концентрації входять до оптимальних з точки зору індукції мутацій в наступних поколіннях для всіх досліджених генотипів, що й буде встановлюватись під час майбутніх польових експериментів з їх ідентифікації та успадкування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Abaza G., Awaad A., Attia M., Abdellateif S., Gomaa A., Abaza S., Mansour E. Inducing potential mutants in bread wheat using different doses of certain physical and chemical mutagens. *Plant Breeding and Biotechnology*. 2020. 8(3). P. 252–264.
2. Beiko V., Nazarenko M. Occurrence of cytogenetic effects under the epimutagen action for winter wheat. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2022. 13(3). P. 294–300.
3. Bezie Y., Tilahun T., Atnaf M., Taye M. The potential applications of site-directed mutagenesis for crop

improvement: A review. *Journal of Crop Science and Biotechnology*. 2020. 24, P. 229–244.
4. El-Azab E., Ahmed Soliman M., Soliman E., Badr, A. Cytogenetic impact of gamma irradiation and its effects on growth and yield of three soybean cultivars. *Egyptian Journal of Botany*. 2018. 58(3). P. 411–422.
5. Horshchar V., Nazarenko M. Winter wheat cytogenetic variability under the action of a chemical supermutagen. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2022. 13(4). P. 373–378.
6. Hussain M., Gul M., Kamal R., Iqbal M., Zulfiqar S., Abbas A., Röder M., Muqaddasi Q., Rahman M. Prospects of developing novel genetic resources by chemical and physical mutagenesis to enlarge the genetic window in bread wheat varieties. Agriculture. 2021. 11, article number 621.
7. Khursheed S., Laskar R., Raina A., Amin R., Khan R. Comparative analysis of cytological abnormalities induced in Vicia faba L. geno-types using physical and chemical mutagenesis. Chromosomal Science. 2015. 18. P. 47–51.
8. Nazarenko M. The influence of radio-mimetic chemical mutagen on the chromosomal complex of winter wheat cells. *Regulatory mechnisms in biosystems*. 2017. 8(2). P. 283–286.
9. Oney-Birol S., Balkan A. Detection of cytogenetic and genotoxic effects of gamma radiation on M1 generation of three varieties of Triticum aestivum L. *Pakistan Journal of Botany*. 2019. 51(3), P. 887–894.
10. Yali W., Mitiku T. Mutation Breeding and Its Importance in Modern Plant Breeding. Journal of Plant Sciences. 2022. 10(2). 64–70.

REFERENCES:

1. Abaza G., Awaad A., Attia M., Abdellateif S., Gomaa A., Abaza S., Mansour E. Inducing potential mutants in bread wheat using different doses of certain physical and chemical mutagens. *Plant Breeding and Biotechnology*. 2020. 8(3). P. 252–264.
2. Beiko V., Nazarenko M. Occurrence of cytogenetic effects under the epimutagen action for winter wheat. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2022. 13(3). P. 294–300.
3. Bezie Y., Tilahun T., Atnaf M., Taye M. The potential applications of site-directed mutagenesis for crop improvement: A review. *Journal of Crop Science and Biotechnology*. 2020. 24, P. 229–244.
4. El-Azab E., Ahmed Soliman M., Soliman E., Badr, A. Cytogenetic impact of gamma irradiation and its effects on growth and yield of three soybean cultivars. *Egyptian Journal of Botany*. 2018. 58(3). P. 411–422.
5. Horshchar V., Nazarenko M. Winter wheat cytogenetic variability under the action of a chemical supermutagen. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2022. 13(4). P. 373–378.
6. Hussain M., Gul M., Kamal R., Iqbal M., Zulfiqar S., Abbas A., Röder M., Muqaddasi Q., Rahman M. Prospects of developing novel genetic resources by chemical and physical mutagenesis to enlarge the genetic window in bread wheat varieties. Agriculture. 2021. 11, article number 621.
7. Khursheed S., Laskar R., Raina A., Amin R., Khan R. Comparative analysis of cytological abnormalities induced in Vicia faba L. geno-types using physical and chemical mutagenesis. Chromosomal Science. 2015. 18. P. 47–51.
8. Nazarenko M. The influence of radio-mimetic chemical mutagen on the chromosomal complex of winter wheat cells. *Regulatory mechnisms in biosystems*. 2017. 8(2). P. 283–286.
9. Oney-Birol S., Balkan A. Detection of cytogenetic and genotoxic effects of gamma radiation on M1 generation of three varieties of Triticum aestivum L. *Pakistan Journal of Botany*. 2019. 51(3), P. 887–894.
10. Yali W., Mitiku T. Mutation Breeding and Its Importance in Modern Plant Breeding. Journal of Plant Sciences. 2022. 10(2). 64–70.

Горщар В.І., Назаренко М.М. Цитогенетична активність нітрозометилсечовини у пшениці озимої

При моніторингових дослідженнях особливостей активності хімічного супермутагену особливе значення мають такі параметри як загальна частота хромосомних порушень, пропорції окремих типів перебудов, наявність окремих типів аберацій. **Мета.** Показати відмінності в цитогенетичній активності за частотами та спектром хромосомних перебудов у клітинах меристеми первинної кореневої системи у пшениці озимої в першому поколінні, показати ключові параметри в залежності від генотипу та концентрації. **Методи.** Насіння 8 сортів пшениці озимої Балатон, Боровиця, Зелений Гай, Золото України, Каланча, Нива Одеська, Полянка, Почайна обробляли розчином хімічного мутагену нітрозометилсечовини (НМС) у концентраціях 0,0125 та 0,025%. Методом світлової мікроскопії проводили аналіз хромосомних аберацій на препаратах мітозів верхівок первинних коренів сортів озимої пшениці на пізній стадії метафази та ранній анафазі. **Результати.** В цілому цитогенетична активність нитрозометилсечовини була більш високою. Досліджували такі показники як загальна частота, фрагменти (одинарні та подвійні), мости (також одинарні – хроматидні – та подвійні – хромосомні), більш рідкісні аберації як мікроядра, відстаючі хромосоми. Окремо враховувалися клітини з множинними хромосомними аберраціями (комплексними). Значимо підвищення концентрації вплинуло на всі показники, різниця по генотипу дії була значущою лише для кількості клітин з множинними перебудовами. Кількість клітин з двома і більше аберраціями виявилась надійним і достовірним параметром, який відображає підвищення концентрації (дози) мутагену та вплив суб'єкту дії (сорту). За модельними ознаками для генотипів відрізняються лише наявність комплексних аберацій, реакція на всі інші показники відсутня. Очевидно, саме ця частина спектра і зумовила зміни за загальною частотою цитогенетичних порушень, які вплинули на відмінності трьох сортів від інших за характером мінливості на клітинному рівні. **Висновки.** Більшу вагу набуває показник як клітин з множинними (комплексними) перебудовами. Найвищу генетичну спорідненість до дії НМС показали генотипи Зелений Гай, Полянка, Боровиця. Поведінка інших суттєво не відрізнялась. Концентрації слід віднести до діапазону умовно-помірних – високих. Вони входять до оптимальних з точки зору індукції мутацій в наступних поколіннях для всіх досліджених генотипів, що й буде встановлюватись під час майбутніх польових експериментів з їх ідентифікації та успадкування.

Ключові слова: пшениця озима, нітрозометилсечовина, мутації, частота, спектр.

Horshchar V.I., Nazarenko M.M. Cytogenetic activity of nitrosomethylurea for winter wheat

When monitoring the characteristics of the activity of a chemical supermutagen, such parameters as the general frequency of chromosomal disorders, the proportions of certain types of rearrangements, and the presence of certain types of aberrations are of particular importance. **Purpose.** To show the differences in cytogenetic activity according to the rate and spectrum of chromosomal rearrangements in the cells of the meristem of the primary root system for winter wheat at the first generation, to show the key parameters depending on the genotype and concentration. **Methods.** Seeds of 8 winter wheat varieties Balaton, Borovytsia, Zeleny Gai, Zoloto Ukrainy, Kalancha, Niva Odeska, Polyanka, Pochayna were treated with a solution of the chemical mutagen nitrosomethylurea (NMU) in concentrations of 0.0125 and 0.025%. Analysis of chromosomal aberrations was performed using light microscopy on preparations of mitoses of the tips of primary roots of winter wheat varieties at the late stage of metaphase and early anaphase. **Results.** In general, the cytogenetic activity of nitrosomethylurea was very high. We studied such indicators as the total frequency, fragments (single and double), bridges (also single – chromatid – and double – chromosomal), rarer aberrations such as micronuclei, lagging chromosomes. Cells with multiple chromosomal aberrations (complex) were taken into account separately. A significant increase in concentration affected all indicators, the difference by genotype was significant only for the number of cells with multiple rearrangements. The number of cells with two or more aberrations turned out to be a reliable and reliable parameter that reflects an increase in the concentration (dose) of the mutagen and the effect of the subject of action (variety). According to the model features, only the presence of complex aberrations differs for the genotypes, there is no reaction to all other indicators. Obviously, it was this part of the spectrum that caused changes in the general frequency of cytogenetic disorders, which affected the differences of the three varieties from the others in the nature of variability at the cellular level. **Conclusions.** The indicator of cells with multiple (complex) rearrangements gains more weight. The highest genetic affinity to the action of NMU was shown by the genotypes Zeleny Gai, Polyanka, Borovytsia. The behavior of others did not differ significantly. Concentrations should be attributed to the range of conditionally moderate – high. They are among the optimal from the point of view of induction of mutations in subsequent generations for all studied genotypes, which will be established during future field experiments on their identification and inheritance.

Key words: winter wheat, nitrosomethylureas, mutations, rate, spectra.

UDC 633.31:631.52:631.67
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.22

ANALYSIS OF WINTER WHEAT VARIETIES FOR DROUGHT RESISTANCE IN THE CONDITIONS OF THE STEPPE OF UKRAINE (PART 1 – YEARS WITH SUFFICIENT MOISTURE)

KONOVALOVA V.M. – PhD (Doctor of Philosophy)
orcid.org/0000-0002-0655-9214
Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
TYSHCHENKO A.V. – Doctor of Agricultural Sciences
orcid.org/0000-0003-1918-6223
Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
BAZALII H.H. – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research
orcid.org/0000-0003-2842-0835
Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
FUNDIRAT K.S. – Candidate of Agricultural Sciences
orcid.org/0000-0001-8343-2535
Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
TYSHCHENKO O.D. – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research
orcid.org/0000-0002-8095-9195
Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
REZNICHENKO N.D. – Candidate of Agricultural Sciences
orcid.org/0000-0002-5741-6379
Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
KONOVALOV V.O.
orcid.org/0000-0002-1725-1557
Askanian State Agricultural Research Station of the Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

Wheat (*Triticum aestivum* L.) is one of the most important crops in maintaining food security, which ensures the existence of a significant part of the world's population [9, 18]. Scientific forecasts indicate that with a significant increase in the population on Earth, the production of food products will not match this growth and, given the current dynamics, the food problem may turn into a deep international crisis. Scientists' calculations show that at the current rate of population growth, in the future, world grain production per person will decrease [10].

Currently, the annual gross production of wheat is increasing by about 0.9%, but this is much slower than the growth rate of the population and, accordingly, its quantity is insufficient to meet their needs [19, 35]. Therefore, humanity must find a solution to this problem, since the rate of population growth remains too high [15, 33].

Along with population growth, climate changes have been observed in recent decades, the so-called "global warming", as a result of which the temperature regime increases, dry periods become more frequent and their duration increases [23, 27, 32]. The increase in temperature in agricultural regions of the world significantly affects the amount of precipitation and its redistribution during the growing season, which leads to a significant decrease in wheat yield [5, 21, 26, 29]. Arid conditions are one of the main abiotic stress factors that cause serious problems worldwide and lead to a significant decrease in the yield of agricultural crops [3, 25, 31, 37]. However, the problem of water scarcity is not insurmountable. In fact, the negative effects of drought can be overcome by identifying and using drought-resistant cultivars [28, 30, 34].

The purpose of our research was the study and analysis of drought resistance of winter wheat varieties selected by the Institute of Climate-oriented Agriculture of the National Academy of Sciences of the Russian Academy of Sciences and the Selection and Genetics Institute of the National Center for Seed Science and Varietal Research of the National Academy of Sciences of the National Academy of Sciences in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine.

Research materials and methods. The reaction of winter wheat varieties to different growing conditions was studied at the Askanian State Agricultural Research Station in the village of Tavrychanka, Kherson region (46°33'12"N; 33°49'13"E; 39 m above sea level) during 2015/16–2019/20. Research was conducted under different conditions of irrigation: with irrigation and without irrigation. Under conditions of natural moisture, the yield strongly depended on the amount of precipitation during the growing season, especially during the critical growing season

(April–May). Average temperatures and total precipitation for all experimental seasons are shown in Table 1 along with long-term average values (1961–2005). The seasons of 2016/2017 and 2018/19 were the most favorable for natural moisture conditions, as the precipitation that fell during the growing season contributed to the replenishment of moisture in the soil for normal plant growth and development. The intensity of drought in these years was 0.087 and 0.058, respectively. The 2017/18 and 2019/20 seasons were very dry, especially the critical growing season (April–May), in which air and soil drought were observed due to insufficient rainfall and high average daily temperature, and the drought intensity indices were equal to 0.345 and 0.321, respectively. Therefore, we calculated and analyzed the drought resistance indices of 18 varieties of winter wheat separately in dry years, wet years and for the five-year period (2015/16–2019/20), which included the year 2015/2016 with too much precipitation, which led to laying of crops and crop losses.

They studied 18 varieties of winter wheat, which are usually grown in the south of Ukraine and are listed in the State Register of Plant Varieties. Varieties were tested on plots with an area of 50 m^2 in three repetitions by the method of randomized repetitions (blocks), the sowing rate was adjusted to 4.5 million viable seeds per ha. Research was conducted according to generally accepted methods, the amount of fertilizers and chemical treatments was adjusted according to growing conditions and the presence of diseases and pests. The studied samples were sown in the first decade of October, and the harvest was done in July.

Statistical analysis. Analysis of the resistance of winter wheat varieties to stress was carried out using drought resistance indices: *MP* – the average yield [20], *D* – drought intensity [1], *SSI* – drought susceptibility index [8], *TOL* – drought tolerance index [20], *YSI* – crop stability index [2], *YI* – yield index [11, 16], *STI* – stress tolerance index [7], *GMP* – average geometric (proportional) yield [7, 13], *RDI* – index of relative resistance to drought [8], *DI* – drought resistance index [1, 14], *SSPI* – index of susceptibility to stress [17], *MSTI*, M_1STI, M_2STI – modified stress tolerance indices [6], *ATI* – index of abiotic tolerance [17], *HMP* – harmonic mean performance [4, 12, 13], *ISR* – stress resistance index [22, 24, 36].

A correlation analysis was conducted between grain yield and drought resistance indices to determine the best drought-resistant varieties and indices. Principal component analysis (PCA) was performed on the observations. Correlation, cluster analyses, and PCA were performed using Microsoft ® Excel 2016/XLSTAT © -Pro (Version 2016.02.28451, 2016, Addinsoft, Inc., Brooklyn, NY, USA), Statistica data analysis software system v.8. (Sta Stof Inc., North Melbourne, Australia) and SPSS 20.00 statistical software (SPSS/PC-20, SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

Research results and their discussion. The obtained experimental data make it possible to distinguish varieties of winter wheat that significantly exceed the average variety in terms of productivity under irrigation: *Burhunka*, *Koshova*, *Askaniis'ka* and *Schedrist' odes'ka* with a yield of 7.87–8.49 t/ha, under stress conditions: *Burhunka*, *Koshova*, *Lira odes'ka* and *Tradytsiia odes'ka* 7.25–7.66 t/ha (Table 2).

A high index of the average yield of *MP* (7.59–7.69), which shows the potential yield of varieties under different growing conditions, was characterized by the varieties *Burhunka*, *Koshova*, *Lira odes'ka*, *Tradytsiia odes'ka* and *Schedrist' odes'ka*, but the varieties *Burhunka* and *Koshova* were high in both conditions, while *Lira odes'ka* and *Tradytsiia odes'ka* had the highest yield of all varieties under stress, *Schedrist' odes'ka* was characterized by the highest productivity under irrigation.

According to the indices of sensitivity to drought (*SSI*), tolerance to drought (*TOL*) and susceptibility to stress (*SSPI*), winter wheat varieties *Rosynka* and *Tradytsiia odes'ka* stood out, having the lowest values of the *SSI* index 0.22 and 0.09, the *TOL* index 0.10 and 0.05 and *SSPI* index 0.67 and 0.34, respectively.

According to the yield stability index (*YSI*), that is the ratio of yield under stress to yield under optimal conditions, with fluctuations from 0.81 to 0.99, five varieties with high indicators of the index stood out significantly: *Khersons'ka bezosta*, *Harantiia odes'ka* and *Lira odes'ka* – 0.97, *Rosynka* – 0.98, *Tradytsiia odes'ka* – 0.99.

According to the yield index (*YI*), the *Tradytsiia odes'ka* winter wheat variety was selected with an index of 110.73.

The stress tolerance index (*STI*) characterizes the ability of a genotype to form a stable level of productivity

Table 1

Weather conditions for research (2015–2020)

	1961–2005		2015/2016		2016/2017		2017/2018		2018/2019		2019/2020	
	T (°C)	P (mm)	T (°C)	P (mm)	T (°C)	P (mm)	T (°C)	P (mm)	T (°C)	P (mm)	T (°C)	P (mm)
October – December	4.8	98.0	6.0	81.2	3.4	42.0	5.9	75.0	5.5	53.4	7.4	67.9
January	-3.1	30.0	-3.1	59.9	-3.9	14.4	0.7	24.1	-0.3	33.8	1.0	18.3
February	-2.0	29.0	3.9	32.9	-0.9	22.0	0.1	47.0	1.1	10.6	2.2	59.6
March	2.2	26.0	6.1	20.3	6.6	10.2	1.5	35.1	5.5	5.7	7.5	3.5
April	9.6	28.0	12.4	50.5	8.5	81.8	12.9	2.7	10.3	38.9	9.5	7.5
May	15.6	38.0	15.9	95.7	15.5	25.8	19.5	13.0	17.4	72.4	14.9	42.4
June	20.0	46.0	21.5	76.2	21.7	8.0	22.4	23.0	24.5	14.1	22.2	59.3
January – June	7.1	197.0	9.5	335.5	7.9	162.2	9.5	144.9	9.8	175.5	9.6	190.6
October – June	6.0	295.0	7.8	416.7	5.7	204.2	7.7	219.9	7.7	228.9	8.5	258.5

Table 2

Grain yield of winter wheat varieties under irrigation and under natural moisture conditions and drought resistance indices (2017, 2019)

Variety	Designation	Yp	Ys	MP	SSI	TOL	YSI	YI	STI	GMP	RDI	DI	SSPI	M_1STI	M_2STI	MSTI	ATI	*HMP*	ISR
Anatoliia	G1	7.58	6.88	7.23	1.28	0.70	0.91	99.45	0.94	7.22	0.98	0.90	4.69	0.97	0.93	0.90	4.69	7.21	807
Burhunka	G2	7.92	7.25	7.59	1.17	0.67	0.92	104.80	1.03	7.58	0.99	0.96	4.49	1.17	1.13	1.32	4.71	7.57	1013
Konka	G3	7.33	6.88	7.11	0.85	0.45	0.94	99.45	0.91	7.10	1.01	0.93	3.02	0.88	0.90	0.79	2.97	7.10	1825
Kokhana	G4	7.66	6.82	7.24	1.52	0.84	0.89	98.59	0.94	7.23	0.96	0.88	5.63	0.99	0.91	0.91	5.63	7.22	567
Koshova	G5	7.91	7.32	7.62	1.03	0.59	0.93	105.81	1.04	7.61	1.00	0.98	3.96	1.17	1.17	1.37	4.17	7.60	1316
Mariia	G6	7.63	7.00	7.32	1.14	0.63	0.92	101.19	0.96	7.31	0.99	0.93	4.23	1.01	0.98	0.99	4.27	7.30	1027
Ledia	G7	6.62	6.04	6.33	1.21	0.58	0.91	87.31	0.72	6.32	0.98	0.80	3.89	0.57	0.55	0.31	3.40	6.32	787
Rosynka	G8	6.17	6.07	6.12	0.22	0.10	0.98	87.74	0.67	6.12	1.06	0.86	0.67	0.46	0.52	0.24	0.57	6.12	23108
Khersons'ka bezosta	G9	7.37	7.16	7.27	0.40	0.21	0.97	103.50	0.95	7.26	1.05	1.01	1.41	0.93	1.02	0.94	1.42	7.26	8819
Askaniis'ka	G10	7.87	7.07	7.47	1.41	0.80	0.90	102.20	1.00	7.46	0.97	0.92	5.37	1.12	1.05	1.17	5.54	7.45	684
Harantiia odes'ka	G11	7.22	6.99	7.11	0.44	0.23	0.97	101.04	0.91	7.10	1.04	0.98	1.54	0.85	0.93	0.79	1.52	7.10	6888
Zysk	G12	7.41	6.34	6.88	2.00	1.07	0.86	91.65	0.85	6.85	0.92	0.78	7.18	0.83	0.71	0.59	6.80	6.83	304
Lira odes'ka	G13	7.75	7.53	7.64	0.39	0.22	0.97	108.85	1.05	7.64	1.05	1.06	1.48	1.13	1.24	1.41	1.56	7.64	9344
Mudrist' odes'ka	G14	7.42	7.13	7.28	0.54	0.29	0.96	103.07	0.95	7.27	1.04	0.99	1.94	0.94	1.01	0.95	1.96	7.27	4668
Nyva odes'ka	G15	7.45	7.08	7.27	0.69	0.37	0.95	102.35	0.95	7.26	1.02	0.97	2.48	0.95	0.99	0.94	2.49	7.26	2870
Pylypivka	G16	6.69	6.43	6.56	0.54	0.26	0.96	92.95	0.77	6.56	1.04	0.89	1.74	0.62	0.67	0.42	1.58	6.56	4257
Tradytsiia odes'ka	G17	7.71	7.66	7.69	0.09	0.05	0.99	110.73	1.06	7.68	1.07	1.10	0.34	1.14	1.30	1.48	0.36	7.68	182137
Schedrist' odes'ka	G18	8.49	6.87	7.68	2.65	1.62	0.81	99.31	1.05	7.64	0.87	0.80	10.86	1.36	1.03	1.41	11.48	7.59	189
Medium grade		**7.46**	**6.92**	**7.19**	**0.98**	**0.54**	**0.93**	**100.00**	**0.93**	**7.18**	**1.00**	**0.93**	**3.61**	**0.95**	**0.95**	**0.94**	**3.62**	**7.17**	**13923**
V,%		7.22	6.50	6.35	67.35	72.42	4.95	6.50	12.21	6.33	5.16	9.39	72.40	24.11	22.92	40.33	74.88	6.28	304
$S\dot{x}_{absolute}$		0.13	0.11	0.11	0.15	0.09	0.01	1.53	0.03	0.11	0.01	0.02	0.62	0.05	0.05	0.09	0.64	0.11	9981
$S\dot{x}_{reletive}$		1.70	1.53	1.50	15.87	17.07	1.17	1.53	2.88	1.49	1.22	2.21	17.07	5.68	5.40	9.50	17.65	1.48	71
LSD_{01}		0.40	0.34	0.34	0.49	0.29	0.03	4.86	0.08	0.34	0.04	0.07	1.95	0.17	0.16	0.28	2.02	0.34	31642
LSD_{05}		0.29	0.24	0.25	0.35	0.21	0.02	3.51	0.06	0.25	0.03	0.05	1.41	0.12	0.12	0.20	1.46	0.24	22858

regardless of stress factors, and the harmonic productivity (*HMP*) shows the productivity of a specific genotype under stressful conditions relative to the average productivity of the studied genotypes under these conditions. According to these indices, the varieties *Burhunka* (1.03 and 7.57, respectively), *Koshova* (1.04 and 7.60, respectively), *Lira odes'ka* (1.05 and 7.64, respectively), *Tradytsiia odes'ka* (1.06 and 7.68, respectively) and *Schedrist' odes'ka* (1.05 and 7.59, respectively), which significantly exceeded the average grade indicator.

Geometric mean yield (*GMP*) shows the yield of a specific genotype under stress conditions relative to the average yield of the studied genotypes under those conditions, but is calculated using a different formula than harmonic productivity (*HMP*). According to this index, the varieties *Lira odes'ka* (7.64), *Tradytsiia odes'ka* (7.68) and *Schedrist' odes'ka* (7.64) stood out.

Stress tolerance (*STI*), geometric mean yield (*GMP*) and harmonic productivity (*HMP*) indices are believed to be less sensitive to large differences between potential yield and yield under stress conditions.

According to the index of relative drought resistance (*RDI*), two varieties of winter wheat *Rosynka* and *Tradytsiia odes'ka* were selected with values of 1.06 and 1.07, respectively.

According to the drought resistance index (*DI*) with values of 1.06 and 1.10, two varieties, *Lira odes'ka* and *Tradytsiia odes'ka*, were selected.

According to the first modified indices of tolerance to stress (M_1STI) the variety *Schedrist' odes'ka* stood out – 1.36, according to the M_2STI the varieties *Lira odes'ka* – 1.24 and *Tradytsiia odes'ka* – 1.30, and according to the *MSTI* index – *Lira odes'ka* – 1.41, *Tradytsiia odes'ka* – 1.48 and *Schedrist' odes'ka* – 1.41.

According to the abiotic tolerance index (*ATI*) with values of 11.48, perhaps the most intensive variety was selected (yield under irrigation – 8.49 t/ha, under stress – 6.87 t/ha) *Schedrist' odes'ka*. On the other hand, the varieties with the smallest reduction in yield when moisture conditions worsen, *Rosynka* and *Tradytsiia odes'ka* have the lowest values of this indicator, 0.57 and 0.36, respectively. Although Moosavi et al. (2007) [17] claim that the greater this index, the higher the drought resistance.

According to the index of resistance to stress (*ISR*), which characterizes genotypes by resistance to stress not only by a smaller difference in yield under optimal and limiting conditions, but also takes into account high productivity under stress, two varieties were selected: *Rosynka* with the *ISR* index – 23108 and *Tradytsiia odes'ka*, whose *ISR* index is 182137.

According to the largest number of indices (14), the variety *Tradytsiia odes'ka* was singled out as the most drought-resistant, the variety *Lira odes'ka* was distinguished according to nine indices, and *Schedrist' odes'ka* according to seven indices. But can all the above indexes be used? The most valuable are those that have a higher dependence with yield under stress conditions than with yield under optimal conditions.

There is a high positive correlation r = 0.703 between yields under different conditions of wetting (irrigation and natural wetting). The yield of wheat varieties under both moisture conditions has a high positive correlation (r = 0.703–1.000) with the indices *MP*, *YI*, *STI*, *GMP*, M_1STI, M_2STI, *MSTI*, *HMP*. The yield under irrigation is characterized by an average positive correlation (r = 0.512–0.616) with the *SSI*, *TOL*, *SSPI*, *ATI* indices and an average negative r = -0.497 with the *YSI* and *RDI* indices, whereas there is no correlation with the yield under stress. Yield under stress had a high correlation (r = 0.851) with the *DI* index and medium (r = 0.381) – *ISR*, but low (r = 0.038–0.226) with yield under irrigation (Table 3).

According to the correlation analysis, two indices were distinguished: the drought resistance index (*DI*) and the stress resistance index *ISR*, according to which the winter wheat variety *Tradytsiia odes'ka* was characterized by the greatest drought resistance.

According to the results of the GGE biplot analysis, the winter wheat varieties *Lira odes'ka* (G13) and *Tradytsiia odes'ka* (G17), which are in the same quarter with the yield vector under stress (*Ys*) and are close to its peak, form a high yield under moisture stress conditions. Winter wheat varieties *Burhunka* (G2) and *Koshova* (G5), which are located on the axis between the vectors of environmental conditions, form a high yield under both moisture conditions. These varieties can be classified as moderately drought-resistant, which are well adapted to different moisture conditions (Fig. 1).

The variety of winter wheat *Schedrist' odes'ka* (G18), which is in one quarter of the yield vector under the best conditions of moisture (*Yp*) and is as close as possible to its peak, is characterized by high productivity under irrigation. This variety can be considered the most resistant to drought, that is, one that responds well to improving moisture conditions.

Rosynka winter wheat variety (G8), located in the third quarter and the most distant from the center, can be considered stable, but it is characterized by low productivity under both moisture conditions. The winter wheat variety *Ledia* (G7), located in the IV quarter and the most distant from the center, can be considered intensive, but it is characterized by low productivity under both moisture conditions.

Cluster analysis allows identification of winter wheat varieties based on genetically determined drought resistance. The advantage of the cluster analysis method is that its mathematical apparatus allows you to find and highlight the accumulation of objects (points) that actually exists in the feature space based on simultaneous grouping by a large number of features. The construction and analysis of dendrograms details information about the nature of the relationships between lines at the level of clusters and specifies the relationships between varieties within their boundaries. On the dendrogram, the numbers of the objects being merged and the distance at which the merger took place are indicated (Fig. 2).

The populations that formed two subclusters were the closest in terms of drought resistance indices: G2 – *Burhunka* and G6 – *Mariia* with a distance of 14.176, G1 – *Anatoliia* and G7 – *Ledia* with a distance of 23.437, with the addition of varieties G3 – *Konka*, G4 – *Kokhana*, G5 – *Koshova*, G10 – *Askaniis'ka*, G12 – *Zysk*, G15 –

Table 3

Matrix of correlations between grain yield of winter wheat varieties under irrigation and under natural moisture conditions and drought resistance indices (2017, 2019)

	Y_P	Ys	MP	SSI	TOL	YSI	YI	STI	GMP	RDI	DI	SSPI	M_1STI	M_2STI	MSTI	ATI	HMP	ISR
Y_P	1.000	0.703	0.936	0.512	0.570	-0.497	0.703	0.930	0.930	-0.497	0.226	0.570	0.983	0.802	0.900	0.616	0.921	0.038
Ys	0.703	1.000	0.908	-0.249	-0.184	0.266	1.000	0.914	0.915	0.264	0.851	-0.184	0.792	0.984	0.899	-0.127	0.924	0.381
MP	0.936	0.908	1.000	0.178	0.244	-0.160	0.908	1.000	1.000	-0.161	0.555	0.244	0.970	0.958	0.974	0.299	0.999	0.211
SSI	0.512	-0.249	0.178	1.000	0.995	-0.999	-0.249	0.163	0.161	-0.999	-0.718	0.995	0.375	-0.096	0.131	0.983	0.138	-0.414
TOL	0.570	-0.184	0.244	0.995	1.000	-0.994	-0.184	0.230	0.227	-0.992	-0.671	1.000	0.443	-0.028	0.204	0.997	0.204	-0.388
YSI	-0.497	0.266	-0.160	-0.999	-0.994	1.000	0.266	-0.146	-0.144	0.998	0.729	-0.994	-0.361	0.111	-0.118	-0.982	-0.121	0.401
YI	0.703	1.000	0.908	-0.249	-0.184	0.266	1.000	0.914	0.915	0.264	0.851	-0.183	0.792	0.984	0.899	-0.127	0.925	0.381
STI	0.930	0.914	1.000	0.163	0.230	-0.146	0.914	1.000	1.000	-0.147	0.567	0.230	0.969	0.964	0.978	0.285	0.999	0.224
GMP	0.930	0.915	1.000	0.161	0.227	-0.144	0.915	1.000	1.000	-0.145	0.568	0.228	0.966	0.963	0.974	0.283	1.000	0.214
RDI	-0.497	0.264	-0.161	-0.999	-0.992	0.998	0.264	-0.147	-0.145	1.000	0.728	-0.992	-0.359	0.111	-0.115	-0.979	-0.122	0.404
DI	0.226	0.851	0.555	-0.718	-0.671	0.729	0.851	0.567	0.568	0.728	1.000	-0.670	0.363	0.757	0.573	-0.625	0.588	0.504
SSPI	0.570	-0.184	0.244	0.995	1.000	-0.994	-0.183	0.230	0.228	-0.992	-0.670	1.000	0.444	-0.027	0.205	0.997	0.205	-0.387
M_1STI	0.983	0.792	0.970	0.375	0.443	-0.361	0.792	0.969	0.966	-0.359	0.363	0.444	1.000	0.881	0.962	0.498	0.960	0.140
M_2STI	0.802	0.984	0.958	-0.096	-0.028	0.111	0.984	0.964	0.963	0.111	0.757	-0.027	0.881	1.000	0.962	0.030	0.968	0.366
MSTI	0.900	0.899	0.974	0.131	0.204	-0.118	0.899	0.978	0.974	-0.115	0.573	0.205	0.962	0.962	1.000	0.264	0.973	0.306
ATI	0.616	-0.127	0.299	0.983	0.997	-0.982	-0.127	0.285	0.283	-0.979	-0.625	0.997	0.498	0.030	0.264	1.000	0.260	-0.374
HMP	0.921	0.924	0.999	0.138	0.204	-0.121	0.925	0.999	1.000	-0.122	0.588	0.205	0.960	0.968	0.973	0.260	1.000	0.221
ISR	0.038	0.381	0.211	-0.414	-0.388	0.401	0.381	0.224	0.214	0.404	0.504	-0.387	0.140	0.366	0.306	-0.374	0.221	1.000

** – Confidence interval (%): 95*

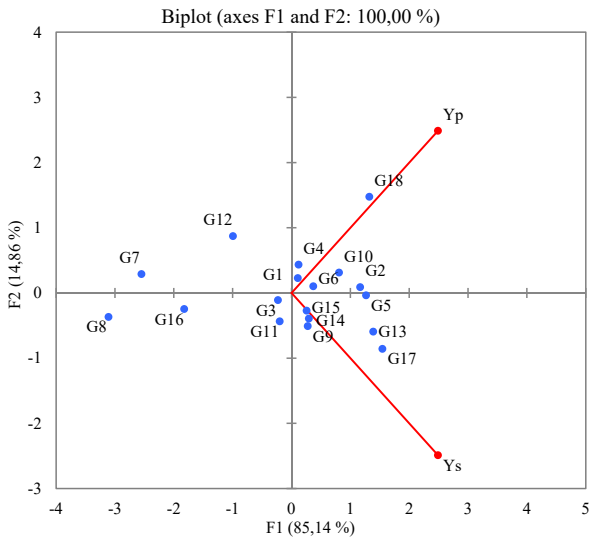


Fig. 1. Genotype-environment interaction of winter wheat varieties and environments (biplot analysis method). The lines show the eigenvectors of the leading factor loads for the environments: ● – humidification conditions; ● – varieties

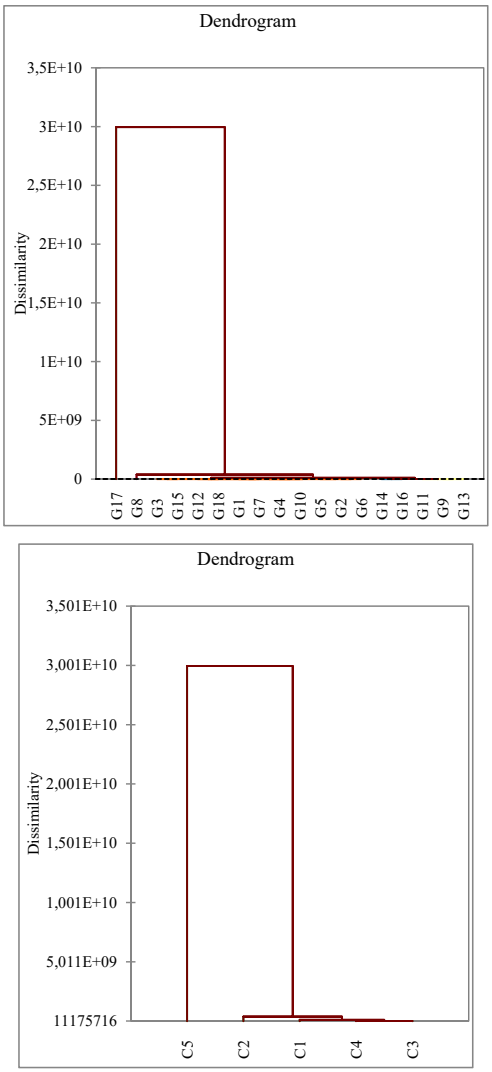


Fig. 2. Clustering dendrogram of eighteen winter wheat varieties according to drought resistance

Table 4

Clustering of eighteen varieties of winter wheat according to drought resistance by the method of k-means and agglomerative hierarchical cluster analysis

Variety	Designation	k-means clustering		Agglomerative hierarchical clustering
		Cluster	Distance to the center of the cluster	Cluster
Anatoliia	G1	1	63.056	1
Burhunka	G2	1	269.450	1
Konka	G3	2	522.472	1
Kokhana	G4	1	176.560	1
Koshova	G5	1	572.067	1
Mariia	G6	1	283.076	1
Ledia	G7	1	44.852	1
Rosynka	G8	3	7144.515	2
Khersons'ka bezosta	G9	3	7144.515	3
Askaniis'ka	G10	1	59.573	1
Harantiia odes'ka	G11	4	598.720	3
Zysk	G12	1	439.696	1
Lira odes'ka	G13	4	3055.119	3
Mudrist' odes'ka	G14	4	1621.641	4
Nyva odes'ka	G15	2	522.472	1
Pylypivka	G16	4	2032.208	4
Tradytsiia odes'ka	G17	5	0.000	5
Schedrist' odes'ka	G18	1	555.059	1

Nyva odes'ka and G18 – *Schedrist' odes'ka* grouped into 1 cluster at a distance of 4211357. G11 – *Harantiia odes'ka*, G9 – *Khersons'ka bezosta* and G13 – *Lira odes'ka* grouped into 3 at a distance of 3207866. Varieties G14 – *Mudrist' odes'ka* and G16 – *Pylypivka* were grouped into cluster 4 at a distance of 84328. Genetic divergence regarding drought resistance was shown by variety G8 – *Rosynka* – cluster 2, and especially variety G17 – *Tradytsiia odes'ka* – cluster 5. In total, five clusters were formed: in the first cluster included eleven most drought-resistant varieties at a distance of 4211357, the second cluster included one variety G8 – *Rosynka*, the third cluster included three drought-resistant varieties at a distance of 3207866, the fourth cluster included at a distance of 84328 two varieties of medium drought resistance, and the fifth cluster included one variety G17 – *Tradytsiia odes'ka* (Table 4).

A cluster analysis of winter wheat varieties was also carried out using the k-means method. This method differs in that before starting, you need to choose the number of clusters yourself. Based on the agglomerative hierarchical cluster analysis described above, we proposed five clusters.

Cluster 1 included nine non-drought resistant varieties, compared to the agglomerative hierarchical cluster analysis, the exceptions are varieties G3 – *Konka* and G15 – *Nyva odes'ka*, which were included in the second cluster. The smallest distance to the center of the cluster was observed in the G7 – *Ledia* variety at the level of 44.852, whereas the largest 572.067 was observed in the G5 – *Koshova* variety.

Cluster 2 included two slightly more drought-resistant varieties. Cluster 3 includes two drought-resistant varieties, but they have low productivity. The fourth cluster included four varieties of medium resistance to drought with the smallest distance of 598.720 to the center of the cluster in the variety G11 – *Harantiia odes'ka*, and the largest – 3055.119 in G13 – *Lira odes'ka*.

The fifth cluster included the most drought-resistant variety G17 – *Tradytsiia odes'ka*.

Conclusions. Two indices were singled out: the drought resistance index (*DI*) and the *ISR* stress resistance index, which most fully characterize the resistance of winter wheat varieties to drought. Based on the data analysis, such years should be excluded if you analyze the resistance of plants to drought in two environments (irrigation and natural moisture). If the analysis is carried out under conditions of natural moisture, then years with sufficient moisture are considered optimal, and dry years are considered stressful or limited.

According to the indices of drought resistance and biplot analysis, the most drought-resistant selected varieties are *Tradytsiia odes'ka* and *Lira odes'ka*. The *Schedrist' odes'ka* variety stood out as the most resistant to drought.

Using cluster analysis, eighteen winter wheat cultivars were divided into five clusters: drought-resistant, medium-resistant, non-resistant, and two clusters of one cultivar each, distinguished by genetic divergence.

BIBLIOGRAPHY:

1. Blum A. Plant breeding for stress environments. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. 1988
2. Bouslama M., Schapaugh W.T. Stress tolerance in soybean. Part 1: evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Science*. 1984. Vol. 24, № 5. P. 933–937. doi:10.2135/cropsci1984.0011183X002400050026x

3. Ceglar A., Toreti A., Lecerf R., Van der Velde M., Dentener F. Impact of meteorological drivers on regional inter-annual crop yield variability in France. *Agric. For. Meteorol*. 2016, Vol. 216, 58–67. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.10.004
4. Chakherchaman, S.A., Mostafaei H., Imanparast L. and Eivazian M.R. Evaluation of drought tolerance in lentil advanced genotypes in Ardabil region. *Journal of Food Agriculture and Environment*. 2009. Vol. 7. P. 283-288
5. Chawade A., Armonienė R., Berg G., Brazauskas G., Frostgård G., Geleta M., Gorash A., Henriksson T., Himanen K., Ingver A. A transnational and holistic breeding approach is needed for sustainable wheat production in the Baltic Sea region. *Physiol. Plant*. 2018, Vol. 164, 442–451. https://doi.org/10.1111/ppl.12726
6. Farshadfar E, Sutka J. Multivariate analysis of drought tolerance in wheat substitution lines. *Cereal Res Commun*. 2002. Vol. 31. P. 33–40. https://www.jstor.org/stable/23787201
7. Fernandez C.J. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceeding of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress. Aug. 13–16. Shanhua, Taiwan, 1992. P. 257–270.
8. Fisher R.A., Maurer R. Drought resistance in spring wheat cultivars. 1. Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research*. 1978. Vol. 29, № 5. P. 897–912. doi.org/10.1071/AR9780897
9. Franco F.A., Marchioro V.S., Montecelli T.D.N., Schuster I., Polo M., Souza, L.V., Lima F.J.A., Evangelista A., Santos D.A., Grave E.L. CD 1303 – Short stature, high productive potential and industrial quality. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. 2018, Vol. 18, 123–125. https://doi.org/10.1590/1984-70332018v18n1c15
10. Galetto S.L., Bini A.R., Haliski A., Scharr D.A., Borszowskei P.R., Caires E.F. Nitrogen fertilization in top dressing for wheat crop in succession to soybean under a no-till system. *Bragantia*. 2017, Vol. 76, 282-291. https://doi.org/10.1590/1678-4499.095
11. Gavuzzi P., Rizza F., Palumbo M. et al. Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. *Canadian Journals of Plant Science*. 1997. Vol. 77, № 4. P. 523–531.
12. Jafari A., Paknejad F., Jami Al-Ahmadi M. Evaluation of selection indices for drought tolerance of corn (*Zea mays* L.) hybrids. *Inter J Plant Prod*. 2009. Vol. 3, Issue 4. P. 33–38.
13. Kristin A.S., Serna R.R., Perez F.I., Enriquez B.C., Gallegos J.A.A., Vallejo P.R., Wassimi N., Kelley J.D. Improving common bean performance under drought stress. *CropSci*. 1997. Vol. 37. P. 43–50.
14. Lan J. Comparison of evaluating methods for agronomic drought resistance in crops. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*. 1998. Vol. 7. P. 85–87.
15. Lavrynenko Yu.O. Breeding heritage and its role in stabilizing production of corn grain in Ukraine. Natural sciences and modern technological solutions: knowledge integration in the XXI century: collective monograph. Lviv-Torun: Liha-Pres, 2019. P. 103–119. https://doi.org/10.36059/978-966-397-154-4/103-119
16. Lin C.S., Binns M.R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar × location data. *Can. J. PlantSci*. 1988. Vol. 68. P. 193–198. https://doi.org/10.4141/cjps88-018
17. Moosavi S.S., Yazdi-Samadi B., Naghavi M.R., Zali A.A., Dashti H., Pourshahbazi A. Introduction of new indices to identify relative drought tolerance and resistance in wheat genotypes. *Desert*. 2008. Vol. 12, Issue 2. P. 165–178.
18. Oliveira Й.C.D., Pinto-Maglio C.A.F. Cytomolecular characterization of cultivars and landraces of wheat tolerant and sensitive to aluminum toxicity. *Bragantia*. 2017, Vol. 76: 456–469. https://doi.org/10.1590/1678-4499.2016.278
19. Ray D.K., Mueller N.D., West P.C., Foley J.A. Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. *PLoS ONE*. 2013, Vol. 8, E66428. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066428
20. Rosielle A.A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Science*. 1981. Vol. 21, № 6. P. 943–946. doi:10.2135/cropsci1981.0011183X002100060033x
21. Team B.A. Second assessment of climate change for the Baltic Sea basin. In Regional Climate Studies; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2015, Vol. 6, pp. 131–144.
22. Tyshchenko A.V., Tyshchenko O.D., Konovalova V.M., Fundirat K.S., Piliarska O.O. Methods of determining the drought resistance of plants. *Scientific Collection «InterConf+»*, 33(155): with the Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference «Modern Knowledge: Research and Discoveries» (May 19-20, 2023; Vancouver, Canada) by the SPC «InterConf». A.T. International, 2023. P. 343–361. https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.05.2023.030 ISSN 2709-4685
23. Tyshchenko O., Tyshchenko A., Piliarska O., Kuts H., Lykhovyd P. Evaluation of drought tolerance in alfalfa *(Medicago sativa)* genotypes in the conditions of osmotic stress. *AgroLife Scientific Journal*. 2020. Vol. 9, No. 2, P. 353-358. ISSN 2285-5718
24. Vozhehova R., Tyshchenko A., Tyshchenko O., Dymov O., Piliarska O., Lykhovyd P. Evaluation of breeding indices for drought tolerance in alfalfa (*Medicago*) genotypes. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2021. Vol. LXIV, No. 2. P. 435–444.
25. Yuyi Zhou, Rui He, Yuling Guo, Keke Liu, Guanmin Huang, Chuanxi Peng, Yiguo Liu, Mingcai Zhang, Zhaohu Li & Liusheng Duan. A novel ABA functional analogue B2 enhances drought tolerance in wheat. *Scientific Reports*. 2019. Vol. 9:2887. https://doi.org/10.1038/s41598-019-39013-8
26. Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Димов О.М., Люта Ю.О. Особливості прояву адаптивних ознак у селекційних популяцій люцерни при вирощуванні на насіння. *Вісник СумНАУ. Серія «Агрономія і біологія»*. 2021. Випуск 2(44), С. 3–11. https://doi.org/10.32845/agrobio.2021.2.1
27. Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Димов О.М., Пілярська О.О. Оцінювання посухостійкості селекційного матеріалу люцерни за показниками водного режиму в умовах Півдня України. *Plant Varieties Studying and protection*. 2021, Vol. 17, No 1. С. 21–29. https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.1.2021.228204
28. Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Пілярська О.О., Гальченко Н.М. Оцінка посухостійкості популяцій люцерни кормового використання в рік сівби за математичними індексами. *Аграрні інновації*.

2022. № 13. С. 190–198. DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.13.28

29. Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Пілярська О.О., Фундират К.С., Коновалова В.М. Особливості прояву адаптивних ознак у популяцій люцерни за кормового використання. *Аграрні інновації*. 2022. № 14. С. 135–144. DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.14.20
30. Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Пілярська О.О., Фундират К.С., Гальченко Н.М. Оцінка посухостійкості популяцій люцерни за насіннєвого використання в рік сівби. *Аграрні інновації*. 2022. № 15. С. 89–96. DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.15.14
31. Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Пілярська О.О., Фундират К.С., Коновалова В.М. Визначення посухостійкості популяцій люцерни насіннєвого використання за математичними індексами. *Вісник аграрної науки.* 2023. № 1 (838). С. 40–48. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202301-05
32. Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Пілярська О.О., Фундират К.С., Коновалова В.М. Насіннєва продуктивність популяцій люцерни другого року життя та особливості прояву у них адаптивних ознак. *Аграрні інновації*. 2022. № 16. С. 94–103. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.16.15
33. Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Пілярська О.О., Фундират К.С., Коновалова В.М. Формування стійкості рослин насіннєвої люцерни в умовах різного екологічного градієнта. *Вісник аграрної науки.* 2023. № 3 (840). С. 53–62. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202303-08
34. Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Пілярська О.О., Фундират К.С., Коновалова В.М. Посухостійкість популяцій люцерни другого року за кормового використання. *Аграрні інновації*. 2023. № 17. С. 25–36. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.17.4
35. Лавриненко Ю.О., Вожегова Р.А., Базалій Г.Г., Усик Л.О., Жупина А.Ю. Вплив зрошення на продуктивність різних сортотипів озимої пшениці в умовах Південного Степу України. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2019. № 3 (79). http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2019.03.014
36. Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Люта Ю.О. Оцінка генотипів люцерни за насіннєвою продуктивністю на посухостійкість. *Таврійський науковий вісник*. Херсон: ВД «Гельветика», 2021. № 120. С. 155–168. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.120.21
37. Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Люта Ю.О., Пілярська О.О. Адаптивна здатність – важлива ознака в селекції рослин. *Зрошуване землеробство*. 2021. № 75, С. 101–109. https://doi.org/10.32848/0135-2369.2021.75.19

REFERENCES:

1. Blum, A. (1988). Plant breeding for stress environments. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. ISBN 9781351075718.
2. Bouslama, M. & Schapaugh, W.T. (1984). Stress tolerance in soybean. Part 1: evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Science*, *24*(5), 933–937. doi:10.2135/cropsci1984.0011183X002400050026x
3. Ceglar, A. et al. (2016). Impact of meteorological drivers on regional inter-annual crop yield variability in France. *Agric. For. Meteorol*. 216, 58–67. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.10.004
4. Chakherchaman, S.A., Mostafaei H., Imanparast L., & Eivazian, M.R. (2009). Evaluation of drought tolerance in lentil advanced genotypes in Ardabil region. *Journal of food, agriculture & environment (JFAE), 7,* 283–288.
5. Chawade, A. et al. (2018). A transnational and holistic breeding approach is needed for sustainable wheat production in the Baltic Sea region. *Physiol. Plant*. 164, 442–451. https://doi.org/10.1111/ppl.12726
6. Farshadfar, E., & Sutka, J. (2002). Multivariate analysis of drought tolerance in wheat substitution lines. *Cereal Res Commun.* Vol. 31. P. 33–40. https://www.jstor.org/stable/23787201
7. Fernandez, C. J. (1992). Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. *Proceeding of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress*. Aug. 13–16. Shanhua, Taiwan, P. 257–270.
8. Fisher, R. A., & Maurer, R. (1978). Drought resistance in spring wheat cultivars. 1. Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research.* Vol. 29, № 5. P. 897–912. doi.org/10.1071/AR9780897
9. Franco, F.A. et al. (2018). CD 1303 – Short stature, high productive potential and industrial quality. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. 18, 123–125. https://doi.org/10.1590/1984-70332018v18n1c15
10. Galetto, S.L. et al. (2017). Nitrogen fertilization in top dressing for wheat crop in succession to soybean under a no-till system. *Bragantia*. 76, 282–291. https://doi.org/10.1590/1678-4499.095
11. Gavuzzi, P. et fl. (1997). Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. *Canadian Journals of Plant Science*. Vol. 77. № 4. P. 523–531.
12. Jafari, A., Farzad, P., & Jami Al-Ahmadi, M. (2009). Evaluation of selection indices for drought tolerance of corn (*Zea mays* L.) hybrids. *International Journal of Plant Production, 3*(4), 33–38.
13. Kristin, A.S. et al. (1997). Improving common bean performance under drought stress. *CropSci.* 37, P. 43–50.
14. Lan, J. (1998). Comparison of evaluating methods for agronomic drought resistance in crops. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*. Vol. 7. P. 85–87.
15. Lavrynenko Yu.O. (2019). Breeding heritage and its role in stabilizing production of corn grain in Ukraine. Natural sciences and modern technological solutions: knowledge integration in the XXI century: collective monograph. Lviv-Torun: Liha-Pres, 103–119. https://doi.org/10.36059/978-966-397-154-4/103-119
16. Lin, C.S., & Binns, M.R. (1988). A superiority measure of cultivar performance for cultivar × location data. *Can. J. PlantSci*. 68, P. 193–198. https://doi.org/10.4141/cjps88-018
17. Moosavi, S.S. et al. (2008). Introduction of new indices to identify relative drought tolerance and resistance in wheat genotypes. *Desert*., 12(2), 165–178.
18. Oliveira, Й.С.D. & Pinto-Maglio, C.A.F. (2017). Cytomolecular characterization of cultivars and landraces of wheat tolerant and sensitive to aluminum toxicity. *Bragantia*. 76: 456–469. https://doi.org/10.1590/1678-4499.2016.278

19. Ray, D.K., Mueller, N.D., West, P.C. & Foley, J.A. (2013). Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. *PLoS ONE*. 8, E66428. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066428
20. Rosielle, A. A., & Hamblin, J. (1981). Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Science*, 21(6), 943–946. doi:10.2135/cropsci1981.0011183X002100060033x
21. Team, B.A. (2015). Second assessment of climate change for the Baltic Sea basin. In Regional Climate Studies; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 6, 131–144.
22. Tyshchenko A.V. et al. (2023). Methods of determining the drought resistance of plants. *Scientific Collection "InterConf+", 33(155): with the Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference "Modern Knowledge: Research and Discoveries" by the SPC "InterConf"*. (pp. 343-361) A.T. International. Vancouver, Canada. https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.05.2023.030 ISSN 2709-4685
23. Tyshchenko, O. et al. (2020). Evaluation of drought tolerance in alfalfa *(Medicago sativa)* genotypes in the conditions of osmotic stress. *AgroLife Scientific Journal*, 9(2), 353–358. ISSN 2285-5718
24. Vozhehova, R. et al. (2021). Evaluation of breeding indices for drought tolerance in alfalfa (*Medicago*) genotypes. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, LXIV(2), 435–444.
25. Yuyi, Z. et al. (2019). A novel ABA functional analogue B2 enhances drought tolerance in wheat. *Scientific Reports*. 9:2887. https://doi.org/10.1038/s41598-019-39013-8
26. Vozhehova, R. A. et al. (2021). Osoblyvosti proiavu adaptyvnykh oznak u selektsiinykh populiatsii liutserny pry vyroshchuvanni na nasinnia. [Features of manifestation of adaptive traits in breeding populations of alfalfa when grown from seed]. *Visnyk SumNAU. Seriia "Ahronomiia i biolohiia" – Bulletin of SumNAU. Agronomy and Biology Series*. 2(44). 3–11. https://doi.org/10.32845/ agrobio.2021.2.1 [in Ukrainian].
27. Vozhehova, R.A. et al. (2021). Otsiniuvannia posukhostiikosti selektsiinoho materialu liutserny za pokaznykamy vodnoho rezhymu v umovakh Pivdnia Ukrainy [Evaluation of drought tolerance of alfalfa breeding material based on water regime indicators in Southern Ukraine.]. *Plant Varieties Studying and protection*, 17(1), 21–29. https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.1.2021.228204. [in Ukrainian].
28. Vozhehova, R.A. et al. (2022). Otsinka posukhostiikosti populiatsii liutserny kormovoho vykorystannia v rik sivby za matematychnymy indeksamy [Assessment of drought resistance of fodder alfalfa populations in the year of sowing by mathematical indices]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian Innovations*, 13, 190–198. DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.13.28. [in Ukrainian].
29. Vozhehova, R.A. et al. (2022). Osoblyvosti proiavu adaptyvnykh oznak u populiatsii liutserny za kormovoho vykorystannia [Peculiarities of the manifestation of adaptive traits in alfalfa populations under fodder use]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian Innovations*, 14, 135–144. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.14.20. [in Ukrainian].
30. Vozhehova, R.A. et al. (2022). Otsinka posukhostiikosti populiatsii liutserny za nasinnievoho vykorystannia v rik sivby [Assessment of drought resistance of alfalfa populations for seed use in the year of sowing]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian Innovations*, 15, 89–96. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.15.14. [in Ukrainian].
31. Vozhehova, R.A. et al. (2023). Vyznachennia posukhostiikosti populiatsii liutserny nasinnievoho vykorystannia za matematychnymy indeksamy [Determination of drought resistance of alfalfa populations for seed use by mathematical indices]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 1(838), 40–48. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202301-05. [in Ukrainian].
32. Vozhehova, R.A. et al. (2022). Nasinnieva produktyvnist populiatsii liutserny druhoho roku zhyttia ta osoblyvosti proiavu u nykh adaptyvnykh oznak [Seed productivity of alfalfa populations in the second year of life and the peculiarities of the manifestation of adaptive traits in them]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian Innovations*, 16, 94–103. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.16.15 [in Ukrainian].
33. Vozhehova, R.A. et al. (2023). Formuvannia stiikosti roslyn nasinnievoi liutserny v umovakh riznoho ekolohichnoho hradiienta [Formation of resistance of seed alfalfa plants in conditions of different environmental gradients]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 3(840), 53–62. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202303-08 [in Ukrainian].
34. Vozhehova, R.A. et al. (2023). Posukhostiikist populiatsii liutserny druhoho roku za kormovoho vykorystannia [Drought resistance of second-year alfalfa populations for fodder use]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian Innovations*, 17, 25–36. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.17.4 [in Ukrainian].
35. Lavrynenko, Yu.O. et al. (2019). Vplyv zroshennia na produktyvnist riznykh sortotypiv ozymoi pshenytsi v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [The influence of irrigation on the productivity of different varieties of winter wheat in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy – Scientific reports of NULES of Ukraine*. 3(79). http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2019.03.014 [in Ukrainian].
36. Tyshchenko, A.V., Tyshchenko, O.D. & Lyuta, Yu.O. (2021). Otsinka henotypiv liutserny za nasinnievoiu produktyvnistiu na posukhostiikist. [Evaluation of alfalfa genotypes by seed productivity for drought resistance]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Kherson: VD "Helvetyka" – Taurian Scientific Bulletin. Kherson: Helvetica*. 120. 155–168. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.120.21. [in Ukrainian].
37. Tyshchenko, A.V., Tyshchenko, O.D., Liuta, Yu.O. & Piliarska, O.O. (2021). Adaptyvna zdatnist – vazhlyva oznaka v selektsii roslyn [Adaptability is an important feature in plant selection]. *Zroshuvane zemlerobstvo – Irrigated farming*, 75, 101–109. https://doi.org/10.32848/0135-2369.2021.75.19. [in Ukrainian].

Коновалова В.М., Тищенко А.В., Базалій Г.Г., Фундират К.С., Тищенко О.Д., Резніченко Н.Д., Коновалов В.О. Аналіз сортів озимої пшениці на посухостійкість в умовах Степу України (ч. 1 – роки з достатнім зволоженням).

Метою наших досліджень було вивчення та аналіз посухостійкості сортів озимої пшениці селекції Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН та Селекційно-генетичного інституту Національного цен-

тру насіннєзнавства та сортовивчення НААН в умовах Південного Степу України. **Матеріали і методи досліджень.** Реакцію 18 сортів озимої пшениці на різні умови вирощування вивчали на Асканійській державній сільськогосподарській дослідницькій станції у с. Тавричанка, Херсонська область (46°33'12"N; 33°49'13"E; 39 м над рівнем моря) протягом 2015/16–2019/20 рр. Дослідження проводилися за різних умов зволоження: при зрошенні та без зрошення. Аналіз стійкості сортів озимої пшениці до стресу проводили за допомогою 17 індексів посухостійкості. **Результати дослідження та їх обговорення.** Найбільшу урожайність при зрошенні 7,87–8,49 т/га було отримано у сортів озимої пшениці *Бургунка*, *Кошова*, *Асканійська* і *Щедрість одеська*, в стресових умовах: *Бургунка*, *Кошова*, *Ліра одеська* і *Традиція одеська* 7,25–7,66 т/га. За більшою кількістю індексів (14), як найбільш посухостійкий, був виділений сорт *Традиція одеська*, сорт *Ліра одеська* виділився за дев'ятьма індексами, а *Щедрість одеська* за сімома. За кореляційним аналізом було виділено два індекси: індекс посухостійкості (*DI*) та індекс стійкості до стресу *ISR*, де урожайність при стресі характеризувалася високою кореляцією (r = 0,851) з індексом *DI* та середньою (r = 0,381) – *ISR*, натомість низькою (r = 0,038–0,226) з врожайністю при зрошенні. **Висновки.** Виділено два індекси: індекс посухостійкості (*DI*) та індекс стійкості до стресу *ISR*, що найбільш повно характеризують стійкість сортів озимої пшениці до посухи. За індексами посухостійкості та біплот-аналізом, як найбільш посухостійкі виділені сорти *Традиція одеська* та *Ліра одеська*. Сорт *Щедрість одеська* виділився як найбільш нестійкий до посухи.

Ключові слова: озима пшениця, сорт, зрошення, природнє зволоження, урожайність, посухостійкість, індекси посухостійкості, біплот-аналіз, кластерний аналіз.

Konovalova V.M., Tyshchenko A.V., Bazalii H.H., Fundirat K.S., Tyshchenko O.D., Reznichenko N.D., Konovalov V.O. Analysis of winter wheat varieties for drought resistance in the conditions of the Steppe of Ukraine (part 1 – years with sufficient moisture)

The purpose of our research was the study and analysis of drought resistance of winter wheat varieties selected by the Institute of Climate-oriented Agriculture of the National Academy of Sciences of the Russian Academy of Sciences and the Selection and Genetics Institute of the National Center for Seed Science and Varietal Research of the National Academy of Sciences of the National Academy of Sciences in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. **Materials and methods of research.** The reaction of 18 varieties of winter wheat to different growing conditions was studied at the Askania State Agricultural Research Station in the village of Tavrychanka, Kherson region (46°33'12"N; 33°49'13"E; 39 m above sea level) during 2015/16–2019/20. Research was conducted under different conditions of irrigation: with irrigation and without irrigation. Analysis of the resistance of winter wheat varieties to stress was carried out using 17 indices of drought resistance. **Research results and their discussion.** The highest yield under irrigation of 7.87–8.49 t/ha was obtained from winter wheat varieties *Burgunka*, *Koshova*, *Askaniyska* and *Shchedrist Odeska*, under stress conditions: *Burgunka*, *Koshova*, *Lyra Odeska* and *Traditsia Odeska* 7.25–7.66 t /Ha. According to the largest number of indices (14), the variety *Traditsia Odeska* was singled out as the most drought-resistant, the variety *Lyra Odeska* was distinguished according to nine indices, and *Shchedrist Odeska* according to seven indices. According to the correlation analysis, two indices were distinguished: the drought resistance index (*DI*) and the stress resistance index *ISR*, where yield under stress was characterized by a high correlation (r = 0.851) with the *DI* index and a medium (r = 0.381) – *ISR*, on the other hand, a low correlation (r = 0.038–0.226) with yield under irrigation. **Conclusions.** Two indices were singled out: the drought resistance index (*DI*) and the *ISR* stress resistance index, which most fully characterize the resistance of winter wheat varieties to drought. According to the indices of drought resistance and biplot analysis, the most drought-resistant selected varieties are *Traditsia Odeska* and *Lyra Odeska*. The *Shchedrist Odeska* variety stood out as the most resistant to drought.

Key words: winter wheat, variety, irrigation, natural moisture, productivity, drought resistance, drought resistance indices, biplot analysis, cluster analysis.

УДК 633.15:631.52
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.23

КОМБІНАЦІЙНА ЗДАТНІСТЬ НОВИХ ЛІНІЙ РОЗЛУСНОЇ КУКУРУДЗИ *(ZEA MAYS EVERTA STURT.)*

КУПРІЧЕНКОВ Д.С. – аспірант
orcid.org/0000-0003-0543-0686
Державна установа «Інститут зернових культур
Національної академії аграрних наук України»

Постановка проблеми. Ефективність селекційної роботи з розлусною кукурудзою *(Zea mays everta Sturt.)* залежить, найперше, від достатньої кількості елітних ліній, які залучаються до програми створення конкурентоспроможних гібридів з високими технологічними показниками зерна. Мірилом цінності лінії є її комбінаційна здатність, тобто здатність батьківських компонентів поєднуватися один із одним у гібридах так, щоби бажані гени, або ознаки передавалися їхнім нащадкам. Комбінаційна здатність – це оцінка цінності генотипів на основі продуктивності їхнього потомства в певній моделі схрещування [1]. Визначення комбінаційної здатності ліній розлусної кукурудзи за врожайністю і об'ємним розширенням зерна дасть змогу виявити зразки, які поєднують у своєму геномі ці важливі ознаки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розрізняють загальну і специфічну комбінаційну здатність. Загальна комбінаційна здатність (ЗКЗ) характеризує середню величину гетерозису в гібридах, створених за участю певної лінії, а специфічна (СКЗ) – виражає відхилення від середньої величини в конкретній комбінації [2]. Загальна комбінаційна здатність – результат активності генів, які значною мірою є адитивними за своїми ефектами, тоді, як специфічна комбінаційна здатність – це наслідок внутрішньоалельної взаємодії генів (домінування) і міжалельної взаємодії генів (епістаз) [3]. Крім домінування і епістазу специфічна комбінаційна здатність є результатом взаємодії генотипу з навколишнім середовищем [4].Врожайність зерна є полігенно контрольованою ознакою і залежить від великої кількості інших споріднених ознак [5]. Немає єдиної думки щодо її генетичного контролю. Вплив адитивних генних ефектів на врожайність кукурудзи показано в працях Makumbi D. та ін. [6] і Badu-Apraku B. та ін. [7], тоді, як більшість авторів повідомляють про важливість неадитивних генних ефектів [8–10].

Зерно розлусної кукурудзи має характерну особливість – нагріваючись до певної температури воно розлускується і перетворюється на пухнасті, хрусткі, білі, або кремові об'ємні пластівці (flakes), які називаються попкорн, або «повітряна кукурудза» [11]. Здатність до розлуснення зумовлена будовою зернівки, яка майже повністю заповнена роговидним ендоспермом і покрита міцним оплоднем. Коли зерно нагрівається вода, що міститься в гранулах крохмалю, перетворюється на пару. Спочатку оплодень стримує пару, але коли тиск та внутрішня температура підвищується до 930,79 кПа і 177 °С, відповідно, оплодень розривається і зернівка «вибухає», збільшуючись в об'ємі в декілька разів [12].

Об'ємне розширення зерна (popping expansion) – важливий технологічний показник розлусної кукурудзи. Він показує, який об'єм готової продукції можна одержати із заданої маси зерна й вимірюється в $см^3/г$ [13]. Об'ємне розширення зерна (ОРЗ) контролюється геномом, але його прояв залежить від багатьох чинників таких, як вологість зерна, цілісність оплодня, умови дозрівання і зберігання тощо [14–16]. Адитивні та неадитивні генні ефекти спостерігалися в успадкуванні ознаки «об'ємне розширення зерна» [17–19]. Santos T. D. O. та ін. довели, що в разі схрещуванні розлусної кукурудзи з кременистою об'ємне розширення зерна контролювалося двома типами успадкування: основний адитивний ген у поєднанні з адитивними та домінантними полігенами (змішане успадкування), а в іншому випадку – лише адитивні та домінантні полігени [20]. Водночас за даними деяких авторів [8, 21, 22] урожайність зерна має обернений кореляційний зв'язок з об'ємним розширенням зерна.

Успадковуваність – це та частина мінливості певної ознаки, яка контролюється спадковими чинниками. Розрізняють успадковуваність у широкому (H_2) та вузькому розумінні (h_2). У першому випадку, це частка загальної фенотипової мінливості, яка зумовлена, як адитивною дією генів, так і впливом домінування, наддомінування, епістазу та плейотропії [23]. А той же час, успадковуваність у вузькому розумінні – це тільки та частина загальної мінливості, яка детермінується адитивною дією генів. У селекційних програмах особливе значення має коефіцієнт h_2, оскільки дає змогу прогнозувати ефективність добору. Коефіцієнт успадковуваності може виражатися у відсотках, або в частках одиниці. Якщо величина коефіцієнта $h^2 \geq 0{,}40$, то говорять про високий ступінь успадковуваності; $0{,}39 \geq h^2 \leq 0{,}20$ – середній ступінь успадковуваності, а $h^2 \leq 0{,}19$ – низький. За даними Clóvis L. R та ін. [24], успадковуваність у широкому сенсі для врожайності й об'ємного розширення зерна дорівнювала 0,5208±0,0229 та 0,6356±0,0209, відповідно, а у вузькому сенсі – 0,3290±0,0292 та 0,3083±0,0298, відповідно. Про високий вплив генетичних чинників на мінливість врожайності й об'ємного розширення зерна повідомляють Bhadru D. та ін. [25].

Мета. Виявити лінії розлусної кукурудзи з високою комбінаційною здатністю за ознаками «врожайність» і «об'ємне розширення зерна» та встановити характер успадкування цих ознак.

Матеріал та методика досліджень. Вихідним матеріалом для проведення досліджень були обрані 46 ліній розлусної кукурудзи, створених у лабораторії селекції

кукурудзи харчового напряму використання ДУ Інститут зернових культур НААН України на базі інтродукованих сортів і гібридів – Snow Puff Popcorn F_1 (Сніжний попкорн), Creme Puff Corn F_1 (Кремовий попкорн), Japanese Hulless White Popcorn (Японський білий безплівчастий попкорн), Pick and Pop Popcorn F_1 (Попкорн «Пік і Поп»), Red River Valley Popcorn (Попкорн «Долина червоної ріки»), Wisconsin White Birch Popcorn (Вісконсин білий березовий попкорн) та матеріалу із закритим родоводом.

Для визначення комбінаційної здатності ліній розлусної кукурудзи були проведені схрещування із 4 тестерами – простими гібридами Шанс, Веселка, ДН Циклон та Корал. Гібриди Шанс і ДН Циклон занесені до Реєстру сортів рослин придатних для поширення в Україні і слугують, відповідно, стандартами середньоранньої і середньостиглої груп стиглості.

Дослідження проводилися протягом 2021–2022 рр. на Синельниківській селекційно-дослідній станції ДУ Інститут зернових культур НААН України. Агротехніка проведення досліджень – загальноприйнята для зони Північного Степу. Площа ділянки – 8,4 м^2, повторність трикратна. Посів гібридів розлусної кукурудзи здійснювали селекційною сівалкою, а збір врожаю – комбайном „Wintersteiger Delta". Отримані результати зводили до стандартної 14 % вологості зерна.

Для визначення технологічних показників зерна гібридів розлусної кукурудзи проводили штучне запилення 3 качанів сумішшю пилку з ділянки. Після настання 18 % вологості зерна, качани збирали й досушували в добре провітрюваному приміщенні за температури 20–22 °С. Обмолочували вручну й опісля об'єднували зерно в межах однієї ділянки.

Розлуснення кукурудзи відбувалося із допомогою апарату Clatronic PM 3635 потужністю 1200 Вт. Для створення однакових температурних умов, кожний наступний зразок засипався через 15 хв після закінчення процесу розлуснення попереднього. Використовували 2 наважки вагою 10 г. Об'єм попкорну вимірювався градуйованим циліндром на 1000 см^3. Об'ємне розширення зерна (ОРЗ) розраховували за формулою:

$$\text{ОРЗ} = \frac{V}{m},$$

де V – об'єм попкорну (см^3); m – маса зерна до розлуснення (г).

Математичну обробку даних проводили на персональному комп'ютері з використанням спеціальних прикладних програм Microsoft Office Excel (Statistica). Статистичну достовірність експериментальних даних розраховували за Літуном П. П. та ін. [26].

У 2021 р. склалися дуже сприятливі гідротермічні умови для вирощування розлусної кукурудзи. З травня по серпень випало 381 мм опадів, що становить 282 % від середніх багаторічних даних, а середньомісячна температура повітря перевищувала норму в липні на 1,3 °С, а в серпні – на 1,2 °С. На противагу попередньому, 2022 р. був несприятливим для кукурудзи. У травні – липні було холодніше, ніж зазвичай, а недобір вологи за ці місяці становив 66 мм, або 50 % від норми. Лише в серпні температура повітря підвищилася до 23,9 °С і пройшли сильні зливи.

Результати досліджень. У результаті проведених досліджень було встановлено, що гібриди розлусної кукурудзи мали статистично достовірні відмінності за врожайністю і об'ємним розширенням зерна. У табл. 1 наведені параметри варіювання ознак у гібридів розлусної кукурудзи.

Середнє значення врожайності в сприятливому за погодними умовами 2021 р. перевищувало відповідний показник у посушливому 2022 р. в 1,6 раз, тоді, як середнє значення об'ємного розширення зерна було однаковим. Вплив умов вирощування на формування врожайності становив 57,2 %, генотипу гібриду – 24,4 %, а взаємодії – 15,3 %. Мінливість об'ємного розширення зерна на 68,0 % залежала від генотипу гібриду, на 28,4 % – від взаємодії «рік х гібрид» і лише на 0,4 % – від року. У 2021 р. 24,7 % тесткросних гібридів достовірно перевищували врожайність стандарту Шанс, а 15,9 % – стандарту ДН Циклон, тоді, як у 2022 р. – 2,4 % і 15,3 %, відповідно. Гібриди розлусної кукурудзи продемонстрували високі показники й за об'ємним розширенням зерна. У перший

Таблиця 1

Параметри варіювання врожайності й об'ємного розширення зерна у гібридів розлусної кукурудзи, 2021–2022 рр.

Показники		2021 р.	2022 р.
Врожайність зерна, т/га	N, шт.	170	170
	$\bar{x} \pm ts_{\bar{x}}$	4,02±0,18	2,51±0,18
	min – max	2,36–5,82	1,25–4,21
	Шанс, ст.	3,93	3,24
	ДН Циклон, ст.	4,13	2,53
	НІР $_{0,05}$	0,50	0,50
Об'ємне розширення зерна, см^3/г	N, шт.	170	170
	$\bar{x} \pm ts_{\bar{x}}$	44,6±0,89	44,1±0,80
	min – max	34,7–54,9	32,4–52,5
	Шанс, ст.	42,3	43,3
	ДН Циклон, ст.	45,8	49,7
	НІР $_{0,05}$	2,47	2,22

рік випробувань 48,8 % гібридів мали ОРЗ більше, ніж у Шансу, а 15,9 % – ніж у ДН Циклон. На другий рік ці показники зменшилися до 38,8 і 1,2 %, відповідно. Отже, гібриди розлусної кукурудзи, створені за участю нових ліній і тестерів Шанс, ДН Циклон, Веселка й Корал, мали високі потенціали врожайності й об'ємного розширення зерна. У 2021 р. висока загальна комбінаційна здатність за врожайністю зерна була в 14 ліній, або 30 %, а у 2022 р. – в 13 ліній, або 28 % (табл. 2).

У сумі за 2 роки високі значення ефектів ЗКЗ спостерігалися в 5 лініях із гібрида Сніжний попкорн, у 3 лініях із гібрида Кремовий попкорн та сорту Долина червоної ріки, у 2 лініях із гібрида Пік і Поп попкорн та в 6 лініях із закритим родоводом.

Стабільно високі значення ефектів ЗКЗ, незалежно від умов вирощування, були виявлені в таких лініях: РС 19, РК 72, РП 36, РР 6, РР 7, ІКР 11-3, ІКР 11-9 та ІКР 15-2. Високі та середні значення ефектів ЗКЗ у різні роки мали 9 ліній, тоді, як у лінії ІКР 2-1 оцінка ефектів ЗКЗ із високої у 2021 р. впала до низької у 2022 р. На противагу представленим зразкам, стабільно низькі значення ефектів ЗКЗ за врожайністю зерна були в ліній РБ 3, РР 1, РВ 2, РВ 6 та ін., а низькі й середні ще в 14 лініях. У сумі за 2 роки, сорти Японський білий безплівчастий попкорн та Вісконсин білий березовий попкорн представили найбільшу кількість ліній із низькою ЗКЗ – 6 і 5 ліній, відповідно.

В особливу групу входять лінії із середніми значеннями ефектів ЗКЗ та високими варіантами СКС, оскільки дають високоврожайні гібридні комбінації з деякими тестерами. До цієї групи треба віднести лінії РК 48, РП 3 та ін. Ефекти загальної комбінаційної здатності за об'ємним розширенням зерна у 2021 р. варіювали від -0,44 до +0,43 см^3/г, а у 2022 р. – від -0,43 до +0,55 см^3/г. Стабільно високі значення ефектів ЗКЗ продемонстрували лінії РС 3, РК 7, РК 72, РП 72, ІКР 8-2, ІКР 36-3, ІКР 75-1; високі та середні – РС 5, РК 43, РК 48, РБ 7 та ін. (табл. 3).

Таблиця 2

Комбінаційна здатність деяких ліній розлусної кукурудзи за врожайністю зерна, 2021–2022 рр.

Походження	Лінія	Ефекти загальної комбінаційної здатності, см^3/г		Варіанси специфічної комбінаційної здатності	
		2021 р.	2022 р.	2021 р.	2022 р.
Сніжний попкорн, F_1	РС 3	-0,02	0,61	0,09	0,35
	РС 11	0,13	0,37	0,06	0,02
	РС 13	0,43	-0,15	0,22	0,04
	РС 19	0,60	0,70	0,05	0,29
Кремовий попкорн, F_1	РК 25	0,73	0,04	0,63	0,01
	РК 32	0,07	0,35	0,35	-0,01
	РК 48	0,07	0,13	0,48	0,44
	РК 72	0,71	0,58	0,43	0,07
Японський білий безплівчастий попкорн	РБ 3	-1,23	-0,97	0,06	-0,01
	РБ 7	-0,67	-0,06	0,66	0,05
	РБ 18	-1,16	0,10	0,28	-0,01
	РБ 21	-0,50	-0,03	0,17	0,51
Пік і Поп попкорн, F_1	РП 3	0,16	0,01	0,35	0,38
	РП 11	0,38	0,15	0,19	0,93
	РП 36	0,61	0,34	0,16	1,15
	РП 61	0,01	-0,42	0,30	0,27
Попкорн «Долина червоної ріки»	РР 1	-0,73	-0,61	0,36	0,03
	РР 4	0,60	0,10	0,47	0,07
	РР 6	0,64	0,28	0,07	0,17
	РР 7	0,37	0,32	0,10	0,12
Вісконсин білий березовий попкорн	РВ 1	0,11	-0,47	0,27	0,10
	РВ 2	-0,66	-0,71	0,53	0,03
	РВ 6	-0,45	-0,27	0,41	0,07
	РВ 13	-0,20	-0,35	0,42	0,11
Закритий родовід	ІКР 2-1	0,22	-0,33	0,59	0,01
	ІКР 11-3	0,20	0,27	0,33	0,15
	ІКР 11-9	0,59	0,52	0,59	0,12
	ІКР 15-2	0,55	0,26	0,52	0,11
–	$НІР_{0,05}$	0,18	0,18	–	–
–	Середнє	–	–	0,39	0,20

Таблиця 3

Комбінаційна здатність деяких ліній розлусної кукурудзи за об'ємним розширенням зерна, 2021–2022 рр.

Походження	Лінія	Ефекти загальної комбінаційної здатності, см³/г		Варіанси специфічної комбінаційної здатності	
		2021 р.	2022 р.	2021 р.	2022 р.
Сніжний попкорн, F_1	РС 3	0,23	0,18	0,06	0,02
	РС 5	0,04	0,10	0,12	0,09
	РС 11	0,00	0,01	0,11	0,02
	РС 19	-0,23	0,13	0,12	0,29
Кремовий попкорн, F_1	РК 7	0,19	0,23	0,00	0,00
	РК 43	0,12	-0,07	0,14	0,17
	РК 48	0,03	0,19	0,05	0,00
	РК 72	0,29	0,23	0,24	0,46
Японський білий безплівчастий попкорн	РБ 3	-0,04	-0,29	0,11	0,00
	РБ 7	0,12	-0,07	0,41	0,10
	РБ 9	-0,01	0,13	0,02	0,15
	РБ 12	-0,06	0,21	0,01	0,02
Пік і Поп попкорн, F_1	РП 3	0,12	0,18	0,18	0,06
	РП 60	0,04	0,31	0,33	0,09
	РП 61	-0,09	0,29	0,04	0,08
	РП 72	0,25	0,55	0,01	0,09
Попкорн «Долина червоної ріки»	РР 1	-0,02	-0,22	0,26	0,20
	РР 2	0,24	-0,11	0,03	0,01
	РР 6	-0,10	-0,16	0,11	0,34
	РР 11	-0,42	-0,33	0,01	0,03
Вісконсин білий березовий попкорн	РВ 1	-0,34	-0,31	0,27	0,08
	РВ 2	0,09	0,08	0,01	0,00
	РВ 6	0,21	-0,03	0,32	0,06
	РВ 13	-0,25	-0,34	0,12	0,04
Закритий родовід	ІКР 2-1	0,23	-0,09	-0,01	0,16
	ІКР 8-2	0,43	0,24	0,19	0,20
	ІКР 36-3	0,24	0,36	0,02	0,12
	ІКР 75-1	0,26	0,33	0,02	0,02
-	$НІР_{0,05}$	0,10	0,08	-	-
-	Середнє	-	-	0,13	0,11

Аналізуючи походження ліній було встановлено, що найбільшу кількість зразків із високою ЗКЗ було виділено з гібридів Кремовий попкорн та Пік і Поп попкорн – по 5 ліній; 3 лінії – із сорту Японський білий безплівчастий попкорн; 2 лінії – із гібриду Сніжний попкорн та по одній – із сортів Долина червоної ріки і Вісконсин білий березовий попкорн. Серед ліній із закритим родоводом 5 ліній мали високу ЗКЗ. Водночас найбільшу кількість ліній із низькою ЗКЗ представив сорт Долина червоної ріки – 6. Стабільною низькою ця ознака була в ліній РР 11, РВ 1, РВ 13 та ін. На рис. 1 показана відповідність ефектів ЗКЗ за врожайністю зерна ефектам ЗКЗ за об'ємним розширенням зерна.

У 2021 р. однакові значення оцінок ефектів ЗКЗ за двома ознаками мали 26 % ліній, а у 2022 р. – 37 % ліній. Водночас «високі й низькі», або «низькі і високі» ефекти ЗКЗ за врожайністю і об'ємним розширенням зерна були притаманні 39 % ліній. Лише в РК 72, створеної на базі гібриду Кремовий попкорн, спостерігалися високі оцінки ефектів ЗКЗ за двома ознаками протягом 2 років, що робить її незамінною в разі створені високоврожайних гібридів із високими технологічними показниками. У табл. 4 представлені коефіцієнти успадковуваності ознак «врожайність зерна» і «об'ємне розширення зерна».

У 2021 р. і 2022 р. коефіцієнти успадковуваності H^2 за ознакою «врожайність зерна» дорівнювали 0,88 та 0,81, а за ознакою «об'ємне розширення зерна» – 0,89 та 0,91, відповідно. Такі високі коефіцієнти успадковуваності в широкому розумінні свідчать про істотний вплив генетичних чинників на мінливість ознак. Водночас вплив адитивних ефектів за першою ознакою був високий – 0,40 і 0,43, а за другою ознакою – середнім (0,35 і 0,37).

Особливо важливе значення для розуміння природи впливу на мінливість ознаки має різниця між коефіцієнтами успадковуваності – H_2–h_2, яка відповідає за неадитивну дію генів. У нашому випадку, лише у 2022 р. за врожайністю зерна адитивні генні ефекти перевищували вплив неадитивних, тоді як об'ємне розширення зерна на 59–61 % контролюється неадитивною дією

Походження	Лінія	Ефекти загальної комбінаційної здатності			
		2021 р.		2022 р.	
		врожайність	ОРЗ	врожайність	ОРЗ
Сніжний попкорн, F_1	РС 3				
	РС 5				
	РС 13				
	РС 19				
Кремовий попкорн, F_1	РК 7				
	РК 25				
	РК 43				
	РК 72				
Японський білий безплівчастий попкорн	РБ 3				
	РБ 7				
	РБ 9				
	РБ 18				
«Пік і Поп» попкорн,F_1	РП 11				
	РП 36				
	РП 60				
	РП 72				
Попкорн «Долина червоної ріки»	РР 1				
	РР 6				
	РР 7				
	РР 11				
Вісконсин білий березовий попкорн	РВ 1				
	РВ 2				
	РВ 6				
	РВ 13				
Закритий родовід	ІКР 2-1				
	ІКР 11-9				
	ІКР 15-2				
	ІКР 75-1				

Примітка:

	– висока ЗКЗ;		– середня ЗКЗ;		– низька ЗКЗ

Рис. 1. Ефекти ЗКЗ за врожайністю та об'ємним розширенням зерна

Таблиця 4

Успадковуваність ознак «врожайність зерна» та «об'ємне розширення зерна», 2021–2022 рр.

Коефіцієнти успадковуваності	**Врожайність зерна**		**Об'ємне розширення зерна**	
	2021 р.	**2022 р.**	**2021 р.**	**2022 р.**
У широкому розумінні, H^2	0,88	0,81	0,89	0,91
У вузькому розумінні, h^2	0,40	0,43	0,35	0,37
Вплив материнської форми, h^2_A	0,33	0,37	0,25	0,33
Вплив батьківської форми, h^2_B	0,07	0,06	0,10	0,04
$H_2 – h_2$	0,48	0,38	0,54	0,54

генів. Як видно з табл. 4, вплив материнських форм (тестерів) на успадковування був переважаючим: за врожайністю зерна – 82 % і 86 %, а за об'ємним розширенням зерна – 71 % та 89 %.

Висновки. Встановлено, що стабільно високі значення ефектів ЗКЗ за врожайністю зерна властиві лініям РС 19, РК 72, РП 36, РР 6, РР 7, ІКР 11-3, ІКР 11-9, ІКР 5-2, а за об'ємним розширенням зерна – РС 3, РК 7, РК 72, РП 3, ІКР 36-3, ІКР 75-1. Доведено, що кращою за комбінаційною здатністю є лінія РК 72, отримана з гібриду Кремовий попкорн. Встановлено, що об'ємне розширення зерна контролюється неадитивною дією генів, тоді, як на врожайність впливають адитивні й неадитивні генні чинники.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Fasahat P., Rajabi A., Rad J. M. and Derera J. J. B. B. I. J. Principles and utilization of combining ability in plant breeding. *Biometrics & Biostatistics International Journal*. 2016. Vol. 4. No. 1. P. 1–24. DOI: 10.15406/bbij.2016.04.00085.
2. Ali Q., Ali A., Awan M. F., Tariq M. et al. Combining ability analysis for various physiological, grain yield and quality traits of Zea mays L. *Life Science Journal*. 2014. Vol. 11. No. 8s. P. 540–551. URL: http://www.lifesciencesite.com.
3. Henderson C. R. Specific and general combining ability. *Heterosis*. 1952. P. 352–370. Ames: Iowa State College Press.
4. Begna T. Combining ability and heterosis in plant improvement. *Open Journal of Political Science.* 2021. Vol. 6. No. 1. P. 108–117. DOI: 10.17352/ojps.
5. Romanus K. G., Hussein S. and Mashela W. P. Combining ability analysis and association of yield and yield components among selected cowpea lines. *Euphytica.* 2008. No. 162. P. 205–210. DOI: 10.1007/s10681-007-9512-5.
6. Makumbi D., Betran F. J., Banziger M. and Ribaut J. Combining ability, heterosis and genetic diversity in tropical maize (*Zea mays* L.) under stress and non-stress conditions. *Euphytica*. 2011. Vol. 180. No. 2. P. 143–162. DOI: 10.1007/s10681-010-0334-5.
7. Badu-Apraku B., Annor B., Oyekunle M., Akinwale R. O. et al. Grouping of early maturing quality protein maize inbreds based on SNP markers and combining ability under multiple environments. *Field Crops Research*. 2015. No. 183. P. 169–183. DOI: 10.1016/j.fcr.2015.07.015.
8. de Oliveira, A. L. B., Rodrigues C. S., da Silva G. A. P., Sawazaki E. et al. Combining ability and potential of S_1 popcorn progenies for early selection. Acta Scientiarum. *Agronomy*. 2022. No. 44. DOI: 10.4025/actasciagron.v44i1.55194.
9. Soni N. V., Khanorkar S. M., Shah A. K. and Talati J. G. Hybrid Vigour and Combining Ability for Yield and Quality Traits in Popcorn (*Zea mays var. everta). Indian Journal of Agricultural Biochemistry*. 2014. Vol. 27. No. 2. P. 188–192. URL: https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijab&volume=27&issue=2&article=016
10. Dehghanpour Z. and Ehdaie B. Stability of general and specific combining ability effects for grain yield in elite Iranian maize inbred lines. *Journal of Crop Improvement*. 2013. Vol. 27. No. 2. P. 137–152. DOI: 10.1080/15427528.2012.745822
11. Бєліков Є. І., Купріченкова Т. Г. Перспективні гібриди розлусної кукурудзи. *Бюлетень ДУ Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2016. № 11. С. 103–106.
12. Cañizares L. D. C. C., da Silva Timm N., Ramos A. H., Neutzling H. P. et al. Effects of moisture content and expansion method on the technological and sensory properties of white popcorn. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 2020. No. 22. 100282. DOI: 10.1016/j.ijgfs.2020.100282.
13. Hallauer A. R. Specialty corn: CRC Press LLC. 2001. P. 205–240. URL:http://pustakapertanianub.staff.ub.ac.id/files/2012/12/Specialty-Corns.pdf.
14. Kamphorst S. H., do Amaral Junior A. T., de Lima V. J., Santos P. H. et al. Comparison of selection traits for effective popcorn (Zea mays L. var. everta) breeding under water limiting conditions. *Frontiers in Plant Science.* 2020. Vol. 11. No. 1289. P. 1–18. DOI: 10.3389/fpls.2020.01289.
15. Vázquez-Carrillo M. G., Santiago-Ramos D. and de Dios Figueroa-Cárdenas J. Kernel properties and popping potential of Chapalote, a Mexican ancient native maize. *Journal of Cereal Science*. 2019. No. 86. P. 69–76. DOI: 10.1016/j.jcs.2019.01.010
16. D'Croz-Mason N. and Waldren R. P. G78-426 Popcorn Production. *Historical Materials from University of Nebraska-Lincoln Extension*. 1978. URL: https://digitalcommons.unl.edu/extensionhist/745.
17. Schmitt K. F. M., Lima V. J., do Amaral Júnior A. T., Santos J. S. et al. Combining ability of popcorn lines for resistance to the fungus Puccinia polysora (Pucciniaceae). *Genetics Molecular Research.* 2019. Vol. 18. No. 3. DOI: 10.4238/gmr18330.
18. Jele P., Derera J. and Siwela M. Assessment of popping ability of new tropical popcorn hybrids. *Ausrtalian joural of crop science*. 2014. Vol. 8. No. 6. P. 831–839. URL:https://www.researchgate.net/publication/288579325.
19. Li Y. L., Dong Y. B., Niu S. Z and Cui, D. Q. QTL for popping characteristics in popcorn. *Plant Breeding*. 2007. Vol. 126. No. 5. P. 509–514. DOI: 10.1111/j.1439-0523.2007.01372.
20. Santos J. S., de Souza Y. P., Vivas M., do Amaral Junior A. T. et al. Genetic merit of popcorn lines and hybrids multiple foliar diseases and agronomic properties. *Functional Plant Breeding Journal*. 2019. Vol. 2. No. 2. P. 33–47. DOI: 10.35418/2526-4117/v2n2a2.
21. Moterle L. M., Braccini A. L., Scapim C. A., Pinto R. J. B. et al. Combining ability of popcorn lines for seed quality and agronomic traits. *Euphytica*. 2012. Vol. 185. No. 3. P. 337–347. DOI: 10.1007/s10681-011-0458-2.
22. Arnhold E., Mora F., Silva R. G., Good-God P. I. and Rodovalho M. A. Evaluation of top-cross popcorn hybrids using mixed linear model methodology. *Chilean journal of agricultural research*. 2009. Vol. 69. No. 1. P. 46–53. DOI: 10.4067/S0718-58392009000100006.
23. Успадковуваність. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki.
24. Clóvis L. R., Pinto R. J. B., Uhdre R. S., Rosa J. C., Zeni Neto, H., Vivas, M., & Amaral Júnior, A. T. D. (2021). Overall heritability in popcorn estimated by meta-analysis. *Acta Scientiarum. Agronomy*. 2021. Vol. 43. DOI: 10.4025/actasciagron.v43i1.53721
25. Bhadru D., Mallaiah B., Swarnalatha V., Sreelatha D. et al. Study of genetic parameters for popping expansion ratio and yield traits in pop corn hybrids. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences*. 2020. Vol. 2. No. 4. P. 671–674. URL:https://www.researchgate.net/profile/MallaiahBedika/publication/349393486.
26. Літун П. П., Кириченко В. В., Петренкова В. П., Коломацька В. П. Системний аналіз в селекції польових культур: навч. посіб. Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва. Харків, 2009. 354 с.

REFERENCES:

1. Fasahat, P., Rajabi, A., Rad, J. M., & Derera, J. J. B. B. I. J. (2016). Principles and utilization of combining ability in plant breeding. *Biometrics & Biostatistics International Journal,* 4(1), 1–24. doi: 10.15406/bbij.2016.04.00085.

2. Ali, Q., Ali, A., Awan, M. F., Tariq, M. et al. (2014) Combining ability analysis for various physiological, grain yield and quality traits of Zea mays L. *Life Science Journal*, 11 (8s), 540–551. URL: http://www.lifesciencesite.com.
3. Henderson, C. R. (1952). Specific and general combining ability. *Heterosis*, 352–370. Ames: Iowa State College Press.
4. Begna, T. (2021). Combining ability and heterosis in plant improvement. *Open Journal of Political Science,* 6(1), 108–117. doi:10.17352/ojps.
5. Romanus, K. G., Hussein, S. & Mashela, W. P. (2008). Combining ability analysis and association of yield and yield components among selected cowpea lines. *Euphytica,* 162, 205–210. doi: 10.1007/s10681-007-9512-5.
6. Makumbi, D., Betran, F. J., Banziger, M., & Ribaut, J. (2011). Combining ability, heterosis and genetic diversity in tropical maize (*Zea mays* L.) under stress and non-stress conditions. *Euphytica*, 180(2), 143–162. doi:10.1007/s10681-010-0334-5.
7. Badu-Apraku, B., Annor, B., Oyekunle, M., Akinwale, R. O. et al. (2015). Grouping of early maturing quality protein maize inbreds based on SNP markers and combining ability under multiple environments. *Field Crops Research,* 183, 169–183. doi: 10.1016/j.fcr.2015.07.015.
8. de Oliveira, A. L. B., Rodrigues, C. S., da Silva, G. A. P., Sawazaki, E. et al. (2022). Combining ability and potential of S_1 popcorn progenies for early selection. Acta Scientiarum. *Agronomy*, 44, e5519. doi: 10.4025/actasciagron.v44i1.55194.
9. Soni, N. V., Khanorkar, S. M., Shah, A. K., & Talati, J. G. (2014). Hybrid Vigour and Combining Ability for Yield and Quality Traits in Popcorn (*Zea mays var. everta). Indian Journal of Agricultural Biochemistry*, 27(2), 188–192. URL: https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijab&volume=27&issue=2&article=016.
10. Dehghanpour, Z., & Ehdaie, B. (2013). Stability of general and specific combining ability effects for grain yield in elite Iranian maize inbred lines. *Journal of Crop Improvement*, 27(2), 137–152. doi: 10.1080/15427528.2012.745822.
11. Bielikov Ye. I., Kuprichenkova T. H. (2016). Perspektyvni hibrydy rozlusnoi kukurudzy.[Promising popcorn hybrids]. Biuleten DU Instytutu silskoho hospodarstva stepovoi zony NAAN Ukrainy, 11. P. 103–106. [in Ukrainian].
12. Cañizares, L. D. C. C., da Silva Timm, N., Ramos, A. H., Neutzling, H. et al. (2020). Effects of moisture content and expansion method on the technological and sensory properties of white popcorn. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 22, 100282. doi:10.1016/j.ijgfs.2020.100282.
13. Hallauer, A. R. (2001). Specialty corn: CRC Press LLC, 205–240. URL:http://pustakapertanianub.staff.ub.ac.id/files/2012/12/Specialty-Corns.pdf.
14. Kamphorst, S. H., do Amaral Junior, A. T., de Lima, V. J., Santos, P. H. et al. (2020). Comparison of selection traits for effective popcorn (Zea mays L. var. everta) breeding under water limiting conditions. *Frontiers in Plant Science*, 11(1289), 1–18. doi:10.3389/fpls.2020.01289.
15. Vázquez-Carrillo, M. G., Santiago-Ramos, D., & de Dios Figueroa-Cárdenas, J. (2019). Kernel properties and popping potential of Chapalote, a Mexican ancient native maize. *Journal of Cereal Science*, 86, 69–76. doi:10.1016/j.jcs.2019.01.010.
16. D'Croz-Mason, N., & Waldren, R. P. (1978). G78-426 Popcorn Production. *Historical Materials from University of Nebraska-Lincoln Extension*. URL: https://digitalcommons.unl.edu/extensionhist/745.
17. Schmitt, K. F. M., Lima, V. J., do Amaral Júnior, A. T., Santos, J. S. et al. (2019). Combining ability of popcorn lines for resistance to the fungus Puccinia polysora (Pucciniaceae). *Genetics Molecular Research,* 18 (3). doi: 10.4238/gmr18330.
18. Jele, P., Derera, J., & Siwela, M. (2014). Assessment of popping ability of new tropical popcorn hybrids. *Ausrtalian joural of crop science*, 8 (6), 831–839. URL: https://www.researchgate.net/publication/288579325.
19. Li, Y. L., Dong, Y. B., Niu, S. Z., & Cui, D. Q. (2007). QTL for popping characteristics in popcorn. *Plant Breeding*, 126(5), 509–514. doi: 10.1111/j.1439-0523.2007.01372.
20. Santos, J. S., de Souza, Y. P., Vivas, M., do Amaral Junior, A. T. et al (2019). Genetic merit of popcorn lines and hybrids multiple foliar diseases and agronomic properties. *Functional Plant Breeding Journal*, 2(2), 33–47. doi:10.35418/2526-4117/v2n2a2.
21. Moterle, L. M., Braccini, A. L., Scapim, C. A., Pinto, R. J. B. et al. (2012). Combining ability of popcorn lines for seed quality and agronomic traits. *Euphytica*, 185(3), 337–347. doi: 10.1007/s10681-011-0458-2.
22. Arnhold, E., Mora, F., Silva, R. G., Good-God, P. I., & Rodovalho, M. A. (2009). Evaluation of top-cross popcorn hybrids using mixed linear model methodology. *Chilean journal of agricultural research*, 69(1), 46–53. doi: 10.4067/S0718-58392009000100006.
23. Uspadkovuvanist. [Heritability]. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki. [in Ukrainian].
24. Clóvis, L. R., Pinto, R. J. B., Uhdre, R. S., Rosa, J. C. et al. (2021). Overall heritability in popcorn estimated by meta-analysis. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 43. DOI: 10.4025/actasciagron.v43i1.53721.
25. Bhadru, D., Mallaiah, B., Swarnalatha, V., Sreelatha, D. et al. (2020). Study of genetic parameters for popping expansion ratio and yield traits in pop corn hybrids. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences*, 2(4), 671–674. URL: https://www.researchgate.net/profile/MallaiahBedika/publication/349393486.
26. Litun P. P., Kyrychenko V. V., Petrenkova V. P., Kolomatska, V. P. (2009). Systemnyi analiz v selektsii polovykh kultur: navch. posib. Instytut roslynnytstva im. V. Ya. Yur'ieva. [Institute of Plant Breeding named after V. Ya. Yuriev]. Kharkiv, N. p. [in Ukrainian].

Купріченков Д.С. Комбінаційна здатність нових ліній розлусної кукурудзи (*Zea mays L. everta Sturt.*)

Ефективність селекційної роботи з розлусною кукурудзою (*Zea mays everta Sturt.*) залежить від елітних ліній, на базі яких створюються конкурентоспроможні гібридів із високими технологічними показниками зерна. Об'ємне розширення зерна – важливий технологічний показник зерна розлусної кукурудзи. Метою дослідження було виявлення ліній розлусної кукурудзи з високою комбінаційною здатністю за ознаками «врожайність» і «об'ємне розширення зерна» та встановлення характеру успадкування цих ознак. Вихідним матеріалом для проведення досліджень були лінії розлусної кукурудзи, створені в лабораторії селекції кукурудзи харчового

напряму використання ДУ Інститут зернових культур НААН України. Для визначення комбінаційної здатності 46 нових ліній розлусної кукурудзи були схрещені із 4 тестерами. Вивчення 170 трьохлінійних гібридів проходило на Синельниківській селекційно-дослідній станції протягом 2021–2022 рр. За результатами проведених досліджень було встановлено, що гібриди розлусної кукурудзи мали високі потенціали врожайності й об'ємного розширення зерна. Стабільно високі значення ефектів загальної комбінаційної здатності (ЗКЗ) за врожайністю зерна були виявлені в лініях РС 19, РК 72, РП 36, РР 6, РР 7, ІКР 11-3, ІКР 11-9 та ІКР 15-2. Найбільша кількість ліній із високою ЗКЗ була отримана із гібрида Snow Puff Popcorn F1, а з низькою ЗКЗ – із сорту Japanese Hulless White Popcorn. Стабільно високі значення ефектів ЗКЗ за об'ємним розширенням зерна продемонстрували лінії РС 3, РК 7, РК 72, РП 72, ІКР 8-2, ІКР 36-3, ІКР 75-1. Гібриди Creme Puff Corn F1 і Pick and Pop Popcorn F1 були найкращим вихідним матеріалом для отримання ліній із високою ЗКЗ за об'ємним розширенням зерна, а найгіршим – сорт Red River Valley Popcorn. Стабільно високі ефекти ЗКЗ за обома ознаками були лише в лінії РК 72, що робить її незамінною для селекції конкурентних гібридів розлусної кукурудзи із високими технологічними показниками зерна. За результатами проведених досліджень було встановлено, що коефіцієнт успадковуваності Н2 (в широкому розумінні) за ознакою врожайність дорівнював 0,88 і 0,81, а за об'ємним розширенням зерна – 0,89 і 0,91, тоді, як коефіцієнт успадковуваності h2 (у вузькому розумінні) – 0,40 і 0,43 та 0,35 і 0,37, відповідно. Отже, спадкові чинники мають переважаючий вплив на фенотипову мінливість досліджуваних ознак, водночас об'ємне розширення зерна контролюється неадитивною дією генів, тоді, як на врожайність впливають адитивні й неадитивні генні чинники.

Ключові слова: розлусна кукурудза, лінія, комбінаційна здатність, врожайність, об'ємне розширення зерна, коефіцієнт успадковуваності

Kuprichenkov D.S. Combining ability of new popcorn lines (*Zea mays L. everta Sturt.*)

The effectiveness of selection work with popcorn (*Zea mays everta Sturt.*) depends on elite lines on the basis of which competitive hybrids with high technological indicators of grain are created. Popping expansion is an important technological indicator of popcorn grain. The aim of the study was to identify popcorn lines with high combining ability for the traits "yield" and "expansion" and establish heritability estimates of these traits. The starting material for conducting research was the popcorn lines created in the laboratory of corn selection for food use of the SE Institute of Grain Crops of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. To determine the combining ability, 46 new lines of popcorn were crossed with 4 testers. The study of 170 three-line hybrids took place at the Sinelnikovska, breeding and research station during 2021–2022. Based on the results of the conducted research, it was established that popcorn hybrids had high potential for yield and popping expansion. RS 19, RK 72, RP 36, RR 6, RR 7, IKR 11-3, IKR 11-9 and IKR 15-2 lines had stably high values of the effects of the total combining ability (GCA) by yield. The largest number of lines with a high GCA was obtained from the hybrid Snow Puff Popcorn F1, and with a low GCA was obtained from the Japanese Hulless White Popcorn variety. RS 3, RK 7, RK 72, RP 72, IKR 8-2, IKR 36-3, IKR 75-1 lines demonstrated stably high values of the effects of GCA by popping extension. The hybrids Creme Puff Corn F1 and Pick and Pop Popcorn F1 were the best source material for obtaining lines with a high GCA by popping expansion, while the Red River Valley Popcorn variety was the worst. Only the RK 72 line had consistently high effects of GCA on both traits, which makes it indispensable for the selection of competitive popcorn hybrids with high technological grain indicators. According to the results of the research, it was established that the heritability estimate H2 (in the broad sense) for the yield trait was equal to 0.88 and 0.81, and for popping expansion – 0.89 and 0.91, while the heritability estimate h2 (in the narrow sense) – 0.40 and 0.43 and 0.35 and 0.37, respectively. Therefore, hereditary factors have a predominant influence on the phenotypic variability of the investigated traits. It was established that the popping expansion of the grain is controlled by the non-additive effect of genes, at the same time, the yield is influenced by additive and non-additive genetic factors.

Key words: popcorn, line, combining ability, yield, popping expansion, heritability estimate.

УДК 631.559:633.111”324”:631.527.01(477.4)
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.24

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СТРУКТУРИ ВРОЖАЙНОСТІ В СОРТІВ ПШЕНИЦІ М’ЯКОЇ ОЗИМОЇ РІЗНИХ ЕКОТИПІВ В УМОВАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

ЛОЗІНСЬКИЙ М.В. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0002-6078-3209
Білоцерківський національний аграрний університет
САМОЙЛИК М.О. – здобувачка наукового ступеня доктора філософії
orcid.org/0000-0001-8576-5368
Білоцерківський національний аграрний університет

Постановка проблеми. Пшениця озима (*Triticum aestivum* L.) головна продовольча культура світового землеробства. Висока екологічна пластичність, здатність формувати врожаї в різних географічних зонах та кліматичних умовах, а найголовніше – відмінна харчова цінність зерна, сприяли поширенню пшениці, як основного продукту харчування для половини населення людства [1, 2]. В зростанні врожайності пшениці вагомим фактором є сортові ресурси, важливість яких у формуванні високопродуктивних посівів у різних ґрунтово-кліматичних умовах доведена багатьма науковими дослідженнями [3–5].

На фоні глобальних кліматичних змін [6] виробники зерна пшениці надають перевагу сортам найбільш пристосованим до умов нестійкого гідротермічного режиму, стресових ситуацій, із слабкою реакцією на регульовані і нерегульовані фактори зовнішнього середовища, високою адаптивністю та широкою агроекологічною пластичністю, що здатні формувати стабільно високий урожай [7]. Тому важливою складовою реалізації генетичного потенціалу у певних кліматичних умовах є підбір сортів з урахуванням їх біологічних особливостей [8, 9].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У створенні сучасних комерційних сортів пшениці м’якої озимої вирішальну роль відіграє добре вивчений різноманітний вихідний матеріал, який є важливою складовою практичної селекції. Селекційний процес підтверджує необхідність цілеспрямованого пошуку цінних батьківських форм з дослідженням їх біологічних властивостей і особливостей формування кількісних ознак продуктивності за певних ґрунтово-кліматичних умов [10, 11].

Сучасні селекційні програми пшениці м’якої озимої потребують постійного залучення нової генетичної плазми, без чого прогрес у селекції неможливий [12]. Для включення до селекційних програм кращого вихідного матеріалу для створення нових високоадаптивних та перспективних сортів пшениці м’якої озимої проводять всебічне вивчення різноманітних за еколого-географічним походженням зразків [13] з оцінкою екологічної пластичності за врожайністю [14, 15].

У процесі селекції пшениці м’якої озимої у різних наукових установах реалізуються завдання по створенню нових сортів. Водночас такі сорти мають істотні відмінності на формування яких впливає багато факторів: генетичні особливості вихідного матеріалу, методи проведення селекції, особливості екологічних умов проведення добору, а також досвід і професіоналізм селекціонерів. Тому сорти, зазвичай, мають чітку екологічну локалізацію, що покладено в основу державного сортовипробування і реєстрації сортів для певних агрокліматичних зон [2].

За екологічним методом сорти можна поділити на такі екотипи: лісостеповий, степовий і західноєвропейський. Сорти, які належать до цих екотипів створюються в установах, які розміщені у певних агроклімтичних зонах. Сорти різних екотипів мають відмінності за ознаками і властивостями при адаптації до конкретних екологічних умов, деякими господарськими характеристиками і морфологічними ознаками [2].

Рівень урожайності сорту визначається комплексним проявом ознак і властивостей [16, 17]. В онтогенезі пшениці важливе значення мають процеси росту і розвитку, які є основою формування зерна і всього урожаю. Кількість зерен обумовлена як генетичним потенціалом продуктивності колосу, так і нормою реакції генотипу на умови навколишнього середовища в період формування колосу, колосків і квіток під час цвітіння та запліднення [18].

Важливими елементами структури врожаю, є маса зерна з головного колоса і рослини, які як генетично детерміновані ознаки [19, 20] також обумовлюються факторами зовнішнього середовища, тому є досить варіабельними [21].

Метою досліджень було встановити особливості формування елементів структури врожайності в сортів пшениці м’якої озимої лісостепового, степового і західноєвропейського екотипів та виявити кращі генотипи для залучення у селекційну роботу.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проводили в умовах дослідного поля науково-виробничого центру Білоцерківського НАУ в 2021–2022 рр. Об’єктом досліджень були сорти пшениці м’якої озимої: Квітка полів, Зорепад білоцерківський (Зорепад бц.), Калинова, Мадярка і Лісова пісня – лісостеповий екотип; Гармонія одеська (Гармонія од.), Знахідка одеська (Знахідка од.) і Ластівка одеська (Ластівка од.) – степовий екотип; Мулан, Актер, Фіделіус і Акратос – західноєвропейський екотип.

Біометричні аналізи проводили загальноприйнятими методами за середнім зразком 25 рослин у триразовій повторності. Визначали середнє арифметичне

досліджуваних кількісних ознак ($\bar{x}$). Для оцінки їх мінливості використовували розмах варіювання показників (min–max), дисперсію (S^2). Для інтерпретації коефіцієнта варіації (Cv) використали шкалу [22, 23]: Cv≤5 % – слабка варіація, 6≤Cv≤10 % – помірна, 11≤Cv≤20 % – значна, 21 ≤ Cv≤50 % – велика, Cv≥51 % – дуже велика. Гомеостатичність (Hom) розраховували за В. В. Хангільдіним і М. А. Литвиненком [24].

Результати досліджень. Нами встановлено, що сорти пшениці м'якої озимої лісостепового, степового і західноєвропейського екотипів у 2021–2022 рр. значно різнилися за кількістю зерен у головному колосі. Так, у 2021 р. кількість зерен у колосі формувалась на рівні 34,2–62,3 шт. із достовірним перевищенням середнього по генотипах показника (46,0 шт.) у сорту Мадярка (+4,7 шт.), Гармонія одеська (+2,1 шт.) та всіх сортів західноєвропейського екотипу від 4,2 шт. у Фіделіус до 16,3 шт. у Акратос (табл. 1).

У 2022 р. кількість зерен у головному колосі становила 33,2– 54,4 шт. Сорти Зорепад білоцерківський, Лісова пісня, Знахідка одеська і Фіделіус мали більші показники в порівнянні з 2021 р. Достовірне перевищення над середнім по сортах (41,7 шт.) за кількістю зерен у колосі встановили у Фіделіус (+12,7 шт.), Зорепад білоцерківський (+8,6 шт.), Мулан (+3,8 шт.), Акратос (+2,3 шт.) та Актер (+1,2 шт.).

За рівнем мінливості кількості зерен (1,2–18,3 шт.) у 2021–2022 рр. досліджувані сорти поділили на три групи. До першої групи з незначним варіюванням кількості зерен (1,2–6,9 шт.) віднесли сорти: Квітка полів, Знахідка одеська, Лісова пісня, Фіделіус, Зорепад білоцерківський, Мулан, Калинова, Ластівка одеська. Коефіцієнт варіації в цих сортів, за виключенням Калинова (Cv = 9,3 %), Ластівка одеська (Cv = 10,4 %) був слабким. Другу групу з мінливістю (9,0–10,7 шт. зерен) сформували сорти Мадярка, Актер, Гармонія одеська за коефіцієнта варіації 10,4 %, 11,1 % і 14,0 % відповідно. До третьої групи з амплітудою 18,3 шт. зерен і найбільшим значним коефіцієнтом варіації (Cv = 18,7 %) віднесли сорт Акратос.

Як зазначають науковці [25, 26] за коефіцієнтом варіації, який вказує на величину відхилення відносно середнього значення, можна оцінювати стабільність сортів і селекційних ліній пшениці м'якої озимої залежно від впливу різних чинників.

Для більш детальної оцінки формування кількісних ознак у сортів ми застосували показник гомеостатичності, який використовується у дослідженнях багатьох культур і дає можливість визначити норму реакції генотипу за елементами продуктивності на лімітуючі фактори довкілля. Високі показники гомеостатичності характерні для сортів із стабільним проявом досліджуваних ознак [27–29].

Нами встановлено, що найбільшу гомеостатичність (Hom = 2332) за формування кількості зерен у головному колосі мав сорт Квітка полів. Найменшу гомеостатичність (Hom = 283–445) визначили у сортів Мадярка, Калинова, Актер, Ластівка одеська та Гармонія одеська. В сортів Фіделіус, Мулан, Зорепад білоцерківський, Знахідка одеська, Лісова пісня показники гомеостатичності (Hom = 1243–697) були середніми.

За кількістю зерен із рослини в середньому за 2021–2022 рр. у досліджуваних сортів встановлена значна диференціація показника від 52,2 шт. (Знахідка одеська) до 94,5 шт. – Фіделіус. За виключенням сорту Лісова пісня всі інші генотипи мали більшу кількість зерен із рослини у 2021 р. із достовірним перевищенням над середнім по досліду (85,2 шт.) в сортів лісостепового екотипу – Зорепад білоцерківський (+14,3 шт.) і Мадярка (+10,9 шт.), степового екотипу – Гармонія

Таблиця 1

Кількість зерен (шт.) у головному колосі

Сорт	2021 р.	2022 р.	Середнє за 2021–2022 рр.			
	$\bar{x}$		$\bar{x}$	Lim, шт. min–max	S^2	Cv, %
лісостеповий екотип						
Квітка полів	41,0	39,8	40,4	39,7–41,3	0,47	1,7
Зорепад бц.	45,4	50,3	47,9	45,3–51,6	7,15	5,6
Калинова	43,2	36,4	39,8	36,1–43,4	13,77	9,3
Мадярка	50,7	41,7	46,2	39,0–50,7	23,08	10,4
Лісова пісня	34,7	38,1	36,4	34,7–38,4	3,43	5,1
степовий екотип						
Гармонія од.	48,1	37,4	42,8	36,8–48,5	35,89	14,0
Знахідка од.	34,2	36,9	35,6	34,2–38,2	2,16	4,1
Ластівка од.	40,1	33,2	36,7	32,1–40,4	14,72	10,4
західноєвропейський екотип						
Мулан	50,4	45,5	48,0	45,3–50,5	6,94	5,5
Актер	52,2	42,9	47,6	42,5–52,4	27,67	11,1
Фіделіус	50,2	54,4	52,3	50,0–54,6	4,71	4,1
Акратос	62,3	44,0	53,2	43,9–62,4	99,04	18,7
$НІР_{05}$	1,84	1,44				

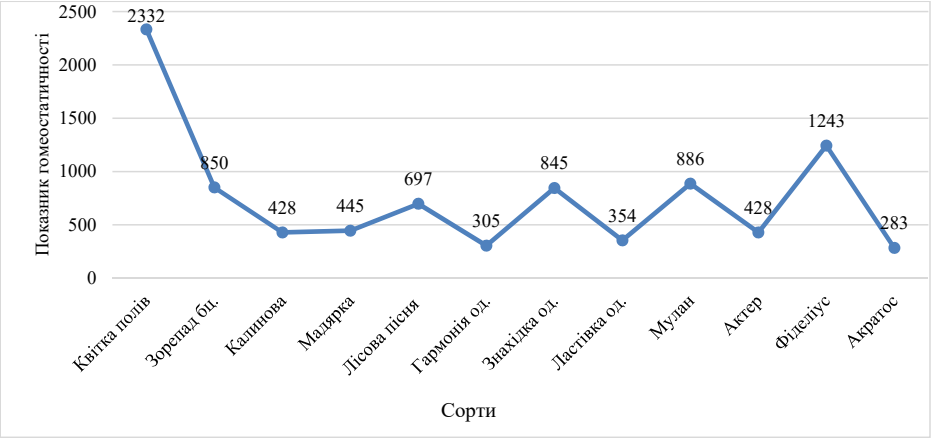


Рис. 1. Гомеостатичність за кількістю зерен у головному колосі

одеська (+1,9 шт.) і всіх сортів західноєвропейського екотипу від 6,6 шт. зерен у Мулан до 18,1 шт. зерен – Актер (табл. 2).

У 2022 р. середній по генотипах показник (63,6 шт.) достовірно перевищили сорти – Фіделіус (+27,9 шт.), Зорепад білоцерківський (+14,4 шт.), Актер (+2,7 шт.) і Мадярка (+2,1 шт.).

За мінливості кількості зерен із рослини в межах 1,4–37,2 шт. в 2021–2022 рр. у першу групу ввійшли сорти Знахідка одеська, Лісова пісня і Фіделіус із варіабельністю 1,4, 3,6, 6,0 шт. зерен відповідно. До другої групи віднесли сорти Ластівка одеська, Зорепад білоцерківський, Квітка полів за мінливості у них кількості зерен 20,3, 21,5, 24,0 шт. відповідно. Найбільший розмах варіювання кількості зерен з рослини (27,7–37,2 шт.) мали сорти Мулан, Калинова, Гармонія одеська, Мадярка, Актер і Акратос.

Слабкі коефіцієнти варіації за кількістю зерен із рослини визначили в сортів Знахідка одеська (Cv = 1,4 %), Лісова пісня (Cv = 3,4 %) та Фіделіус (Cv = 3,5 %), за найвищих показників гомеостатичності 3406, 1680, 2706 відповідно (рис. 2), що свідчить про їх високу адаптивну здатність. Середню стабільність досліджуваної ознаки за гомеостатичністю визначили у сортів Зорепад білоцерківський (Hom = 636), Квітка полів (Hom = 409), Мулан (Hom = 403) з значним коефіцієнтом варіації Cv = 14,0–19,4 %. Найменшу гомеостатичність (Hom = 313–392) та великий коефіцієнт варіації (Cv = 20,7–25,2 %) встановили у Мадярка, Актер, Гармонія одеська, Калинова і Ластівка одеська.

В середньому за два роки маса 1000 зерен із головного колосу в досліджуваних сортів змінювалась від 35,06 г (Знахідка одеська) до 46,73 г – Квітка полів. У 2021 р. достовірне перевищення над середньою по

Таблиця 2

Кількість зерен (шт.) із рослини

Сорт	2021 р.	2022 р.	Середнє за 2021–2022 рр.			
	$\bar{x}$		$\bar{x}$	Lim, шт. min–max	S^2	Cv, %
лісостеповий екотип						
Квітка полів	85,2	61,2	73,2	61,1–85,5	172,84	18,0
Зорепад бц.	99,5	78,0	88,8	75,1–99,7	152,59	14,0
Калинова	85,8	57,6	71,7	57,4–85,8	238,58	21,5
Мадярка	96,1	65,7	80,9	65,4–96,3	279,72	20,7
Лісова пісня	54,7	58,3	56,5	54,5–58,3	3,70	3,4
степовий екотип						
Гармонія од.	87,1	58,3	72,7	58,1–87,3	249,43	21,7
Знахідка од.	52,9	51,5	52,2	51,4–53,0	0,59	1,4
Ластівка од.	69,0	48,7	58,9	48,5–69,2	124,05	19,0
західноєвропейський екотип						
Мулан	91,8	64,1	78,0	64,1–92,1	229,66	19,4
Актер	103,3	66,3	84,8	66,1–103,4	410,71	23,9
Фіделіус	97,5	91,5	94,5	91,3–97,6	10,93	3,5
Акратос	99,7	62,5	81,1	62,3–100,0	415,94	25,2
$НІР_{05}$	1,51	2,07				

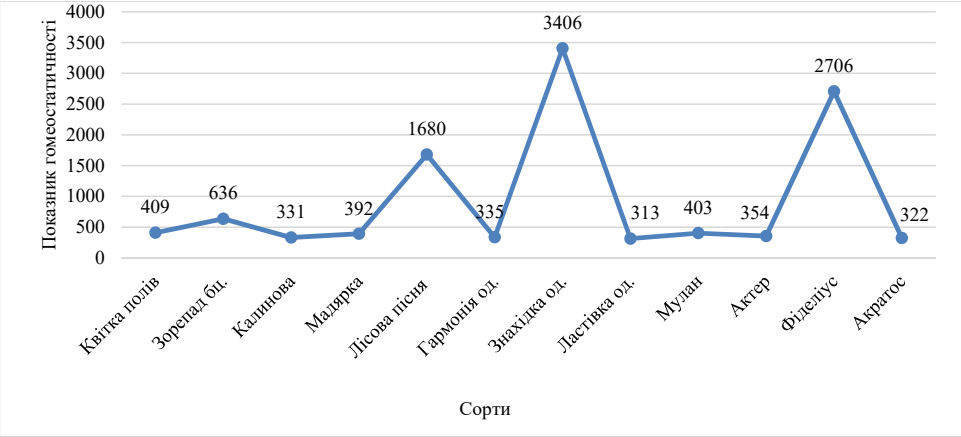


Рис. 2. Гомеостатичність за кількістю зерен із рослини

досліду масою 1000 зерен із колоса (40,52 г) визначили у сортів Квітка полів (+10,94 г), Мадярка (+7,73 г), Мулан (+4,2 г), Ластівка одеська (+2,32 г). Достовірно більшу середньої (39,88 г) масу 1000 зерен у 2022 р. формували всі сорти лісостепового екотипу (41,24–45,21 г) і Ластівка одеська (43,16 г) – степовий екотип.

За варіабельності (0,12–10,3 г) маси 1000 зерен із головного колосу в роки досліджень до першої групи ввійшли сорти в яких розмах мінливості не перевищував 3,5 г, а саме Зорепад білоцерківський (0,12 г), Ластівка одеська (0,32 г), Калинова (0,5 г), Акратос (0,73 г), Фіделіус (2,0 г) і Мадярка (3,04 г). До другої групи віднесли сорт Актер західноєвропейського екотипу з мінливістю показника – 4,14 г. Сорти, які склали третю групу характеризувались найбільшою варіабельністю – Знахідка одеська (7,2 г), Гармонія одеська (7,27 г), Квітка полів (9,79 г) і Лісова пісня (10,3 г) (табл. 3).

За показником гомеостатичності (рис. 3) при формуванні маси 1000 зерен із головного колосу виділили сорти Ластівка одеська (Hom = 9245), Зорепад білоцерківський (Hom = 8282), Калинова (Hom = 5760) і Акратос (Hom = 3901). Коефіцієнт варіації в цих сортів був слабким Cv = 0,2–1,0 %. Значно меншу гомеостатичність визначили у сортів Фіделіус (Hom = 1394), Мадярка (Hom = 1283), Актер (Hom = 557), Мулан (Hom = 434) із слабким та помірним коефіцієнтом варіації Cv = 2,9–9,6 %. В усіх інших генотипів визначений найменший показник гомеостатичності (Hom = 239–402) за значного коефіцієнту варіації Cv = 10,8–15,3 %.

За формування маси 1000 зерен із рослини досліджувані сорти пшениці м'якої озимої в середньому за два роки значно диференціювалися: 34,77 г (Актер), 45,69 г – Квітка полів.

Таблиця 3

Маса 1000 зерен (г) із головного колосу

Сорт	2021 р.	2022 р.	Середнє за 2021–2022 рр.			
	$\bar{x}$		$\bar{x}$	Lim, г min–max	S^2	Cv, %
лісостеповий екотип						
Квітка полів	51,46	41,67	46,57	41,63–51,63	28,8	11,5
Зорепад бц.	40,64	40,76	40,70	40,57–40,79	0,03	0,2
Калинова	41,32	41,82	41,57	40,98–41,88	0,11	0,8
Мадярка	48,25	45,21	46,73	45,16–48,78	2,83	4,0
Лісова пісня	31,21	41,24	36,23	30,98–42,15	30,66	15,3
степовий екотип						
Гармонія од.	40,58	33,31	36,95	33,25–40,98	15,91	10,8
Знахідка од.	31,46	38,66	35,06	31,15–38,73	15,49	11,2
Ластівка од.	42,84	43,16	43,00	42,64–43,18	0,04	0,5
західноєвропейський екотип						
Мулан	44,72	37,56	41,14	37,36–45,20	15,52	9,6
Актер	33,73	37,87	35,80	33,54–37,98	5,16	6,3
Фіделіус	40,16	38,16	39,16	38,11–40,43	1,27	2,9
Акратос	39,86	39,13	39,50	39,04–39,95	0,17	1,0
$НІР_{05}$	0,55	0,53				

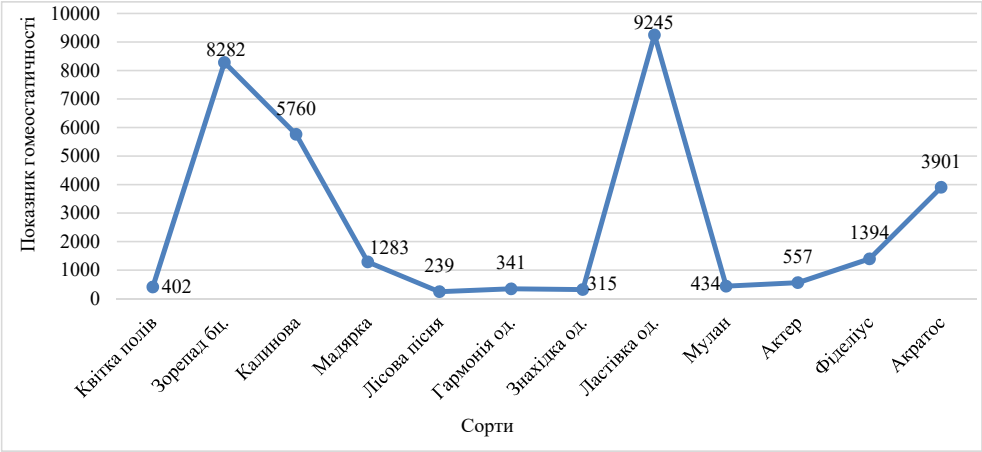


Рис. 3. Гомеостатичність за масою 1000 зерен із головного колосу

Середню по досліду масу 1000 зерен з рослини в 2021 р. (39,34 г) достовірно перевищили – Квітка полів (+10,25 г), Мадярка (+6,27 г), Мулан (+4,86 г) і Ластівка одеська (+3,31 г). У 2022 р. середня по сортах (38,92 г) маса 1000 зерен із рослини була меншою, але більші її показники в порівнянні з 2021 р. визначили в сортів Актер, Знахідка одеська, Лісова пісня і Акратос. Достовірно вищу середньої масу 1000 зерен у 2022 р. формували сорти Мадярка (+5,08 г), Калинова (+2,95 г), Квітка полів (+2,87 г), Лісова пісня (+2,47 г), Ластівка одеська (+1,52 г) (табл. 4).

За мінливості маси 1000 зерен із рослини (0,12–11,02 г) у 2021–2022 рр. до першої групи ввійшли: Акратос, Мадярка, Калинова, Зорепад білоцерківський, Ластівка одеська та Фіделіус із розмахом варіювання 0,12–2,21 г. Сорти Актер, Гармонія одеська і Знахідка одеська сформували другу групу за варіабельності показника 4,97 г, 6,27, 7,12 г відповідно. Третю групу склали сорти Квітка полів, Лісова пісня і Мулан із варіабельністю 7,80 г, 7,86, 11,01 г відповідно. За виключенням сортів Лісова пісня (Cv = 16,8 %), Знахідка одеська (Cv = 11,2 %) усі інші генотипи мали слабкі та помірні коефіцієнти варіації маси 1000 зерен із рослини.

За показником гомеостатичності маси 1000 зерен із рослини виділився сорт Фіделіус – Hom = 7516. Високі значення гомеостатичності (Hom = 2231–1043) визначили в сортів Мадярка, Калинова, Ластівка одеська, Зорепад білоцерківський і Фіделіус. Інші досліджувані сорти мали значно меншу гомеостатичність – 234–486 (рис. 4).

Висновки. 1. Виділені сорти лісостепового екотипу – Зорепад білоцерківський, західноєвропейського – Фіделіус та Мулан, які формували в середньому за два роки достовірно більшу за середню по досліду (43,9 шт.)

Таблиця 4

Маса 1000 зерен (г) із рослини

Сорт	2021 р.	2022 р.	Середнє за 2021–2022 рр.			
	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	Lim, г min–max	S^2	Cv, %
лісостеповий екотип						
Квітка полів	49,59	41,79	45,69	41,68–50,01	18,42	9,4
Зорепад бц.	38,70	36,73	37,72	36,63–38,81	1,17	2,9
Калинова	39,94	41,87	40,91	39,56–41,93	1,17	2,6
Мадярка	45,61	44,00	44,81	44,22–45,80	0,92	2,1
Лісова пісня	30,38	41,39	35,89	30,18–41,73	36,45	16,8
степовий екотип						
Гармонія од.	39,36	33,09	36,23	33,16–39,60	11,86	9,5
Знахідка од.	31,26	38,38	34,82	30,95–38,75	15,30	11,2
Ластівка од.	42,65	40,44	41,55	40,25–43,10	1,55	3,0
західноєвропейський екотип						
Мулан	44,20	36,34	40,27	36,12–44,65	15,48	9,7
Актер	32,28	37,25	34,77	31,95–37,48	7,47	7,9
Фіделіус	39,44	36,98	38,21	36,84–40,05	1,94	3,6
Акратос	38,71	38,83	38,77	38,40–39,03	0,05	0,6
$НІР_{05}$	0,64	0,45				

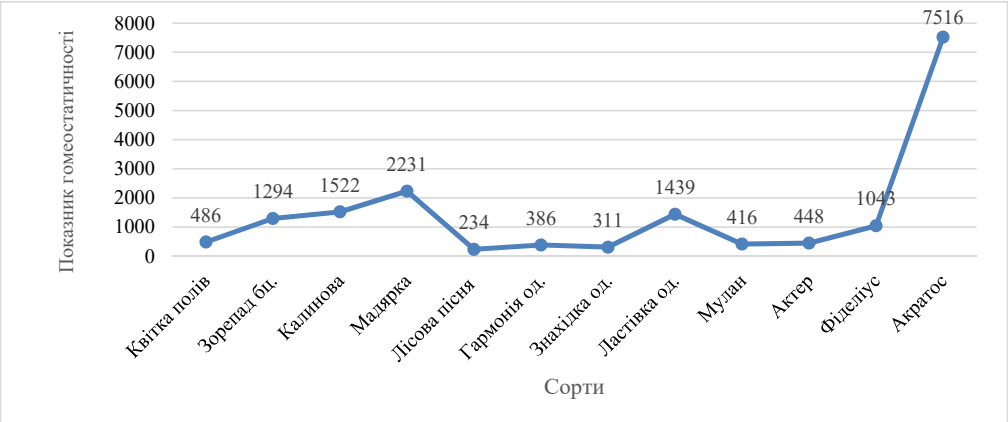


Рис. 4. Гомеостатичність за масою 1000 зерен із рослини

кількість зерен у головному колосі за слабкого коефіцієнту варіації і високих значень гомеостатичності 850, 1243, 886 відповідно. 2. Сорти Фіделіус і Зорепад білоцерківський достовірно перевищували середню по досліду кількість зерен із рослини (74,4 шт.) за слабкого і значного коефіцієнту варіації з високою гомеостатичністю 2706 і 636 відповідно. 3. За масою 1000 зерен із головного колосу виділені сорти Ластівка одеська – степовий екотип, Калинова і Мадярка – лісостеповий екотип, із достовірним перевищенням середнього по досліду показника (40,20 г), слабким коефіцієнтом варіації та високим показником гомеостатичності – 9245, 5760 і 1283 відповідно. 4. Достовірне перевищення над середньою (39,14 г) масою 1000 зерен із рослини за роки досліджень визначено в сортів: Мадярка, Ластівка одеська, Квітка полів із слабким та помірним коефіцієнтом варіації та високою гомеостатичністю 2231, 1439, 486 відповідно.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Lozinskyi M., Ustynova H., Grabovska T. et. al. Manifestation of heterosis and degree of phenotypic dominance by the number of grains from the main ear in the hybridisation of different early-maturing varieties of soft winter wheat. *Scientific Horizons*. 2021. Vol. 24. № 11. P. 28–37. DOI: 10.48077/scihor.24(11).2021.28-37.
2. Литвиненко М. А. Реалізація потенціалу пшеничного поля. *Насінництво*. 2011. № 6. С. 1–7.
3. Shewry P. R., Mitchell R. A. C., Tosi P. An integrated study of grain development of wheat (cv. Hereward). *Journal of Cereal Science*. 2012. № 56. P. 21– 30. DOI: 10.1016/j.jcs.2011.11.007.
4. Jaskulska I., Jaskulski D., Gałęzewski L., Knapowski T., Kozera W., Wacławowicz R. Mineral composition and baking value of the winter wheat grain under varied environmental and agronomic conditions. *Journal of Chemistry*. 2018. No. 5013825. DOI: 10.1155/2018/5013825.
5. Egamov I. U., Siddikov R. I., Rakhimov T. A., Yusupov N. K. Creation of high-yielding winter wheat varieties with high yield and grain quality suitable for irrigated conditions. *International Journal of Modern Agriculture*. 2021. № 10(2). P. 2491–2506.
6. Просунко В. М. Як впливатиме зміна клімату на рослинництво (прогнози вчених). *Селекція і насінництво*. 2006. № 93. С. 3–20.
7. Собко М. Г., Глупак З. І., Крючко Л. В., Бутенко А. О. Формування врожайності та якості зерна сучасних сортів пшениці озимої різних за географічним походженням. *Аграрні інновації*. 2022. № 12. С. 60–69. DOI: 10.32848/agrar.innov.2022.12.10
8. Etten J., Sousa K., Aguilar A., Steinke J. Crop variety management for climate adaptation supported by citizen science. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2019. № 116(10). P. 4194–4199. DOI: 10.1073/pnas.1813720116
9. Лозінський М. В., Бурденюк-Тарасевич Л. А. Вплив гідротермічних умов на формування продуктивної кущистості *T. aestivum* L. озимої за гібридизації різних екотипів. *Сучасні проблеми ведення сільського господарства та підготовки фахівців аграрного профілю*: матеріали міжнар. наук.-практ. конф.: (м. Біла Церква, 15 лютого 2018 р.). Біла Церква, 2018. С. 17–18.
10. Моцний І. І. та ін. Результати використання інтрогресивних генотипів при створенні донорів стійкості до борошнистої роси, видів іржі та інших ознак у пшениці м'якої. *Селекція і насінництво*. 2020. Вип. 117. С. 119–138. DOI: 10.30835/2413–7510.2020.207004
11. Гуменюк О. В. Створення вихідного селекційного матеріалу озимої пшениці з використанням світової колекції: автореф. дис … канд. с.-г. наук: 06.01.06. Київ, 2016. 25 с.
12. Рибалка О. І., Поліщук С. С., Моргун Б. В. Нові напрями в селекції зернових культур на якість зерна. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 11. С. 120–133.
13. Ярош А. В., Рябчун В. К. Адаптивність озимої м'якої пшениці за параметрами гомеостатичності та селекційної цінності. *Генетичні ресурси рослин*. 2021. № 28. С. 36–47. DOI: 10.36814/pgr.2021.28.03
14. Кочмарський В. С., Замліла Н. П., Вологдіна Г. Б. Гуменюк О. В., Волощук С. І. Рівень адаптивності перспективних ліній пшениці м'якої озимої в умовах Лісостепу України. *Миронівський вісник*. 2016. Вип. 2. С. 98–116.
15. Солонечний П. М. Оцінка адаптивної здатності та стабільності сортів ячменю ярого за продуктивністю.

Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2014. № 4. С. 48–53.
16. Бурденюк-Тарасевич Л. А., Лозінський М. В. Зернова продуктивність ліній пшениці м'якої озимої, отриманих від схрещування батьківських форм різного еколого географічного походження. *Агробіологія*. 2014. № 1(109). С. 11 –16.
17. Дубовик Н. С., Гуменюк О. В., Кириленко В. В. Довжина головного колоса у гібридів F_1 *Triticum aestivum* L., створених за участі носіїв пшенично-житніх транслокацій. *Миронівський вісник*. 2017. № 5. С. 56–69.
18. Лозінський М. В., Устинова Г. Л. Фенотипова і генотипова мінливість кількості зерен з головного колосу у сортів пшениці м'якої озимої різних груп стиглості. *Молодих вчених і спеціалістів*: матеріали VIII міжнар. наук.-практ. конф., (с. Центральне, 24 квітня 2020 р.). с. Центральне, 2020. С. 62.
19. Лихочвор В. В. Продуктивность и структура урожая озимой пшеницы. *Зерно*. 2008. № 7. С. 24–28.
20. Лозінська Т. Успадкування та трансгресивна мінливість маси зерна колоса у F_1 і F_2 пшениці ярої. *ΛΌГОΣ.* 2019. № 4. С. 129–131.
21. Лозінська Т. П. Формування елементів продуктивності нових сортів пшениці м'якої ярої в умовах Лісостепу України. *Агробіологія*. Вип. 10(100). 2013. С. 22–25.
22. Опря А. Т., Дорогань-Писаренко Л. О., Єгорова О. В., Кононенко Ж. А. Статистика (модульний варіант з програмованою формою контролю знань). 2-ге вид., перероб. і допов. Київ : Центр учбової літератури, 2014. 536 с.
23. Купалова Г. І. Теорія економічного аналізу. Київ : Знання, 2008. 639 с.
24. Хангильдин В. В., Литвиненко М. А. Гомеостатичность и адаптивность сортов озимой пшеницы. Науч.-техн. бюл. ВСГИ. Одесса, 1981. Вып. 39. С. 8–14.
25. Koppel R., Ingver A., Ardel P. et al. The variability of yield and baking quality of wheat and suitability for export from Nordic–Baltic conditions. Acta Agriculturae Scandinavica. 2020. Vol. 70. Iss. 8. P. 628–639. DOI: 10.1080/09064710.2020.1829025.
26. Rachoń L., Bobryk-Mamczarz A., Kiełtyka-Dadasiewicz A. Hulled wheat productivity and quality in modern agriculture against conventional wheat species. Agriculture. 2020. Vol. 10(7). P. 275–289. DOI: 10.3390/agriculture10070275
27. Демидов О. А., Хоменко С. О., Чугункова Т. В., Федоренко І. В. Урожайність та гомеостатичність колекційних зразків пшениці ярої. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 9(798). С. 47–51. DOI:10.31073/agrovisnyk201909-07.
28. Бурденюк-Тарасевич Л. А., Дубова О. А., Хахула В. С. Оцінка адаптивної здатності сортів пшениці м'якої озимої в умовах Лісостепу України. *Селекція і насінництво*. 2012. Вип. 101. С. 3–11.
29. Манько К. М., Музафаров Н. М., Цехмейструк М. Г. Екологічна пластичність сучасних сортів ячменю ярого залежно від фонів живлення. *Селекція і насінництво*. 2012. Вип. 101. С. 264–271.

REFERENCES:

1. Lozinskyi, M., Ustynova, H., & Grabovska, T. et al. (2021). Manifestation of heterosis and degree of phenotypic dominance by the number of grains from the main ear in the hybridisation of different early-maturing varieties of soft winter wheat. *Scientific Horizons*. 24(11). 28–37. DOI: 10.48077/scihor.24(11).2021.28-37.
2. Lytvynenko, M.A. (2011). Realizatsiia potentsialu pshenychnoho polia. [Realization of the potential of the wheat field]. *Seed production*. 6. 1–7. [in Ukrainian].
3. Shewry, P.R., Mitchell, R.A.C. & Tosi, P. (2012). An integrated study of grain development of wheat (cv. Hereward). *Journal of Cereal Science*. 56. 21–30. DOI: 10.1016/j.jcs.2011.11.007.
4. Jaskulska, I., Jaskulski, D., Gałęzewski, L., Knapowski, T., Kozera, W. & Wacławowicz, R. (2018). Mineral composition and baking value of the winter wheat grain under varied environmental and agronomic conditions. *Journal of Chemistry*. No. 5013825. DOI: 10.1155/2018/5013825.
5. Egamov, I.U., Siddikov, R.I., Rakhimov, T.A., & Yusupov, N.K. (2021). Creation of high-yielding winter wheat varieties with high yield and grain quality suitable for irrigated conditions. *International Journal of Modern Agriculture*. 10(2). 2491–2506.
6. Prosunko, V.M. (2006). Yak vplyvatyme zmina klimatu na roslynnytstvo (prohnozy vchenykh). [How climate change will affect crop production (scientists forecasts)]. *Breeding and seed production*. 93. 3–20. [in Ukrainian].
7. Sobko, M.H., Hlupak, Z.I., Kriuchko, L.V. & Butenko, A.O. (2022). Formuvannia vrozhainosti ta yakosti zerna suchasnykh sortiv pshenytsi ozymoi riznykh za heohrafichnym pokhodzhenniam. [Formation of yield and grain quality of modern varieties of winter wheat of different geographical origins]. *Agrarian innovations*. 12. 60–69. DOI: 10.32848/agrar.innov.2022.12.10. [in Ukrainian].
8. Etten, J., Sousa, K., Aguilar, A. & Steinke, J. (2019). Crop variety management for climate adaptation supported by citizen science. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 116(10). 4194–4199. DOI: 10.1073/pnas.1813720116.
9. Lozinskyi, M.V., Burdeniuk-Tarasevych, L.A. (2018). Vplyv hidrotermichnykh umov na formuvannia produktyvnoi kushchystosti *T. aestivum* L. ozymoi za hibrydyzatsii riznykh ekotypiv. [The influence of hydrothermal conditions on the formation of productive bushiness of *T. aestivum* L. winter under the hybridization of different ecotypes]. 17–18. [in Ukrainian].
10. Motsnyi, I.I. et al. (2020). Rezultaty vykorystannia introhresyvnykh henotypiv pry stvorenni donoriv stiikosti do boroshnystoi rosy, vydiv irzhi ta inshykh oznak u pshenytsi miakoi. [Results of the use of introgressive genotypes in the creation of donors of resistance to powdery mildew, types of rust and other traits in common wheat]. *Breeding and seed production*. 117. 119–138. DOI: 10.30835/2413-7510.2020.207004. [in Ukrainian].
11. Humeniuk, O.V. (2016). Stvorennia vykhidnoho selektsiinoho materialu ozymoi pshenytsi z vykorystanniam svitovoi kolektsii. (abstract dis...cand. s.-g. sciences) [Creation of initial breeding material of winter wheat using the world collection] Institute of bioenergy crops and sugar beets. 25. [in Ukrainian].
12. Rybalka, O.I., Polishchuk, S.S. & Morhun, B.V. (2018). Novi napriamy v selektsii zernovykh kultur na yakist zerna. [New directions in the selection of grain crops for grain quality]. *Herald of Agrarian Science.* 11. 120–133. [in Ukrainian].

13. Yarosh, A.V. & Riabchun, V.K. (2021). Adaptyvnist ozymoi miakoi pshenytsi za parametramy homeostatychnosti ta selektsiinoi tsinnosti. [Adaptability of winter soft wheat according to homeostatic parameters and breeding value]. *Genetic resources of plants.* 28. 36–47. DOI: 10.36814/pgr.2021.28.03. [in Ukrainian].
14. Kochmarskyi, V.S., Zamlila, N.P., Volohdina, H.B., Humeniuk, O.V. & Voloshchuk, S.I. (2016). Riven adaptyvnosti perspektyvnykh linii pshenytsi miakoi ozymoi v umovakh Lisostepu Ukrainy. [The level of adaptability of promising lines of soft winter wheat in the conditions of the forest-steppe of Ukraine]. *Myronivsky herald*. 2. 98–116. [in Ukrainian].
15. Solonechnyi, P.M. (2014). Otsinka adaptyvnoi zdatnosti ta stabilnosti sortiv yachmeniu yaroho za produktyvnistiu. [Assessment of adaptive capacity and stability of spring barley varieties in terms of productivity]. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*. 4. 48–53. [in Ukrainian].
16. Burdeniuk-Tarasevych, L.A. & Lozinskyi, M.V. (2014). Zernova produktyvnist linii pshenytsi miakoi ozymoi, otrymanykh vid skhreshchuvannia batkivskykh form riznoho ekoloho heohrafichnoho pokhodzhennia. [Grain productivity of soft winter wheat lines obtained from crossing parental forms of different ecological and geographical origins]. *Agrobiology.* 1(109). 11–16. [in Ukrainian].
17. Dubovyk, N.S., Humeniuk, O.V. & Kyrylenko, V.V. (2017). Dovzhyna holovnoho kolosa u hibrydiv F_1 *Triticum aestivum* L., stvorenykh za uchasti nosiiv pshenychnozhytnikh translokatsii. [The length of the head ear in F_1 *Triticum aestivum* L. hybrids created with the participation of carriers of wheat-rye translocations]. *Myronivsky herald.* 5. 56–69. [in Ukrainian].
18. Lozinskyi, M.V. & Ustynova, H.L. (2020). Fenotypova i henotypova minlyvist kilkosti zeren z holovnoho kolosu u sortiv pshenytsi miakoi ozymoi riznykh hrup styhlosti. [Phenotypic and genotypic variability of the number of grains from the main ear in soft winter wheat varieties of different maturity groups]. w. Central. 62. [in Ukrainian].
19. Lykhochvor, V.V. (2008). Produktyvnost y struktura urozhaia ozymoi pshenytsы. [Productivity and crop structure of winter wheat]. Corn. 7. 24–28.
20. Lozinska, T. (2019). Uspadkuvannia ta transhresyvna minlyvist masy zerna kolosa u F_1 i F_2 pshenytsi yaroi. [Inheritance and transgressive variability of ear grain weight in F_1 and F_2 spring wheat]. *ΛΌΓΟΣ.* 4. 129–131. [in Ukrainian].
21. Lozinska, T.P. (2013). Formuvannia elementiv produktyvnosti novykh sortiv pshenytsi miakoi yaroi v umovakh Lisostepu Ukrainy. [Formation of productivity elements of new varieties of soft spring wheat in the conditions of the forest-steppe of Ukraine]. *Agrobiology.* 10(100). 22–25. [in Ukrainian].
22. Opria, A.T., Dorohan-Pysarenko, L.O., Yehorova, O.V. & Kononenko, Zh.A. (2014). Statystyka (modulnyi variant z prohramovanoiu formoiu kontroliu znan).[Statistics (modular version with a programmable form of knowledge control)]. Center of educational literature. Kyiv. 536. [in Ukrainian].
23. Kupalova, H.I. (2008). Teoriia ekonomichnoho analizu. [Theory of economic analysis]. Kyiv*: Knowledge.* 639. [in Ukrainian].
24. Khanhyldyn, V.V. & Lytvynenko, M.A. (1981). Homeostatychnost y adaptyvnost sortov ozymoi pshenytsy. [Homeostaticity and adaptability of winter wheat varieties]. Scientific-technical bul. WSGI. Odessa. 39. 8–14. [in Ukrainian].
25. Koppel, R., Ingver, A. & Ardel, P. et al. (2020). The variability of yield and baking quality of wheat and suitability for export from Nordic–Baltic conditions. Acta Agriculturae Scandinavica. 70(8) 628–639. DOI: 10.1080/09064710.2020.1829025
26. Rachoń, L., Bobryk-Mamczarz, A. & Kiełtyka-Dadasiewicz, A. (2020). Hulled wheat productivity and quality in modern agriculture against conventional wheat species. Agriculture. 10(7). 275–289. DOI: 10.3390/agriculture10070275
27. Demydov, O.A., Khomenko, S.O., Chuhunkova, T.V. & Fedorenko, I.V. (2019). Urozhainist ta homeostatychnist kolektsiinykh zrazkiv pshenytsi yaroi. [Yield and homeostaticity of collections of species of spring wheat]. *Bulletin of agrarian science*. 9(798). 47–51. DOI:10.31073/agrovisnyk201909-07 [in Ukrainian].
28. Burdeniuk-Tarasevych, L.A., Dubova, O.A. & Khakhula, V.S. (2012). Otsinka adaptyvnoi zdatnosti sortiv pshenytsi miakoi ozymoi v umovakh Lisostepu Ukrainy. [Evaluation of the adaptive capacity of winter wheat varieties in the forest steppe of Ukraine]. *Selection and breeding*. 101. 3–11. [in Ukrainian].
29. Manko, K.M., Muzafarov, N.M. Tsekhmeistruk, M.H. (2012). Ekolohichna plastychnist suchasnykh sortiv yachmeniu yaroho zalezhno vid foniv zhyvlennia. [Ecological plasticity of modern varieties of fallow barley in the background of livestock]. *Selection and breeding.* 101. 264–271. [in Ukrainian].

Лозінський М.В., Самойлик М.О. Особливості формування елементів структури врожайності в сортів пшениці м'якої озимої різних екотипів в умовах Центрального Лісостепу України

Мета досліджень – встановлення особливостей формування елементів структури врожайності в сортів пшениці м'якої озимої лісостепового, степового і західноєвропейського екотипів та виділення кращих генотипів для залучення у селекційну роботу.

Методи. В умовах дослідного поля науково-виробничого центру Білоцерківського НАУ в 2021–2022 рр. досліджували сорти пшениці м'якої озимої: Квітка полів, Зорепад білоцерківський, Калинова, Мадярка, Лісова пісня – лісостеповий екотип; Гармонія одеська, Знахідка одеська, Ластівка одеська – степовий екотип; Мулан, Актер, Фіделіус, Акратос – західноєвропейський екотип. Біометричні аналізи проводили загальноприйнятими методами за середнім зразком 25 рослин у триразовій повторності. Статистичну обробку отриманих біометричних даних здійснювали за А. Т. Опря, Л. О. Дорогань–Писаренко та ін. (2014) та Г. І. Купалова (2008). Гомеостатичність (Hom) розраховували за В. В. Хангільдіним і М. А. Литвиненком (1981).

Результати. Досліджували особливості формування елементів структури врожайності в сортів пшениці м'якої озимої різних екотипів. Встановлена значна диференціація в сортів як за кількістю зерен із головного колосу та рослини, масою 1000 зерен з колоса та рослини, так і за коефіцієнтом варіації і показником гомеостатичності.

Висновки. Виділені сорти Зорепад білоцерківський, Фіделіус та Мулан з достовірним перевищенням середньої по досліду кількості зерен у головному колосі та з рослини за слабкого і значного коефіцієнту

варіації та високого показника гомеостатичності. Сорти Калинова, Мадярка, Ластівка одеська достовірно перевищували середню по генотипах масу 1000 зерен з колосу, а Мадярка, Ластівка одеська, Квітка полів масу 1000 зерен з рослини з слабким і помірним коефіцієнтом варіації та високою гомеостатичністю.

Ключові слова: генотип, вихідний матеріал, кількісні ознаки, коефіцієнт варіації, гомеостатичність.

Lozinskyi M.V., Samoilyk M.O. Peculiarities of the formation of yield structure elements in soft winter wheat varieties of different ecotypes in the conditions of the Central Forest Steppe Ukraine

The purpose of the research is to establish the peculiarities of the formation of yield structure elements in soft winter wheat varieties of forest-steppe, steppe and western European ecotypes and to select the best genotypes for involvement in breeding work.

Methods. In 2021–2022, soft winter wheat varieties were studied in the conditions of the experimental field of the Bila Tserkva National Agrarian University: Kvitka poliv, Zorepad Bilotserkivskyi, Kalinova, Madyarka, Lisova pisnia – forest-steppe ecotype; Harmony Odeska, Znachidka Odeska, Lastivka Odeska – steppe ecotype; Mulan, Acter, Fidelius, Akratos – western European ecotype. Biometric analyzes were performed by generally accepted methods on an average sample of 25 plants in three replications. Statistical processing of the obtained biometric data according to A. T. Oprya, L. O. Dorohan-Pysarenko and others (2014) and G. I. Kupalova (2008). Homeostaticity (Hom) calculated according to V. V. Khanhildin and M. A. Litvinenko (1981).

Results. Peculiarities of the formation of yield structure elements in soft winter wheat varieties of different ecotypes studied. A significant differentiation established in the varieties of the number of grains from the main ear and plant, the weight of 1000 grains from the ear and plant as well as the coefficient of variation and the homeostatic index.

Conclusions. The selected varieties Zorepad bilotserkivskyi, Fidelius and Mulan with a reliable excess of the experimentally average number of grains in the main ear and from the plant with a weak and significant coefficient of variation and a high index of homeostaticity. Varieties Kalinova, Madyarka, Lastivka Odeska reliably exceeded the average weight of 1000 grains from ear according to genotypes and Magyarka, Lastivka Odeska, Kvitka poliv the mass of 1000 grains from a plant with a weak and moderate coefficient of variation and high homeostaticity.

Key words: genotype, source material, quantitative traits, coefficient of variation, homeostatics.

УДК 631.547.6:633.111“324”(477.4)
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.25

ФОРМУВАННЯ МАСИ ЗЕРНА ГОЛОВНОГО КОЛОСА В РІЗНИХ ЗА ВИСОТОЮ СОРТІВ ПШЕНИЦІ (*T. AESTIVUM* L.) ОЗИМОЇ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

ЛОЗІНСЬКИЙ М.В. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0002-6078-3209
Білоцерківський національний аграрний університет
ФІЛІЦЬКА О.О. – здобувач ступеня доктора філософії
orcid.org/0000-0003-1544-0845
Білоцерківський національний аграрний університет

Постановка проблеми. Продуктивність сільськогосподарських культур є найбільш варіабельним інтегральним показником, який формується в результаті взаємодії генотипу, погодних умов та технології вирощування [1]. Багато вчених акцентують увагу на значенні сорту в підвищенні врожайності польових культур [2−4]. Запорукою створення нових сортів пшениці м’якої озимої є постійний пошук та використання в селекційних програмах різноманітного вихідного матеріалу [5]. За внутрішньовидової гібридизації одним з важливих завдань є підбір батьківських пар схрещування для вдалого поєднання ознак і властивостей вихідних форм. При проведенні доборів з гібридних популяцій і оцінці перспективних ліній важливою кількісною ознакою є маса зерна з головного колоса.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Пшениця м’яка озима, як основна зернова культура [6−8], займає провідне місце в зерновому балансі України та світу [9]. Кінцевою метою кожного селекціонера є створення сортів з максимальним рівнем продуктивності та високою адаптивністю до умов довкілля [10].

Результативність процесу створення сортів обумовлюється ступенем вивчення вихідного матеріалу, який є основою селекційного процесу. Залучення широкого різноманіття сортів пшениці м’якої озимої до гібридизації сприяє збагаченню генофонду культури, підвищенню її адаптивного потенціалу та стабілізації зерновиробництва [11]. Впровадження нових високопродуктивних та конкурентоспроможних сортів пшениці м’якої озимої із підвищеними адаптивними властивостями в сучасних умовах є вагомим фактором стабілізації та підвищення врожайності продовольчого зерна з високими показниками якості [12, 13].

Рівень продуктивності пшениці м’якої озимої визначається відповідністю біологічних особливостей культури умовам вирощування [14]. Основною причиною нестабільного збору зерна є коливання врожайності в окремі роки, що пов’язано з невідповідністю агрокліматичних ресурсів і низьким адаптивним потенціалом сортів [15]. На фоні стрімкої глобальної зміни клімату, увага приділяється поєднанню в одному генотипі стабільно високої врожайності, пластичності та якості вирощеної продукції [16, 17]. Дослідження механізмів формування елементів продуктивності за мінливих погодних умов має важливе значення для встановлення норми реакції та добору максимально пристосованих продуктивних генотипів [18] з послідуючим залученням їх в селекційний процес.

Для вдалої реалізації селекційних програм необхідні форми, що мають комплекс цінних ознак та властивостей і проявляють мінімум негативних характеристик [19]. Важливим при доборі вихідного матеріалу є визначення факторіальних ознак, що корелюють з урожайністю зерна та окремими показниками продуктивності [20].

Елементи продуктивності пшениці відносяться до кількісних ознак, які контролюються полігенно [21]. Кількісні ознаки визначають величину та якість врожаю, характеризуються значною мінливістю та потребують істотних затрат праці та часу на їх оцінку через велику вибірку [22]. В селекції на продуктивність елементи структури врожайності за інформативністю ознаки розміщуються в такому порядку: маса зерна з колоса, кількість зерен у колосі, маса 1000 зерен [23].

Одне з центральних місць у селекційній практиці відводиться масі зерна з головного колоса, як важливому елементу структури врожайності, що має високий рівень як успадковуваності, так і трансгресивної мінливості та використовується в якості одного з найбільш важливих маркерів для досліджень та проведення доборів в селекції пшениці м’якої озимої [24]. Маса зерна з колоса і рослини є комплексним показником, який одночасно характеризує масу однієї зернівки та їх загальну кількість [25] і має позитивну кореляційну залежність з врожайністю та істотно впливає на її формування. Маса зерна як генетично обумовлена ознака, піддається істотному впливу умов довкілля та реалізується під час взаємодії «генотип – середовище» [26].

Метою дослідження є оцінка різних за висотою сортів пшениці м’якої озимої за масою зерна головного колосу з встановленням впливу генотипу на фенотипову мінливість ознаки.

Матеріали та методика досліджень. У 2019−2022 рр. в умовах дослідного поля навчально-виробничого центру Білоцерківського НАУ досліджували сорти пшениці м’якої озимої, які відповідно міжнародного класифікатора, за даними оригінаторів, відносилися до наступних груп за висотою рослин: низькорослі ІІ групи (66−80 см) − Білоцерківська напівкарликова (Б.Ц. н/к.), Сонечко і Смуглянка; середньорослі І групи (81−95 см) – Донська напівкарликова (Донська н/к.), Лісова пісня, Олеся і Колос Миронівщини (Колос Мир.); середньорослі ІІ групи (96−110 см) − Столична, Писанка, Відрада і Альбатрос одеський (Альбатрос од.); високорослі І групи (111−125 см) – Одеська 267, Ластівка

одеська (Ластівка од.), Пилипівка і Чародійка білоцерківська (Чародійка б. ц.).

Біометричні аналізи досліджуваного матеріалу здійснювали за середнім зразком 25 рослин у трикратній повторності відповідно до загальноприйнятих методик [27, 28] із визначенням середньої арифметичної та її похибки ($\bar{x} \pm S\bar{x}$), мінімальної (min) і максимальної (max) маси зерна з головного колоса, дисперсії (S^2), коефіцієнта варіації (V, %). Статистична обробка отриманих біометричних даних проводилася з використанням комп'ютерних програм Excel 2019 та «Statistica», версія 12.0 [29].

Результати досліджень. Маса зерна з головного колоса в досліджуваних сортів пшениці м'якої озимої в середньому за 2019−2022 рр. варіювала в межах від 1,51 г (Білоцерківська напівкарликова) до 1,86 г (Смуглянка) (табл. 1).

Найвища маса зерна з головного колоса, за винятком сортів Смуглянка, Писанка, Альбатрос одеський та Пилипівка, була встановлена в 2021 р. Достовірне перевищення над середньою по досліду масою зерна з головного колоса (1,85 г) у цьому році визначено в сортів Смуглянка, Колос Миронівщини, Столична і Чародійка білоцерківська. Середній по сортах показник маси зерна з головного колоса (1,78 г) сформовано в умовах 2019 р. з достовірним перевищенням у Смуглянка, Столична, Писанка, Відрада, Пилипівка та Чародійка білоцерківська.

Значно менша маса зерна з колоса встановлена у 2020 р. та 2022 р. (1,47 та 1,57 г відповідно). У 2020 р. достовірне перевищення середнього показника визначено в сортів Смуглянка, Писанка, Відрада, Чародійка білоцерківська, а в 2022 р. у Смуглянка, Донська напівкарликова, Колос Миронівщини та Відрада. У роки досліджень достовірне перевищення над середнім по сортах показником визначено лише в низькорослого сорту II групи Смуглянка. При цьому середню за роки досліджень масу зерна з головного колоса (1,67 г) достовірно перевищували Смуглянка (+0,19 г), Відрада (+0,11 г), Чародійка білоцерківська (+0,13 г).

Незначний розмах мінливості маси зерна з головного колоса в 2019−2022 рр. визначено в низькорослих сортів II групи Білоцерківська напівкарликова (0,15 г), Сонечко (0,37 г); середньорослих сортів II групи Відрада (0,39 г), Альбатрос одеський (0,34 г) за варіабельності у досліді (0,15−0,91 г). Фенотиповий коефіцієнт варіації у цих сортів був незначним – 3,0−9,0 %. Середнє варіювання маси зерна з головного колоса (0,43−0,64 г) вста-

Таблиця 1

Маса зерна з головного колоса (г) в досліджуваних сортів пшениці м'якої озимої

Сорт	Маса зерна, г					± до $\bar{x}$
	2019 р.	2020 р.	2021 р.	2022 р.	$\bar{x}$ за 2019−2022 рр.	
низькорослі II групи						
Б.ц. н/к.	1,47	1,52	1,56	1,47	1,51	−0,16
Сонечко	1,69	1,45	1,73	1,44	1,58	−0,09
Смуглянка	2,08	1,65	2,05	1,67	1,86	+0,19
$\bar{x}$ по групі	1,75	1,54	1,78	1,53	1,65	−0,02
середньорослі I групи						
Донська н/к.	1,60	1,38	1,84	1,72	1,64	−0,03
Лісова пісня	1,82	1,54	1,88	1,59	1,71	+0,04
Олеся	1,73	1,37	1,85	1,48	1,61	−0,06
Колос Мир.	1,73	1,48	2,00	1,76	1,74	+0,07
$\bar{x}$ по групі	1,72	1,43	1,86	1,60	1,65	−0,02
середньорослі II групи						
Столична	1,92	1,28	2,04	1,55	1,70	+0,03
Писанка	1,89	1,62	1,88	1,52	1,73	+0,06
Відрада	1,88	1,61	1,93	1,71	1,78	+0,11
Альбатрос од.	1,78	1,49	1,69	1,50	1,62	−0,05
$\bar{x}$ по групі	1,87	1,50	1,89	1,57	1,71	+0,04
високорослі I групи						
Одеська 267	1,65	1,23	1,82	1,57	1,57	−0,10
Ластівка од.	1,56	1,28	1,78	1,58	1,55	−0,12
Пилипівка	1,92	1,51	1,86	1,56	1,71	+0,04
Чародійка б.ц.	1,98	1,60	2,01	1,61	1,80	+0,13
$\bar{x}$ по групі	1,78	1,41	1,87	1,58	1,66	−0,01
$\bar{x}$ по досліду	1,78	1,47	1,85	1,57	1,67	-
$НІР_{0,5}$	0,08	0,07	0,09	0,08	-	-

новили в сортів Смуглянка, Донська напівкарликова, Лісова пісня, Олеся, Колос Миронівщини, Писанка, Ластівка одеська, Пилипівка і Чародійка білоцерківська за індивідуального середнього коефіцієнта варіації в межах 10,0−12,9 %. Істотна мінливість маси зерна з головного колоса визначена в середньорослого сорту ІІ групи Столична (0,91 г) та високорослого сорту І групи Одеська 267 (0,84 г) за найвищих середніх фенотипових коефіцієнтів варіації – 18,6 та 16,9 % відповідно (табл. 2).

Генотиповий коефіцієнт варіації маси зерна з головного колоса по досліджуваних за висотою рослин групах сортів пшениці м'якої озимої був незначним у низькорослих сортів ІІ групи (8,6 %) та середнім у інших групах (10,1−12,1 %).

Двофакторним дисперсійним аналізом усіх досліджуваних сортів визначено істотний вплив умов року (55,84 %) на формування маси зерна з головного колоса. При цьому частка впливу сорту становила 22,70 %, а взаємодія генотипу та середовища – 17,91 % (рис. 1).

Визначення впливу факторів у розрізі різних за висотою груп показало, що лише в низькорослих сортів ІІ групи відзначався істотний вплив генотипу (53,29 %) на формування маси зерна з головного колоса. Натомість, в інших групах відзначалася значна модифікація ознаки умовами року від 64,50 % у високорослих сортів І групи до 76,42 % (середньорослі сорти І групи). Роль генотипу як окремого фактору в середньорослих сортів обох груп була незначною (8,46−8,59 %). Частка впливу взаємодії «рік вирощування−сорт» на формування маси зерна встановлена в межах від 11,32 до 17,02 %. Вплив інших факторів був незначним і варіював від 2,31 % у низькорослих сортів ІІ групи до 4,95 % у середньорослих сортів ІІ групи (рис. 2).

Висновки. Виділено сорти: низькорослий ІІ групи Смуглянка з достовірним перевищенням у 2019−2022 рр. середньої по досліду маси зерна з головного колоса; середньорослий ІІ групи Відрада з незначною фенотиповою мінливістю у 2019−2022 рр. і достовірним перевищенням над середньою за чотири роки масою зерна з головного колоса. У різних за висотою рослин сортів пшениці м'якої озимої маса зерна головного колоса характеризувалася незначною та середньою фенотиповою і генотиповою мінливістю. Найбільша генотипова мінливість визначена у високорослих сортів І групи − 12,05 %, а найменша – у низькорослих ІІ групи (8,6 %). Істотний вплив генотипу (53,29 %) на формування маси зерна з головного колоса встановлено лише в низь-

Таблиця 2

Мінливість маси зерна з головного колоса в сортів пшениці м'якої озимої 2019−2022 рр.

Сорт	$\bar{x} \pm S\bar{x}$, г	Lim (г)		Розмах мінливості, г	S^2	V, %
		min	max			
низькорослі ІІ групи						
Б.ц. н/к.	1,51±0,01	1,44	1,59	0,15	0,002	3,0*
Сонечко	1,58±0,04	1,42	1,79	0,37	0,02	9,0*
Смуглянка	1,86±0,06	1,62	2,12	0,50	0,05	12,0*
$\bar{x}$ по групі	1,65±0,01	1,42	2,12	0,70	0,02	8,6**
середньорослі І групи						
Донська н/к.	1,64±0,05	1,35	1,85	0,50	0,03	10,6*
Лісова пісня	1,71±0,05	1,52	1,95	0,43	0,03	10,1*
Олеся	1,61±0,06	1,36	1,87	0,51	0,04	12,4*
Колос Мир.	1,74±0,06	1,46	2,10	0,64	0,04	11,5*
$\bar{x}$ по групі	1,65±0,05	1,35	2,10	0,75	0,03	10,1**
середньорослі ІІ групи						
Столична	1,70±0,09	1,22	2,13	0,91	0,10	18,6*
Писанка	1,73±0,05	1,48	1,99	0,51	0,03	10,0*
Відрада	1,78±0,04	1,59	1,98	0,39	0,02	8,0*
Альбатрос од.	1,62±0,04	1,46	1,80	0,34	0,02	8,7*
$\bar{x}$ по групі	1,71±0,05	1,22	2,13	0,91	0,03	10,1**
високорослі І групи						
Одеська 267	1,57±0,08	1,00	1,84	0,84	0,07	16,9*
Ластівка од.	1,55±0,05	1,25	1,81	0,56	0,04	12,9*
Пилипівка	1,71±0,06	1,49	1,97	0,48	0,04	11,7*
Чародійка б.ц.	1,80±0,06	1,56	2,06	0,50	0,04	11,1*
$\bar{x}$ по групі	1,66±0,06	1,00	2,06	1,06	0,04	12,1**

*Примітка: * – фенотиповий (індивідуальний) коефіцієнт варіації, ** – генотиповий (міжсортовий) коефіцієнт варіації.*

Рис. 1. Частка впливу (%) чинників на формування маси зерна з головного колоса в сортів пшениці м'якої озимої, середнє за 2019−2022 рр.

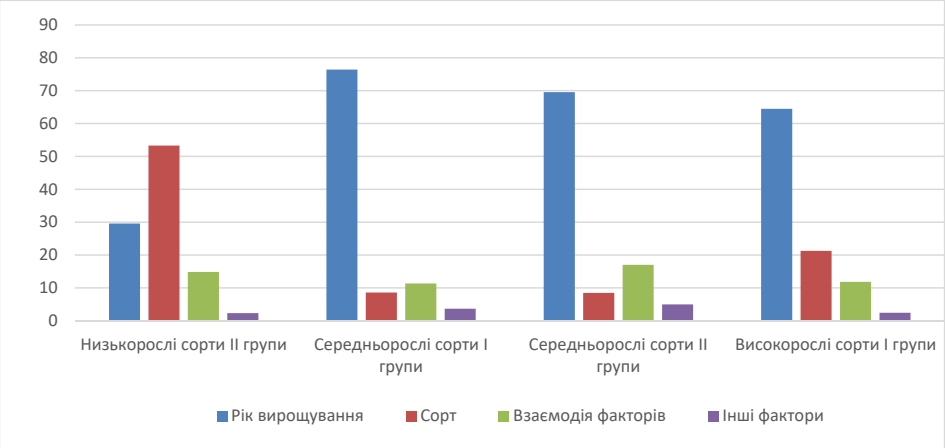


Рис. 2. Частка впливу (%) факторів на формування маси зерна з головного колоса в різних за висотою груп сортів пшениці м'якої озимої, середнє за 2019−2022 рр.

корослих сортів II групи. В інших групах відзначалася значна модифікація ознаки умовами року від 64,50 % у високорослих сортів I групи до 76,42 % (середньорослі сорти I групи).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Господаренко Г. М., Любич В. В., Калантир В. В. Удобрення пшениці твердої озимої. *"Topical issues of modern science and education"*: Abstracts of XI International Scientific and Practical Conference. Tallinn, 2021. С. 12–15.
2. Любич В. В. Продуктивність сортів і ліній пшениць залежно від абіотичних і біотичних чинників. *Вісник аграрної науки Причорномор'я.* 2017. № 95. С. 146–161.
3. Гетьман О. О., Дубовик Н. С., Кириленко В. В. Особливості зав'язування зерен у F1 при схрещуванні *Triticum aestivum* L. та *Triticum spelta* L. *Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі* : матеріали VI всеукр. наук.-практ. конф. Умань, 2021. С. 45–47.
4. Бурденюк-Тарасевич Л. А., Лозінський М. В. Принципи підбору пар для гібридизації в селекції озимої пшениці T. aestivum L. на адаптивність до умов довкілля. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2015. № 16. С. 92–96.
5. Lozinskyi M. V. Inheritance and grain weight transgressive variability per plant in hybrid winter wheat (T. *aestivum* L.), obtained from the hybridization of various ecotypes. *Агробіологія*. 2016. №. 1. P. 22–28.
6. Hama-Amin T. N, Towfiq S. I. Estimation of some genetic parameters using line×tester analysis of common wheat (Triticum aestivum L.). *Applied ecology and environmental research*. 2019. Vol. 4. № 17. P. 9735–9752.
7. Литвиненко М. А. Реалізація потенціалу пшеничного поля. *Насінництво*. 2011. № 6. С. 1–7.
8. Зерновий та хлібопродуктовий товарообіг в Україні : енцикл. довід. / В. Т. Александров та ін. К. : АртЕк, 2000. 544 с.
9. Гадзало Я. М., Кириченко В. В., Дзюбецький Б. В. Стратегія інноваційного розвитку селекції і насінництва зернових культур в Україні: наук. вид. Київ–Харків–Дніпро. 2016. 32 с.
10. Баган А. В., Юрченко С. О., Шакалій С. М. Мінливість потомства різних морфологічних частин колоса сортів пшениці озимої за кількісними ознаками. *Вісник*

Полтавської державної аграрної академії. 2012. № 4. С. 33–35.
11. Коломієць Л. А., Гуменюк О. В. Використання світового генофонду пшениці м'якої озимої в нових сортах миронівської селекції. *Миронівський вісник*. 2019. № 8. С. 6–17.
12. Литвиненко М. А. Корекція моделі сорту озимої м'якої пшениці універсального типу для умов півдня України в зв'язку зі змінами клімату. *Вісник Білоцерківського державного аграрного університету*. 2008. № 52. С. 18–25.
13. Мазур О.В., Мазур О.В., Лозінський М.В. Селекція та насінництво польових культур: навч. посіб. Вінниця, 2020. 348 с.
14. Бурденюк-Тарасевич Л. А. Результати та перспективи селекції озимої м'якої пшениці на підвищену адаптивність для умов Лісостепу і Полісся України. *Науково-технічний бюлетень Миронівського інституту пшениці ім. В.М. Ремесла УААН*. 2007. № 6–7. С. 48–57
15. Кириленко В. В., Басанець Г. С., Гуменюк О. В., Маринка С. М. Сортова диверсифікація пшениці озимої під впливом різноманітних погодних умов у зоні діяльності Миронівського інституту пшениці. Н*ауково-технічний бюлетень Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла УААН*. 2010. № 10. С. 75–92.
16. Базалій В. В., Ларченко О. В., Лавриненко Ю. О., Базалій Г. Г. Адаптивний потенціал сортів пшениці м'якої озимої залежно від умов вирощування. *Фактори експериментальної еволюції організмів.* 2009. № 6. С. 215–218.
17. Коломієць Л. А., Хоменко С. О., Басанець Г. С., Дергачов О. Л. Формування показників якості зерна пшениці озимої залежно від гідротермічних умов у Лісостепу України. *Науково-технічний бюлетень Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла УААН.* 2010. №10. С. 93–107.
18. Лозінський М. В. Адаптивність селекційних номерів пшениці озимої, отриманих від схрещування різних екотипів за кількістю колосків в головному колосі. *Агробіологія*. 2018. № 1 (138). С. 233–243.
19. Володіна Г. Б. та ін. Гібридизація як джерело генетичної мінливості в селекції пшениці озимої. *Миронівський вісник.* 2019. № 9. С. 11–20. DOI:10.31073/mvis201909-02.
20. Орлюк А. П. Теоретичні основи селекції рослин: навч. посіб. Херсон: Айлант, 2008. 517 с.
21. Лозінський М. В. Кореляційні взаємозв'язки між елементами продуктивності головного колосу у гібридів F1-2 пшениці мякої озимої, отриманих від схрещування різних екотипів. *«Професор С.Л. Франкфурт (1866–1954) – видатний вчений-агробіолог, один із дієвих організаторів академічної науки в Україні» (до 150 річчя від дня народження)*: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., (м. Київ,18 листопада 2016 р.). Київ, 2016. С. 77–78.
22. Базалій В. В. Принципи адаптивної селекції пшениці озимої в зоні південного степу: монографія. Херсон : Айлант. 2004. 244 с.
23. Орлюк А. П. Генотипові кореляції між урожайністю та компонентними ознаками пшениці м'якої озимої за різних екологічних умов. *Таврійський науковий вісник*. 2012. № 78. С. 62–71
24. Лозінська Т. П. Успадкування та трансгресивна мінливість маси зерна колоса у F1 і F2 пшениці ярої. ΛΌГOΣ. Мистецтво наукової думки. 2019. № 4. С. 129–131.
25. Лозінський М. В., Устинова Г. Л., Ображій С. В., Діхтяренко В. М. Особливості успадкування маси зерна головного колосу за гібридизації різних за скоростиглістю сортів пшениці м'якої озимої. *Аграрні інновації.* 2021. № 9. С. 61–68.
26. Жупина А. Ю., Базалій Г. Г. та ін. Успадкування маси зерна колоса гібридами пшениці озимої різного еколого-генетичного походження в умовах зрошення. *Аграрні інновації*. 2022. № 14. С. 152–160. DOI:10.32848/agrar.innov.2022.14.2
27. Волкодав В. В. Методика державного випробування сортів рослин на придатність до поширення в Україні: заг. част. Охорона прав на сорти рослин: Офіційний бюлетень. Київ: Алефа, 2003. №. 1(3). 106 с.
28. Гопцій Т. І., Проскурін М. В. Генетико-статистичні методи в селекції: навч. посібник. Харків, 2003. 103 с.
29. Опря А. Т., Дорогань-Писаренко Л. О., Єгорова О. В., Кононенко Ж. А. Статистика: навчальний посібник. К. : Центр учбової літератури, 2014. 536 с.

REFERENCES:

1. Hospodarenko, H.M., Liubych, V.V., & Kalantyr, V.V. (2021). Udobrennia pshenytsi tverdoi ozymoi [Fertilization of hard winter wheat]. *Topical issues of modern science and education*. Tallin, 12–15. [in Ukrainian].
2. Liubych, V.V. (2017). Produktyvnist sortiv i linii pshenyts zalezhno vid abiotychnykh i biotychnykh chynnykiv [Productivity of wheat varieties and lines depending on abiotic and biotic factors]. Herald of Agrarian Science of the Black Sea Region, 95, 146–161. [in Ukrainian].
3. Hetman, O.O., Dubovyk, N.S., & Kyrylenko, V.V. (2021). Osoblyvosti zaviazuvannia zeren u F1 pry skhreshchuvanni *Triticum aestivum* L. ta *Triticum spelta* L. [Peculiarities of grain tying in F1 when crossing Triticum aestivum L. and Triticum spelta L.]. *Genetics and selection in the modern agricultural complex.* Uman, 45–47. [in Ukrainian].
4. Burdeniuk-Tarasevych, L.A., & Lozinskyi, M.V. (2015). Pryntsypy pidboru par dlia hibrydyzatsii v selektsii ozymoi pshenytsi T. aestivum L. na adaptyvnist do umov dovkillia. [Principles of selection of pairs for hybridization in selection of winter wheat T. aestivum L. for adaptability to environmental conditions]. *Factors of experimental evolution of organisms*, 16, 92–96. [in Ukrainian].
5. Lozinskyi, M.V. (2016). Inheritance and grain weight transgressive variability per plant in hybrid winter wheat (T. aestivum L.), obtained from the hybridization of various ecotypes. *Agrobiology*, 1, 22–28.
6. Hama-Amin, T.N., & Towfiq, S.I. (2019). Estimation of some genetic parameters using line×tester analysis of common wheat (Triticum aestivum L.). *Applied ecology and environmental research*, 17(4), 9735–9752.
7. Lytvynenko, M.A. (2011). Realizatsiia potentsialu pshenychnoho polia. [Realization of the potential of the wheat field]. *Seed production*, 6, 1–7. [in Ukrainian].
8. Aleksandrov, V.T. (2000). Zernovyi ta khliboproduktovyi tovaroobih v Ukraini. [Grain and bread product turnover in Ukraine]. Kyiv: ArtEk. [in Ukrainian].
9. Hadzalo, Ya.M., Kyrychenko, V.V., & Dziubetskyi, B.V. (2016). Stratehiia innovatsiinoho rozvytku selektsii

i nasinnytstva zernovykh kultur v Ukraini. [Strategy of innovative development of breeding and seed production of grain crops in Ukraine]. Kyiv – Kharkiv – Dnipro. [in Ukrainian].

10. Bahan, A.V., Yurchenko, S.O., & Shakalii, S.M. (2012). Minlyvist potomstva riznykh morfolohichnykh chastyn kolosa sortiv pshenytsi ozymoi za kilkisnymy oznakamy. [Variability of the generation of different morphological parts of the ear of winter wheat varieties according to quantitative characteristics]. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 4, 33–35. [in Ukrainian].
11. Kolomiiets, L.A., & Humeniuk, O.V. (2019). Vykorystannia svitovoho henofondu pshenytsi miakoi ozymoi v novykh sortakh myronivskoi selektsii. [The use of the world gene pool of soft winter wheat in new varieties of Mironivka selection]. *Myronivsky herald*, 8, 6–17. [in Ukrainian].
12. Lytvynenko, M.A. (2008). Korektsiia modeli sortu ozymoi miakoi pshenytsi universalnoho typu dlia umov pivdnia Ukrainy v zviazku zi zminamy klimatu. [Correction of the winter soft wheat variety model of the universal type for the conditions of southern Ukraine in connection with climate changes]. *Bulletin of Bila Tserkva State Agrarian University: collection of scientific works*, 52, 18–25. [in Ukrainian].
13. Mazur, O.V., Mazur, O.V., & Lozinskyi, M.V. (2020). Selektsiia ta nasinnytstvo polovykh kultur. [Selection and seed production of field crops]. Vinnytsya: TVORY. [in Ukrainian].
14. Burdeniuk-Tarasevych, L.A. (2007). Rezultaty ta perspektyvy selektsii ozymoi mʻiakoi pshenytsi na pidvyshchenu adaptyvnist dlia umov Lisostepu i Polissia Ukrainy. [Results and prospects of breeding winter soft wheat for increased adaptability to the conditions of the Forest-Steppe and Polissia of Ukraine]. *Scientific and technical bulletin of the Myronivka Wheat Institute named after V.M. Remeslo of the Ukrainian Academy of Sciences*, 6–7, 48–57. [in Ukrainian].
15. Kyrylenko, V.V., Basanets, H.S., Humeniuk, O.V., & Marynka, S.M. (2010). Sortova dyversyfikatsiia pshenytsi ozymoi pid vplyvom riznomanitnykh pohodnykh umov u zoni diialnosti Myronivskoho instytutu pshenytsi. [Varietal diversification of winter wheat under the influence of various weather conditions in the area of activity of the Myronivka Wheat Institute]. *Scientific and technical bulletin of the Myronivka Wheat Institute named after V.M. Remeslo of the Ukrainian Academy of Sciences*, 10, 75–92. [in Ukrainian].
16. Bazalii, V.V., Larchenko, O.V., Lavrynenko, Yu.O., & Bazalii, H.H. (2009). Adaptyvnyi potentsial sortiv pshenytsi miakoi ozymoi zalezhno vid umov vyroshchuvannia. [Adaptive potential of soft winter wheat varieties depending on growing conditions]. *Factors of experimental evolution of organisms*, 6, 215–218. [in Ukrainian].
17. Kolomiiets, L.A., Khomenko, S.O., Basanets, H.S., & Derhachov, O.L. (2010). Formuvannia pokaznykiv yakosti zerna pshenytsi ozymoi zalezhno vid hidrotermichnykh umov u Lisostepu Ukrainy. [Formation of winter wheat grain quality indicators depending on hydrothermal conditions in the Forest-steppe of Ukraine]. *Scientific and technical bulletin of the Myronivka Wheat Institute named after V.M. Remeslo of the Ukrainian Academy of Sciences,* 10, 93–107. [in Ukrainian].
18. Lozinskyi, M.V. (2018). Adaptyvnist selektsiinykh nomeriv pshenytsi ozymoi, otrymanykh vid skhreshchuvannia riznykh ekotypiv za kilkistiu koloskiv v holovnomu kolosi. [Adaptability of breeding numbers of winter wheat obtained from crossing different ecotypes according to the number of ears in the main ear]. *Agrobiology: collection of scientific works*, 1 (138), 233–243. [in Ukrainian].
19. Volodina, H.B., Demydov, O.A., Humeniuk, O.V., Zamlila, N.P., & Derhachov, O.L. (2019). Hibrydyzatsiia yak dzherelo henetychnoi minlyvosti v selektsii pshenytsi ozymoi. [Hybridization as a source of genetic variability in winter wheat breeding]. *Myronivsky herald*, 9, 11–20. [in Ukrainian].
20. Orliuk, A.P. (2008). Teoretychni osnovy selektsii roslyn [Theoretical foundations of plant selection]. Herson: Ailant. [in Ukrainian].
21. Lozinskyi, M.V. (2016). Koreliatsiini vzaiemozviazky mizh elementamy produktyvnosti holovnoho kolosu u hibrydiv F1-2 pshenytsi miakoi ozymoi, otrymanykh vid skhreshchuvannia riznykh ekotypiv. [Correlation relationships between the elements of the productivity of the main ear in F1-2 hybrids of soft winter wheat, obtained from the crossing of different ecotypes]. *Professor S.L. Frankfurt (1866–1954) an outstanding scientist-agrobiologist, one of the effective organizers of academic science in Ukraine (to the 150th anniversary of his birth)*. Kyiv, 77–78. [in Ukrainian].
22. Bazalii, V.V. (2004). Pryntsypy adaptyvnoi selektsii pshenytsi ozymoi v zoni pivdennoho stepu [Principles of adaptive selection of winter wheat in the Southern Steppe zone]. Herson: Ailant. [in Ukrainian].
23. Orliuk, A.P. (2012). Henotypovi koreliatsii mizh urozhainistiu ta komponentnymy oznakamy pshenytsi miakoi ozymoi za riznykh ekolohichnykh umov. [Genotypic correlations between yield and component traits of soft winter wheat under different environmental conditions]. *Taurian Scientific Herald*, 78, 62–71. [in Ukrainian].
24. Lozinska, T.P. (2019). Uspadkuvannia ta transhresyvna minlyvist masy zerna kolosa u F1 i F2 pshenytsi yaroi. [Inheritance and transgressive variability of ear grain weight in F1 and F2 spring wheat]. *ΛΌΓΟΣ. The art of scientific thought,* 4, 129–131. [in Ukrainian].
25. Lozinskyi, M.V., Ustynova, H.L., Obrazhii, S.V., & Dikhtiarenko V.M. (2021). Osoblyvosti uspadkuvannia masy zerna holovnoho kolosu za hibrydyzatsii riznykh za skorostyhlistiu sortiv pshenytsi miakoi ozymoi. [Peculiarities of the inheritance of the mass of the grain of the main ear in the hybridization of varieties of soft winter wheat with different precocity]. *Agrarian innovations*, 9, 61–68. [in Ukrainian].
26. Zhupyna, A.Yu., Bazalii, H.H. ets. (2022). Uspadkuvannia masy zerna kolosa hibrydamy pshenytsi ozymoi riznoho ekoloho-henetychnoho pokhodzhennia v umovakh zroshennia. [Inheritance of ear grain mass by winter wheat hybrids of different ecological and genetic origins under irrigation conditions]. *Agrarian innovation*s, 14, 152-160. doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.14.2. [in Ukrainian].
27. Volkodav, V.V. (2003). Metodyka derzhavnoho vyprobuvannia sortiv roslyn na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. Okhorona prav na sorty roslyn. [Methodology of state testing of plant varieties for

suitability for distribution in Ukraine. Protection of plant variety rights]. Kyiv: Alefa. [in Ukrainian].
28. Hoptsii, T.I., & Proskurin, M.V. (2003). Henetyko-statystychni metody v selektsii [Genetic and statistical methods in breeding]. Kharkiv. [in Ukrainian].
29. Opria, A.T., Dorohan-Pysarenko, L.O., Yehorova, O.V., & Kononenko, Zh.A. (2014). Statystyka [Statistika]. Kyiv: Center of educational literature. [in Ukrainian].

Лозінський М. В., Філіцька О.О. Формування маси зерна головного колоса в різних за висотою сортів пшениці (*T. aestivum* L.) озимої в умовах Лісостепу України

Мета дослідження полягає в оцінці різних за висотою сортів пшениці м'якої озимої за масою зерна головного колосу з встановленням впливу генотипу на фенотипову мінливість ознаки.

Методи. В умовах дослідного поля навчально-виробничого центру Білоцерківського НАУ в 2019–2022 рр. досліджували різні за висотою рослин групи сортів пшениці м'якої озимої: низькорослі ІІ групи (66−80 см) – Білоцерківська напівкарликова, Сонечко, Смуглянка; середньорослі І групи (81−95 см) – Донська напівкарликова, Лісова пісня, Олеся, Колос Миронівщини; середньорослі ІІ групи (96−110 см) − Столична, Писанка, Відрада, Альбатрос одеський; високорослі І групи (111−125 см) – Одеська 267, Ластівка одеська, Пилипівка, Чародійка білоцерківська. Біометричний аналіз досліджуваного матеріалу здійснювали за середнім зразком 25 рослин у трикратній повторності. Статистична обробка отриманих біометричних даних проводилася відповідно до загальноприйнятих методик.

Результати. В середньому з 2019−2022 рр. маса зерна з головного колоса в досліджуваних сортів пшениці м'якої озимої варіювала в межах від 1,51 г (Білоцерківська напівкарликова) до 1,86 г (Смуглянка). Достовірне перевищення над середнім по сортах показником у роки досліджень встановлено лише в низькорослого сорту ІІ групи Смуглянка. Незначний розмах мінливості маси зерна з колоса визначено в низькорослих сортів ІІ групи Білоцерківська напівкарликова, Сонечко та середньорослих ІІ групи Відрада, Альбатрос одеський за незначного фенотипового коефіцієнта варіації − 3,0−9,0 %.

Висновки. Виділено сорти: низькорослий ІІ групи Смуглянка з достовірним перевищенням у 2019−2022 рр. середньої по досліду маси зерна з головного колоса; середньорослий ІІ групи Відрада з незначною фенотиповою мінливістю у 2019−2022 рр. і достовірним перевищенням над середньою за чотири роки масою зерна з головного колоса. Найбільша генотипова мінливість визначена у високорослих сортів І групи − 12,05 %, а найменша – у низькорослих ІІ групи (8,6 %). Істотний вплив генотипу (53,29 %) на формування маси зерна з головного колоса встановлено лише в низькорослих сортів ІІ групи. В інших групах відзначалася значна модифікація ознаки умовами року від 64,50 % у високорослих сортів І групи до 76,42 % (середньорослі сорти І групи).

Ключові слова: фенотиповий і генотиповий коефіцієнт варіації, мінливість, продуктивність, адаптивність, висота рослин.

Lozinskyi M.V., Filitska O.O. Formation of grain mass from the main ear in varieties of soft winter wheat (*T. aestivum* L.) different in height in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine

Purpose of the research is to evaluate varieties of soft winter wheat, different in plant height, in the formation of the mass of grain from the main ear, with the establishment of the influence of the genotype on the phenotypic variability of the trait.

Methods. In 2019–2022, in the conditions of the experimental field of the training and production center of the Bila Tserkva National Agrarian University, different height groups of soft winter wheat varieties were studied: short-growing II group (66–80 cm) – Bilotserkivska semi-dwarf, Sonechko, Smuglyanka; medium-sized group I (81−95 cm) – Donska semi-dwarf, Forest song, Olesya, Kolos Myronivshchyny; medium-sized II group (96−110 cm) – Stolychna, Pysanka, Vidrada, Albatros Odeskyi; tall I group (111−125 cm) – Odeska 267, Lastivka Odeska, Pylypivka, Charodiyka Bilotserkivska.

Biometric analysis of the test material was performed on an average sample of 25 plants in triplicate. Statistical processing of the obtained biometric data was carried out according to the generally accepted methods.

Results. On average, from 2019−2022, the mass of grain from the main ear in the studied varieties of soft winter wheat was from 1,51 g (Bilotserkivska half-dwarf) to 1,86 g (Smuglyanka). A significant excess over the average indicator for varieties in the years of research was established only in the short-growing variety of II group Smuglyanka. An insignificant range of variability of the mass of grain from an ear was determined in the short-growing varieties of the II group Bilotserkivska semi-dwarf, Sonechko and medium-sized varieties of the II group Vidrada, Albatros Odeskyi with an insignificant phenotypic coefficient of variations – 3,0–9,0 %.

Conclusions. Varieties were selected: short-growing II group Smuglyanka with a significant excess of the average weight of the grain of the main ear according to the research data of 2019−2022; medium-sized variety of the II group Vidrada with insignificant phenotypic variability in 2019−2022 and a significant excess of the average four-year mass of grain from the main ear. The highest genotypic variability was determined in the tall varieties of the I group – 12,05 %, and the smallest - in the short varieties of the II group (8,6 %). A significant influence of the genotype (53,29 %) on the formation of grain mass from the main ear was established only in short varieties of the II group. In other groups, there was a significant modification of the sign by year conditions, from 64,50 % in tall varieties of the I group to 76,42 % (medium-sized of the I group).

Key words: phenotypic and genotypic coefficient of variation, variability, productivity, adaptability, plant height.

УДК 634.54,635.075
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.26

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ В СУЧАСНИХ СОРТІВ ГОРІХУ ГРЕЦЬКОГО В УМОВАХ ЗОНИ НЕСТІЙКОГО ЗВОЛОЖЕННЯ

ЛЯДСЬКА І.В. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0002-2775-9995
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
ЦИЛЮРИК О.І. – доктор сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0002-7479-8401
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
ІЖБОЛДІН О.О. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0002-8076-7206
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
ПАЩЕНКО Н.О. – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0003-2335-4779
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Постановка проблеми. Інтенсифікація виробництва горіхової продукції в умовах зони нестійкого зволоження має виняткове значення для розвитку галузі АПК в умовах регіону, що передумовлено винятковими властивостями та споживною цінністю горіхової продукції як невід'ємного компоненту повноцінного харчування людини. Традиційним для країни та регіону є використання грецького горіху як основного джерела цього компоненту як через урахування історії сільськогосподарського виробництва на теренах країни, так і внаслідок більш високої адаптивної спроможності цієї культури. Незважаючи на зміщення традиційного фокусу на інші культури, такі як арахіс та фундук, площі під грецьким горіхом залишаються суттєво більш вагомими та він становить значніший виробничий сегмент, більш стабільний та ключовий [1, 3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Попит на продукцію горіхівництва та сектор харчування людини, що відводиться на ці потреби з огляду на отримання споживних речовин в необхідному обсязі, постійно зростає. Але існуючі площі та врожайності суттєво запізнюються з задоволенням відповідних потреб. Одним з засобів вирішення цієї проблеми є впровадження нових культур у раніше не пристосованих до цього регіонів з огляду на пом'якшення клімату як генеральну тенденцію, інтродукції нових видів культурних рослин. Постійне удорожчання енергії для виробництва, палива, добрив, хімічних засобів захисту та сортового посадкового матеріалу становлять проблему кризису галузі горіхівництва в ряд критичних [6, 7].

Доволі часто проблеми виникають через відсутність необхідної сортової агротехніки, урахування деяких можливостей, що надає конкретний генотип, можна констатувати, що уваги цьому приділяється недостатньо, або дослідна компонента зовсім відсутня [4, 5].

При практичному використанні постійною проблемою є вибір напівінтенсивного (переважно вітчизняної селекції) або інтенсивного (переважно закордонного) сорту. Першим завданням є не лише отримання високої врожайності, але й стабілізація в часі і в цьому питані не завжди вибір на користь інтенсивного сорту є аргументованим. Генотипова компонента залишається основою стабільності виробництва в АПК [8, 9].

Зона нестійкого зволоження, до котрої відносяться регіони Півночі Степу, висуває особливі вимоги до адаптивних властивостей сучасних сортів культур. Хоча пом'якшення клімату і призводить до можливості поширення лісостепових та поліських екотипів, все ж таки зберігаються суттєві ризики [2, 10].

Мета. Метою було встановити особливості формування врожайності чотирьох сортів горіху грецького та визначити вплив фотосинтетичної активності та ефективності формування напівінтенсивної крони на показники продуктивності.

Матеріали та методика досліджень. Польові досліди проводили протягом 2020–2022 рр., зразки відбирали у трикратній повторності на дослідних ділянках горіху грецького ТОВ «Агромаг» с. Знаменівка Новомосковського району Дніпропетровської області.

Досліджували чотири сорти горіху грецького Слава Україні, Промінь, Чандлер, Альмінський як частину агроекологічної оцінки придатності для інтродукції сучасних сортів в умовах Степу України для отримання джерела надходження цінних харчових елементів та інтенсифікації розвитку садівництва. Ґрунт – чорнозем звичайний на лесі.

Технологія вирощування відповідала загальноприйнятій для зони нестійкого зволоження. Облік урожаю горіхів проводили суцільним поділяночним збиранням, схема посадки 4 по 10 кожного сорту (4 × 5). Обрізання проводили напівінтенсивним методом.

Проводили оцінку фотосинтетичної активності приладом SPAD-502 та перерахунком на концентрацію хлорофілу (a+b) згідно загальновизнаної методики за формулою Chl = 10M^0,265, де M – значення одиниць SPAD

Статистичну обробку даних проводили методом факторного аналізу при порівняні вибірок та виявлені мінливості окремих ознак, дискримінантного аналізу для виявлення значимості окремих ознак (програма Statisica 10.0).

Результати досліджень. Протягом 2020 по 2022 роки як періоди інтенсивного плодоношення за сформованими кронами та досягнення оптимального віку насаджень проводили аналіз основних показників продуктивності. Сорти настільки вагомо розрізнилися за цими показниками, що генотипова варіативність

була значима (F=11,12; $F_{0,05}$=3,84; P=0,001), річні темпи зростання були ще більш значимі (F=65,14; $F_{0,05}$=4,45; P=3,12*10^{-4}).

Значно виділився від інших сортів сорт Промінь, проміжне положення займав сорт Альмінський, на одному рівні, але значно поступаючись іншим сортам були сорти Слава Україні та Чандлер.

Суттєвими мофрометричними показниками продуктивності є загальна врожайність, вага горіхів з дерева, вихід горіха. Встановлено, що генотипова варіативність була суттєва для всіх показників (F=11,17; $F_{0,05}$=3,84; P=0,01) крім показнику виходу горіха (F=3,11; $F_{0,05}$=3,84; P=0,07).

Першим з факторів, що впливає на врожайні якості сортів горіху є можливість використання сонячного опромінення. Даний показник доволі часто є найбільш вагомим для горіхових культур з огляду на виняткові вимоги саме для освітлення в поєднані з необхідним рівнем вологи.

В таблиці 2 показано особливості сонячної активності для різних частин крони та можливості листкової поверхні у використані світового потоку. Більш перспективним з огляду на врожайність а мінливість цієї ознаки є показники центральної частини, що відтворюють фактично динаміку по врожайності.

Так, саме ефективність опрацьовування сонячної енергії центральної частини переважає у більш продуктивного сорту Промін, проміжне положення між сортами Промінь та Слава Україні має сорт Альмінский, потім йдуть сорти Чандлер та Слава України. Значимої варіативності за верхньої (F=3,01; $F_{0,05}$=3,84; P=0,07) та нижньої третини за генотипами немає(F=3,34; $F_{0,05}$=3,84; P=0,06).

Також визначали фотосинтетичну активність за показником SPAD та концентрацією хлорофілу у листкової поверхні. Набагато кращими були при попарному порівняні сорти Промінь (F=23,17; $F_{0,05}$=3,84; P=0,001), потім Альмінський (F=12,14; $F_{0,05}$=3,84; P=0,001), значно поступалися сорти Чандлер та Слава Україні (F=45,14; $F_{0,05}$=3,84; P=0,0001), достовірної різниці між котрими немає(F=3,92; $F_{0,05}$=5,45; P=0,08).

Щоб встановити вагомість окремих факторів при впливі на формування врожайних параметрів було проведено факторний (таблиця 4) та дискримінантний аналізи (таблиця 5, рисунок 1). Показано, що за мінливістю окремих ознак, що в залежності від сорту та врожайності, перебували такі ознаки як SPAD та усі три типи освітлення в залежності від частини крони. Але попередня таблиця не зовсім узгоджується з цими даними, тому для більшої ідентифікаційної сили був проведений дискримінантний аналіз (таблиця 5, рис. 1).

Результати цього аналізу показали, що істотними були для врожайності SPAD. Усі інші параметри були недостовірні.

Таблиця 1

Основні показники продуктивності сортів горіху грецького(x ± SD, n = 40)

Ознака	Слава Україні	Промінь	Чандлер	Альмінський
Врожай з дерева, кг	28,11 ± 2,09[a]	49,17 ± 1,11[b]	29,18 ± 1,17[a]	34,11 ± 1,14[ac]
Cv, %	9,78	5,37	5,44	6,11
Врожай, т*га$^{-1}$	4,78 ± 0,47[a]	8,34 ± 0,29[b]	4,14 ± 0,21[a]	5,92 ± 0,35[c]
Cv, %	10,32	4,98	5,99	7,09
Вихід горіха,%	51,5 ± 3,11[a]	50,51 ± 2,81[a]	52,13 ± 1,98[a]	59,23 ± 3,66[b]
Cv, %	4,97	3,12	2,98	4,43

Примітка: різниця статистично достовірна за факторним аналізом ANOVA за концентраціями при $P_{0,05}$

Таблиця 2

Освітленість за кроною сортів горіху грецького (2020–2022 рр.) (x ± SD, n = 5)

Сорт	Верхня третина		Центральна		Нижня третина	
	люкс	%	люкс	%	люкс	%
Слава Україні	8433[a]	10,3	7300[a]	9,0	2633[a]	3,2
Промінь	8940[a]	11,6	7930[b]	9,6	3010[a]	4,1
Чандлер	8100[a]	9,4	6260[c]	7,2	2900[a]	3,3
Альмінський	8630[a]	10,0	7440[ab]	9,2	3100[a]	3,2

Примітка: різниця статистично достовірна за факторним аналізом ANOVA за концентраціями при $P_{0,05}$

Таблиця 3

Фотосинтетична активність (2020–2022 рр.) (x ± SD, n = 20)

Сорт	SPAD	SD	Chl, мкмоль/м$^{-2}$	SD
Слава Україні	46,47[a]	1,86	582,9[a]	15,10
Промінь	55,20[b]	0,87	784,8[b]	9,21
Чандлер	45,17[a]	0,95	555,8[a]	9,66
Альмінський	49,77[c]	0,45	655,2[c]	6,45

Примітка: різниця статистично достовірна за факторним аналізом ANOVA за концентраціями при $P_{0,05}$

Таблиця 4

Факторний аналіз окремих елементів

Джерело варіації	SS	df	MS	F	P	$F_{критичне}$
SPAD	180,15	3	60,05	45,15	<0,01	4,06
Освітленість-1	2442500	3	814166,7	7,75	<0,01	4,06
Освітленість-2	3656667	3	1218889	12,19	<0,01	4,06
Освітленість-3	2529167	3	843055,6	8,95	<0,01	4,06

Таблиця 5

Дискримінантний аналіз елементів фотосинтетичної активності

Змінні в моделі	Коефіцієнт Уїлкса λ	F-remove (3,50)	p-level
SPAD	0,040	10,05	0,014
Освітленість-1	0,017	0,60	0,474
Освітленість-2	0,015	2,86	0,197
Освітленість-3	0,009	1,01	0,428

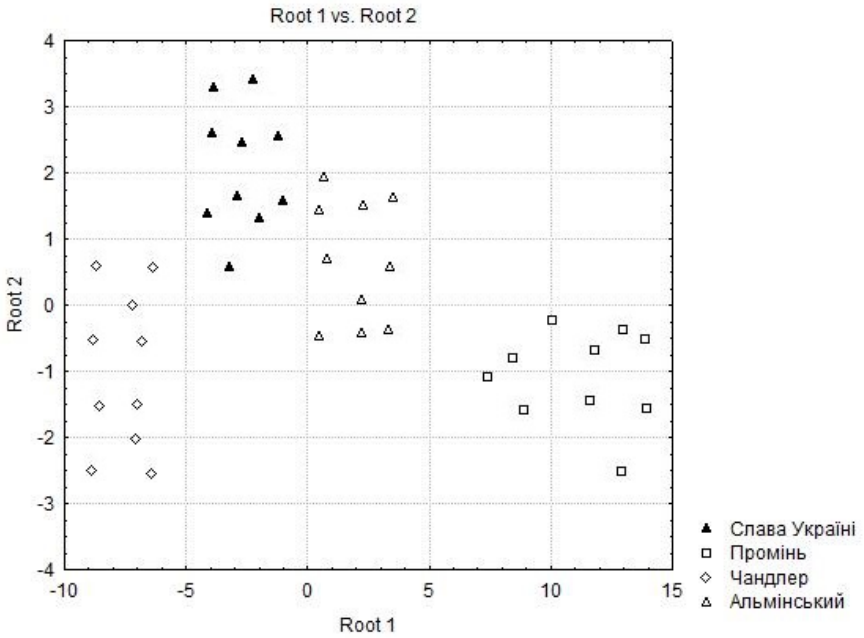


Рис. 1. Результати аналізу класифікації сортів в факторному просторі

За результатами аналізу в просторі канонічних функцій знаходимо (рис. 1), що можна поділити за механізмом використання надходження світової енергії досліджувані сорти на дві групи (що дає в взаємодії досліджуваних факторів принципово нову картину).

До першої групи належав сорт Промінь, котрий формував суттєво вищу врожайність та показував суттєво вищі показники, до другої групи віднеслися усі інші сорти Альмінский, Чандлер, Слава Україні. Таким чином, хоч врожайність і суттєво для регіону залежить від фотосинтетичної активності, варто мати додаткові можливості для ідентифікації статистично достовірних, але не таких вагомих за позитивними врожайними якостями сортів як сорт Альмінський.

Висновки. Ураховуючи особливості формування продуктивності в зоні півночі Степу, можна вважати доведеним, що ключове значення має ефективність у використанні сонячного опромінення для утворення товарних горіхів саме центральної частини крони при напівінтенсивному обрізані. Разом з тим, даний тип найбільш придатний для такого же сорту Промінь. Інтенсивний сорт Чандлер не показав високого врожаю або якихось додаткових відмінних переваг. Про високу продуктивність свідчить перш за все фотосинтетична активність, але вона є достатньо грубим критерієм для оцінки продуктивності і, якщо у випадку високоврожайного сорту Промінь можна виявити корисну ознаку лише за цим показником, то для сортів з менш вагомою прибавкою до врожайності це неможливо і там необхідний пошук додаткових критеріїв. Більш високоврожайним та рекомендується для вирощування в виробничих посівах сорт Промінь, обмежено перспективним може бути сорт Альмінский.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Aydemirm B., Yılgın Y. (2022). Investigation of Torrefaction and Combustion Behavior of Hazelnut

Shell. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 12(1), 51–65. https://doi.org/10.31466/kfbd.974829
2. Bodaghabadi M.B., Faskhodi A.A., Salehi M.H., Hosseinifard S.J., Heydari M. (2019). Soil suitability analysis and evaluation of pistachio orchard farming, using canonical multivariate analysis. *Scientia Horticulturae*, 246, 528–534. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.10.069
3. Calà E., Fracchia A., Robotti E., Gulino F., Gullo F., Oddone M., Massacane M., Cordone G., Aceto, M. (2022). On the Traceability of the Hazelnut Production Chain by Means of Trace Elements. Molecules, 27, 3854. https://doi.org/10.3390/molecules27123854
4. Campa N.A., Rodríguez M.R, Suárez V.B., Ferreira, J.J. (2021). Variation of Morphological, Agronomic and Chemical Composition Traits of Local Hazelnuts Collected in Northern Spain. *Frontiers Plant Science*, 12, 659510. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.659510
5. Črepinšek Z., Stampar F., Kajfež-Bogataj L., Solar A. (2011). The response of Corylus avellana L. phenology to rising temperature in north-eastern Slovenia. *International Journal of Biometeorology*, 56, 681–694. https://doi.org/10.1007/s00484-011-0469-7
6. Cristofori V., Pica A.L., Silvestri C., Bizzarri S. (2018). Phenology and yield evaluation of hazelnut cultivars in Latium region. *Acta Horticulturae*, 1226, 123–130. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1226.17
7. Di Lena B., Curci G., Vergni L., Farinelli D. (2022). Climatic Suitability of Different Areas in Abruzzo, Central Italy, for the Cultivation of Hazelnut. *Horticulturae*, 8, 580. https://doi.org/10.3390/horticulturae8070580
8. Erbaş N., Çınarer G., Kılıç K. (2022). Classification of hazelnuts according to their quality using deep learning algorithms. *Czech Journal Food Science*, 40, 240–248. https://doi.org/10.17221/21/2022-CJFS
9. Jenderek M.M., Serimian J.C., Postman J.D., Hummer K.E., Yeater K.M. (2022). Yield and nut characteristics of hazelnut genotypes grown in San Joaquin Valley. *California. Crop Science*, 62(3), 1188–1199. https://doi.org/10.1002/csc2.20720
10. Jha P.K., Materia S., Zizzi G., Costa-Saura J.M., Trabucco A., Evans J., Bregaglio S. (2021). Climate change impacts on phenology and yield of hazelnut in Australia. *Agricultural Systems*, 186, 102982. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102982

REFERENCES:

1. Aydemirm B., Yılgın Y. (2022). Investigation of Torrefaction and Combustion Behavior of Hazelnut Shell. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 12(1), 51–65. https://doi.org/10.31466/kfbd.974829
2. Bodaghabadi M.B., Faskhodi A.A., Salehi M.H., Hosseinifard S.J., Heydari M. (2019). Soil suitability analysis and evaluation of pistachio orchard farming, using canonical multivariate analysis. *Scientia Horticulturae*, 246, 528–534. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.10.069
3. Calà E., Fracchia A., Robotti E., Gulino F., Gullo F., Oddone M., Massacane M., Cordone G., Aceto, M. (2022). On the Traceability of the Hazelnut Production Chain by Means of Trace Elements. Molecules, 27, 3854. https://doi.org/10.3390/molecules27123854
4. Campa N.A., Rodríguez M.R, Suárez V.B., Ferreira, J.J. (2021). Variation of Morphological, Agronomic and Chemical Composition Traits of Local Hazelnuts Collected in Northern Spain. *Frontiers Plant Science*, 12, 659510. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.659510
5. Črepinšek Z., Stampar F., Kajfež-Bogataj L., Solar A. (2011). The response of Corylus avellana L. phenology to rising temperature in north-eastern Slovenia. *International Journal of Biometeorology*, 56, 681–694. https://doi.org/10.1007/s00484-011-0469-7
6. Cristofori V., Pica A.L., Silvestri C., Bizzarri S. (2018). Phenology and yield evaluation of hazelnut cultivars in Latium region. *Acta Horticulturae*, 1226, 123–130. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1226.17
7. Di Lena B., Curci G., Vergni L., Farinelli D. (2022). Climatic Suitability of Different Areas in Abruzzo, Central Italy, for the Cultivation of Hazelnut. *Horticulturae*, 8, 580. https://doi.org/10.3390/horticulturae8070580
8. Erbaş N., Çınarer G., Kılıç K. (2022). Classification of hazelnuts according to their quality using deep learning algorithms. *Czech Journal Food Science*, 40, 240–248. https://doi.org/10.17221/21/2022-CJFS
9. Jenderek M.M., Serimian J.C., Postman J.D., Hummer K.E., Yeater K.M. (2022). Yield and nut characteristics of hazelnut genotypes grown in San Joaquin Valley. *California. Crop Science*, 62(3), 1188–1199. https://doi.org/10.1002/csc2.20720
10. Jha P.K., Materia S., Zizzi G., Costa-Saura J.M., Trabucco A., Evans J., Bregaglio S. (2021). Climate change impacts on phenology and yield of hazelnut in Australia. *Agricultural Systems*, 186, 102982. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102982

Лядська І.В., Цилюрик О.І., Іжболдін О.О., Пащенко Н.О. Особливості формування врожайності в сучасних сортів горіху грецького в умовах зони нестійкого зволоження

Інтенсифікація виробництва горіхової продукції в умовах зони нестійкого зволоження має виняткове значення для розвитку галузі АПК в умовах регіону, що передумовлено винятковими властивостями та споживною цінністю горіхової продукції як невід'ємного компоненту повноцінного харчування людини. **Мета.** Метою було встановити особливості формування врожайності чотирьох сортів гороху грецького та визначити вплив фотосинтетичної активності та ефективності формування напівінтенсивної крони на показники продуктивності. **Методи.** Польові досліди проводили протягом 2020–2022 рр., зразки відбирали у трикратній повторності на дослідних ділянках горіху грецького ТОВ «Агромаг» с. Знаменівка Новомосковського району Дніпропетровської області. Досліджували чотири сорти горіху грецького Слава Україні, Промінь, Чандлер, Альмінський. Облік урожаю горіхів проводили суцільним поділяночним збиранням, схема посадки 4 по 10 кожного сорту (4 × 5). Обрізання проводили напівінтенсивним методом. **Результати.** Генотипова варіативність була значима, річні темпи зростання були ще більш значимі. Значно виділився від інших сортів сорт Промінь, проміжне положення займав сорт Альмінський, на одному рівні, але значно поступаючись іншим сортам були сорти Слава Україні та Чандлер. Саме ефективність опрацьовування сонячної енергії центральної частини переважає у більш продуктивного сорту Промінь, проміжне положення між сортами Промінь та Слава Україні має сорт Альмінский, потім йдуть сорти Чандлер та Слава України. Значимої варіативності за

верхньої та нижньої третини за генотипами немає. За механізмом використання надходження світової енергії досліджувані сорти діляться на дві групи. До першої групи належав сорт Промінь, котрий формував суттєво вищу врожайність та показував суттєво вищі показники, до другої групи віднеслися усі інші сорти Альмінский, Чандлер, Слава Україні. **Висновки.** Ключове значення має ефективність у використанні сонячного опромінення для утворення товарних горіхів саме центральна частина крони при напівінтенсивному обрізані. Даний тип найбільш придатний для такого же сорту Промінь. Інтенсивний сорт не показав високого врожаю або якихось додаткових відмінних переваг. Про високу продуктивність свідчить перш за все фотосинтетична активність, але вона є достатньо грубим критерієм для оцінки продуктивності.

Ключові слова: горіх грецький, сорт, врожай, фотосинтетична активність.

Liadska I.V., Tsyliuryk O.I., Izhboldin O.O., Paschenko N.O. Peculiarities of yield formation for modern varieties of walnut under the conditions of the zone of unstable precipitations

The intensification of the production of nut products in the conditions of the zone of unstable moisture is of exceptional importance for the development of the agricultural industry in the conditions of the region, which is predetermined by the exceptional properties and consumption value of nut products as an integral component of a complete human diet. **Purpose.** The aim was to establish the features of yield formation of four varieties of buckwheat and to determine the influence of photosynthetic activity and the efficiency of semi-intensive crown formation on productivity indicators. **Methods.** Field experiments were conducted during 2020–2022, samples were taken in triplicate at the walnut test plots of LLC Agromag v. Znamenivka of the Novomoskovsk district of the Dnipropetrovsk region. Four walnut varieties Promin, Alminsky, Chandler, Slava Ukraine were studied. The record of the nut harvest was carried out by continuous divisional harvesting, the planting scheme was 4 by 10 of each variety (4 × 5). Circumcision was performed using a semi-intensive method. **Results.** Genotypic variability was significant, annual growth rates were even more significant. The variety Promin stood out significantly from the other varieties, the variety Alminsky occupied an intermediate position, on the same level, but significantly inferior to the other varieties, were the varieties Slava Ukraine and Chandler. It is the efficiency of the processing of solar energy of the central part that prevails in the more productive variety Promin, the intermediate position between the varieties Promin and Slava Ukraine is held by the variety Alminsky, followed by the varieties Chandler and Slava Ukraine. There is no significant variability in the upper and lower thirds by genotypes. According to the mechanism of use of the incoming world energy, the studied varieties are divided into two groups. The first group included the variety Promin, which formed a significantly higher yield and showed significantly higher indicators, the second group included all other varieties Alminsky, Chandler, Slava Ukraine. **Conclusions.** It is the central part of the crown with semi-intensive pruning that is of key importance in the use of solar radiation for the formation of marketable nuts. This type is most suitable for the same variety of Promin. The intensive variety did not show a high yield or any additional distinctive advantages. High productivity is primarily evidenced by photosynthetic activity, but it is a fairly rough criterion for evaluating productivity.

Key words: walnut, variety, yield, photosynthetic activity.

УДК 633.15:631.53.01
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.27

СИСТЕМА НАСІННИЦТВА ТА ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ДОБОРУ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ

ПАЩЕНКО Н.О. – кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0003-2335-4779
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
ЛОБКО Т.К. – старша викладачка
orcid.org/0000-0002-5584-6041
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Постановка проблеми. Система насінництва кукурудзи містить кілька етапів: 1 – створення й розмноження самозапильних ліній (оригінатори гібридів, власники та підтримувачі гібридів, які виробляють насіння вихідних батьківських форм); 2 – виробництво й розмноження насіння батьківських форм (супереліти, еліти, першої та другої генерації самозапильних ліній і їх аналогів, першого покоління гібридів-батьківських форм); 3 – виробництво насіння першого покоління (F_1) гібридів кукурудзи; 4 – післязбиральна доробка насіння на насіннєвих заводах.

У звичайній усталеній системі насінництва, яка існує з кінця 50-х років XX століття, всі етапи виробництва й доробки насіння виконують різні підприємства–виробники, де контроль якості можна здійснити лише на певному етапі й відповідальність за рівень типовості або гібридності насіння, а також за посівні якості несуть різні юридичні особи. На відміну від цього, у фірмовій системі насінництва, де всі етапи виробництва насіння (від створення батьківських компонентів до передпосівної підготовки насіння F_1) сконцентровані в одному підприємстві й виконуються в єдиному технологічному циклі, контроль якості здійснюється безпосередньо на цьому підприємстві й відповідальність за всі показники несе одна юридична особа [1].

На практиці використовуються 2 методи контролю сортових якостей насіння кукурудзи: польовий (ґрунт-контроль) і лабораторний (електрофорез). Методом електрофорезу зеїна можна визначити рівень типовості або гібридності насіння самозапильних ліній, простих, модифікованих, трилінійних і подвійних міжлінійних гібридів. До переваг цього методу можна віднести те, що контроль якості можна здійснити задовго до сівби, до недоліків – можливу невідповідність пробного зразка всій партії насіння й обов'язкова наявність зразків вихідних батьківських форм. Ґрунтовий контроль проводять з метою доповнення та уточнення даних польової апробації в разі виникнення спірних питань. При цьому ідентифікують морфологічні ознаки рослин з метою виявлення нетипових. Ґрунтовий контроль проводять в той же сезон, коли й було реалізовано насіння, тому його результати несуть, як правило, застарілий характер.

Селекційно-насінницькі підприємства, що використовують у своїй практиці фірмову систему насінництва, ґрунтовий контроль кожної партії насіння проводять в т.зв. зимових розсадниках в південній півкулі. Його перевагою є те, що задовго до реалізації насіння в зимовий період визначається рівень типовості й сортової чистоти гібридів і на цій підставі, після отримання достовірних даних, приймається рішення щодо відповідності кожної партії [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Насіння гібридів для товарного виробництва має відповідати нормам якості, згідно з якими вміст основного насіння має становити не менше 98 %, схожість не менше 92 %, вологість не вище 14 %. За методикою, розробленою в Інституті зернового господарства розрізняють 7 класів пошкодження насіння [3]. Найбільш небезпечні пошкодження 1–3 класів, пов'язані з макротравмами зародка й ушкодженням шкідниками. Від цих травм насіння буває несхожим або з сильно зниженою життєздатністю й схожістю (табл. 1).

До 4 класу відносяться насіння з макротравмами ендосперму, що призводить до ураження хворобами й зниження схожості. До 5–6 класу відносять насіння з мікротравмами зародка й макротравмами насіння

Таблиця 1

Норми посівних якостей насіння кукурудзи за методом індексованої оцінки придатності (Інститут зернового господарства)

Показники	Індекс придатності		
	високий	середній	низький
Схожість, % • лабораторна • холодне пророщування	96–100 85–100	93–95 70–84	92 <70
Енергія проростання, % • всього • Δ зі схожістю	92–100 3–4	85–95 5–10	70–84 >10
Кількість сильних ростків довжиною >5 см	90–100	80–90	<80
Травмування зародка (механічне), %	<10	10–20	>20
Тріщинуватість насіння (теплова), %	<30	30–50	>50

у вигляді обваленого зародкового чохлика, що призводить до зниження сили росту, що в свою чергу впливає на польову схожість і продуктивність рослин. 7 клас пошкоджень характеризується мікротравмами ендосперму у вигляді внутрішніх тріщин, які ослаблюють насіння в процесі зберігання [4, 5].

При обваленні зародкового чохлика біля основи зародка часто з'являється чорна цяточка. Це свідчить про відмирання провідних тканин і припинення надходження пластичних речовин до зернівки, тобто відбувається процес дозрівання зерна. При утворенні стійкої чорної цятки зерно знаходиться у повній стиглості і його вологість ≤30–35 %. Не слід плутати чорну цятку біля основи зародка зерна кукурудзи з т.зв. «чорним зародком» у колосових злаків, який проявляється внаслідок ураження грибами Alternaria teenis Nees (альтернаріоз) та рідше Helminthosporium sativum P. K. et B. (гельмінтоспоріоз) [2].

Вміст в загальній партії 5 % насіння з макротравмами зародка практично не впливає на польову схожість, 10 %-й вміст знижує показники на 3–8 %, 15 %-й – на 5–11 %, 20–30 %-й – на 9–22 %. При протруюванні пестицидами показники схожості партії насіння з різним вмістом травмованих зародків підвищуються в середньому на 5 %.

Обробка насіння пестицидами (фунгіцидами та інсектицидами) істотно знижує ураження насіння й проростків хворобами й пошкодження шкідниками, внаслідок чого значно збільшується польова схожість. Обробка насіння системними препаратами запобігає ймовірності захворювання рослин і пошкодження шкідниками в більш пізні періоди росту й розвитку. Цей прийом вважається обов'язковим у технології підготовки насіння кукурудзи. Обробку інсектицидами доцільно проводити при перевищенні економічного порогу шкодочинності ґрунтових шкідників (дротяників і несправжніх дротяників), який становить 2 екз./м^2. Обробка насіння мікроелементами й стимуляторами росту підсилює стійкість рослин до несприятливих погодних факторів, покращує процеси росту, розвитку та формування продуктивності.

Оптимальним терміном протруювання насіння вважається період за 10 днів до сівби, однак практика насінницьких підприємств свідчить про можливість довгострокового (2–3 роки) зберігання протруєного насіння кукурудзи без істотного зниження якісних показників. На сучасних насіннєвих заводах насіння завчасно обробляється пестицидами й відразу ж підсушується до відповідної вологості, тому небезпеки з пониженням якості у завчасно протруєного насіння немає. Подвійна, та що чергується у часі, обробка насіння протруйниками не завжди виправдана, оскільки при цьому може бути знижена ефективність попереднього препарату внаслідок порушення цілісності прилипачів, часткового вимивання діючої речовини, зниження його концентрації, рівномірності розподілу й т.і. Комплексну обробку доцільно проводити безпосередньо на насіннєвих заводах за попереднім замовленням. При цьому зменшуються виробничі витрати та вартість насіння.

Мета. Ціллю досліджень було виявлення оптимальних схем посіву батьківських форм гібридів на ділянках гібридизації кукурудзи, які б забезпечували повноцінне запилення і озернення качанів материнського компонента. Окремим етапом роботи було виявлення основних критеріїв добору гібридів кукурудзи на основі сучасних даних змін клімату, біологічних властивостей і господарсько-цінних ознак нових гібридів кукурудзи.

Матеріали та методика досліджень. Польові експерименти проводили за загальноприйнятими в рослинництві методиками [6]. Досліди закладали методом розщеплених ділянок, де ділянками першого порядку були батьківські форми гібридів кукурудзи, другого – схеми їх посіву на ділянках гібридизації.

Результати досліджень. Вирощування насіння гібридів першого покоління здійснюється на ділянках гібридизації шляхом висіву батьківських компонентів з чергуванням рядків материнської і батьківської форм у співвідношенні 2:1, 3:1, 4:1 та 5:1 (схеми посіву відповідно 4:2, 6:2, 8:4 та 10:2). Найбільш поширеною і технологічно зручною є схема посіву 6:2 (рис. 1).

За різних схем посіву змінюється не лише співвідношення батьківських компонентів, а і продуктивна частка материнської форми, що в цілому позначається на урожайності насіння з одиниці площі. При цьому слід враховувати, що збільшення частки материнської форми призводить до закономірної віддаленості її рядків у посіві від рослин-запилювачів. Багаторічні спостереження і дослідження авторів, які були проведені в різні роки в Дослідному господарстві «Дніпро» і науково-виробничому фермерському господарстві «Компанія Маїс» свідчать, що при поступовій віддаленості рядів рослин материнської форми від батьківської в посіві планомірно знижується ступінь запліднення, а отже і величина озерненості качанів першої із них (табл. 2). Тобто, збільшення частки материнської форми на ділянках гібридизації не завжди призводить до росту урожайності насіння внаслідок зниження ступеня озерненості качанів.

Подальший аналіз, який проводили через побудову точкової діаграми із нанесенням даних фактичних показників озерненості качанів, дозволив відтворити тренд зміни ступеня запліднення залежно від рівновеликої віддаленості рядів материнської форми від батьківської на ділянках гібридизації. Він підтверджує загальну концепцію того, що віддаленість рядів батьківських компонентів не повинна перевищувати 2,1 м, за якої ступінь озерненості качанів материнської форми становить більше 80 % (рис. 2). Такий тип можливий за схеми посіву 6:2.

♂ ♀ ♀ ♀ ♀ ♀ ♀ ♂

Рис. 1. Схема розташування батьківського (♂) і материнського (♀) компонентів на ділянках гібридизації за схемою посіву 6:2

Таблиця 2

Ступінь озерненості качанів за різної віддаленості рядів материнської форми від батьківської, %

Схеми посіву	Віддаленість рядів материнської форми від батьківської:				
	0,7 м	1,4 м	2,1 м	2,8 м	3,5 м
6:2	87,7	81,4	75,7	–	–
10:2	88,9	82,3	80,3	72,8	67,5

Рис. 2. Тренд зміни ступеня озерненості качанів материнської форми за різної віддаленості її рядів від батьківської

За якими ознаками потрібно підбирати гібриди кукурудзи? Перш за все, слід визначити наявність теплових і водних ресурсів, необхідних для визрівання гібридів з різним терміном вегетації та визначитися з групою стиглості гібридів. Для вирощування на зерно найбільш важливі господарсько цінні ознаки гібридів кукурудзи – врожайність і вологість зерна, які дуже тісно пов'язані зі скоростиглістю. Для вирощування на силос в першу чергу необхідно визначити гібриди, які забезпечують високі показники формування вегетативної маси, вміст в ній сухої речовини й частини качанів із зерном. Не менш важливі адаптивні властивості гібридів – холодостійкість (для вирощування в ранніх посівах), жаростійкість та посухостійкість (при вирощуванні в посушливих регіонах).

Крім цього слід враховувати співвідношення показників врожайності та вологості зерна, що істотно впливає на економіку вирощування. Ця потенційна здатність гібридів знаходиться в тісному кореляційному зв'язку з показниками рентабельності виробництва та з високою часткою ймовірності (до 90 %) відображає співвідношення доходу від вирощеної продукції до витрат на її вирощування та доробку.

При розташуванні посівів кукурудзи в різних ґрунтово-кліматичних зонах слід враховувати, що в північних регіонах теплові ресурси для середньопізніх гібридів обмежені, в зв'язку з чим їх дозрівання може бути досить тривалим [7, 8, 9]. У південних регіонах критичним може бути дефіцит ґрунтової вологи і в окремі роки середньопізні гібриди дозрівають передчасно та формують меншу урожайність, ніж середньостиглі гібриди [10, 11]. Просування посівів кукурудзи з південного сходу на північний захід супроводжується поліпшенням умов вологозабезпечення й зниженням надходження сонячної радіації та тепла, що подовжує період вегетації гібридів від 7 до 14 днів. Внаслідок кращої вологозабезпеченості та достатніх ресурсів тепла збільшення врожайності зерна супроводжується підвищеною його вологістю.

Проходження основних фаз розвитку, як то цвітіння, формування й налив зерна у гібридів різних груп стиглості відбувається в різний час, який може співпадати або ні з настанням несприятливих погодних умов (повітряної та ґрунтової посухи, спеки тощо). До того ж гібриди і визрівають в різний час та з різною вологістю зерна. В зв'язку з цим для запобігання втрат урожайності єдиним гібридом у господарстві доцільно висівати кілька гібридів різних груп стиглості.

Висновки. По мірі віддалення рядів рослин материнської форми від батьківської на ділянках гібридизації знижується ступінь запліднення і величина озерненості качанів з 88–90 до 65–67 % і нижче. Віддаленість рядів батьківських компонентів не повинна перевищувати 2,1 м, за якої ступінь озерненості качанів материнської форми становить більше 80 %. Такий тип можливий за схеми посіву 6:2.

Для вирощування на зерно слід враховувати найбільш важливі господарсько цінні ознаки гібридів кукурудзи – врожайність і вологість зерна, а також адаптивні властивості гібридів – холодостійкість, жаростійкість, посухостійкість. З метою стабілізації виробництва продукції, створення збирального конвеєра й оптимізації витрат, а також уникнення негативного впливу змін клімату рекомендується висівати декілька гібридів кукурудзи різних груп стиглості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Насінництво кукурудзи (науково-методичні рекомендації) / За ред. Б.В. Дзюбецького. Дніпропетровськ : Роял Принт, 2012. 184 с.
2. Пащенко Ю.М., Борисов В.М. Технологія вирощування гібридів кукурудзи. Дніпропетровськ : АРТ-ПРЕС, 2015. 184 с.
3. Оптимізація технологічних процесів збирання, обробки та зберігання зерна кукурудзи : науково-практичні рекомендації / Інститут сільського господарства степової зони. Дніпропетровськ, 2011. 36 с.
4. Кирпа М.Я., Пащенко Н.О., Базілєва Ю.С. Природа травмування насіння та методи його визначення. *Селекція і насінництво.* 2009. Вип. 97. С. 196–201.
5. Науково-практичні рекомендації по збиранню, обробці і збереженню зерна кукурудзи / Інститут зернового господарства. Дніпропетровськ, 2010. 30 с.
6. Методика проведення польових дослідів з кукурудзою / Лебідь Є.М. та ін. Дніпропетровськ, 2008. 27 с.
7. Тенденції змін клімату України на початок XXI століття. *Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2000 році* : М-во екології та природних ресурсів. Київ. : Видавництво Раєвського, 2001. С. 92–94.
8. Клімат України / за ред. В.М. Ліпінського та ін. Київ : Вид-во Раєвського, 2003. 343 с.
9. Пащенко Ю.М., Борисов В.М., Шишкіна О.Ю. Адаптивні і ресурсозбережні технології вирощування гібридів кукурудзи : монографія. Дніпропетровськ : АРТ-ПРЕС, 2009. 225 с.
10. Вожегова Р.А., Лавриненко Ю.О., Марченко Т.Ю. Теоретичні основи та практичні результати селекції гібридів кукурудзи інтенсивного типу для умов зрошення : монографія. Херсон : Олді +, 2021. 338 с.
11. Лавриненко Ю.О., Марченко Т.Ю., Базиленко Є.О. Морфо-фізіологічні моделі гібридів кукурудзи різних за групами стиглості ФАО 150–600 в умовах зрошення. *Наукові читання до 85-річчя від дня народження В.Г. Вировця*. 2022. С. 49.

REFERENCES:

1. Dziubetskyi, B.V. (2012). *Nasinnytstvo kukurudzy (naukovo-metodychni rekomendatsii) [Corn seeding (scientific and methodical recommendations)].* Dnipropetrovsk: Royal Print [in Ukrainian].
2. Pashchenko, Yu.M., & Borysov, V.M. (2015). *Tekhnolohiia vyroshchuvannia hibrydiv kukurudzy [Technology of growing corn hybrids].* Dnipropetrovsk: ART-PRES [in Ukrainian].
3. *Optymizatsiia tekhnolohichnykh protsesiv zbyrannia, obrobky ta zberihannia zerna kukurudzy* (2011) [Optimization of technological processes of harvesting, processing and harvesting of corn grain (scientific and practical recommendations)]. Dnipropetrovsk: Instytut silskoho hospodarstva stepovoi zony [in Ukrainian].
4. Kyrpa, M.Ia., Pashchenko, N.O., & Bazilieva, Yu.S. (2009). *Pryroda travmuvannia nasinnia ta metody yoho vyznachennia* [The nature of seed injury and methods of its determination]. *Selektsiia i nasinnytstvo – Breeding and seed production, 97, 196-201* [in Ukrainian].
5. *Naukovo-praktychni rekomendatsii po zbyranniu, obrobtsi i zberezhenniu zerna kukurudzy* (2010). [Scientific and practical recommendations for harvesting, processing and preservation of corn grain]. Dnipropetrovsk: Instytut zernovoho hospodarstva [in Ukrainian].
6. Lebid, Ye.M. et al. (2008). *Metodyka provedennia polovykh doslidiv z kukurudzoiu [Methods of field experiments with corn].* Dnipropetrovsk [in Ukrainian].
7. *Tendentsii zmin klimatu Ukrainy na pochatok XXI stolittia* (2003). [Trends in climate change in Ukraine at the beginning of the XXI century]. Natsionalna do-povid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha v Ukraini u 2000 rotsi, Kyiv: Vydavnytstvo Raievskoho [in Ukrainian].
8. Lipinskoho, V.M. et al. (2003). *Klimat Ukrainy [Climate of Ukraine].* Kyiv: Vydavnytstvo Raievskoho [in Ukrainian].
9. Pashchenko, Yu.M., Borysov, V.M., & Shyshkina, O.Iu. (2009). *Adaptyvni i resursozberezhni tekhnolohii vyroshchuvannia hibrydiv kukurudzy* [Adaptive and resource-saving technologies for growing corn hybrids]. Dnipropetrovsk: ART-PRES [in Ukrainian].
10. Vozhehova R.A., Lavrynenko Yu.O., & Marchenko T.Iu. *Teoretychni osnovy ta praktychni rezultaty selektsii hibrydiv kukurudzy intensyvnoho typu dlia umov zroshennia [Theoretical foundations and practical results of the selection of intensive-type corn hybrids for irrigation conditions].* Kherson: Oldi+ [in Ukrainian].
11. Lavrynenko, Yu.O., Marchenko, T.Iu., & Bazylenko, Ye.O. (2022). Morfo-fiziolohichni modeli hibrydiv kukurudzy riznykh za hrupamy styhlosti FAO 150–600 v umovakh zroshennia [Morpho-physiological models of maize hybrids of different FAO maturity groups 150–600 under irrigation conditions]. *Naukovi chytannia do 85-richchia vid dnia narodzhennia V.H. Vyrovtsia* [in Ukrainian].

Пащенко Н.О., Лобко Т.К. Система насінництва та основні принципи добору гібридів кукурудзи

Мета – виявлення оптимальних схем посіву батьківських форм гібридів на ділянках гібридизації кукурудзи для найповнішого запилення і озернення качанів. Розробка основних критеріїв добору гібридів кукурудзи на основі сучасних даних змін клімату, біологічних властивостей і ознак нових гібридів кукурудзи. **Методи.** Експерименти проводили за загальноприйнятими в рослинництві методиками, методом розщеплених ділянок. **Результати.** Система насінництва кукурудзи складається з кількох етапів: 1 – створення й розмноження самозапильних ліній; 2 – виробництво й розмноження насіння батьківських форм; 3 – виробництво насіння першого покоління (F_1); 4 – післязбиральна доробка насіння на насіннєвих заводах. У фірмовій системі насінництва всі етапи виробництва сконцентровані в одному підприємстві, ґрунтовий контроль кожної партії насіння проводять в зимових розсадниках в південній півкулі планети і в зимовий період визначається рівень типовості й сортової чистоти гібридів задовго до початку продажу насіння. Вирощування насіння гібридів першого покоління здійснюється на ділянках гібридизації шляхом висіву батьківських компонентів з чергуванням рядків материнської і батьківської форм у співвідношенні 2:1, 3:1, 4:1 та 5:1 (схеми посіву відповідно 4:2, 6:2, 8:4 та 10:2). Найбільш поширеною і технологічно зручною є схема посіву 6:2. По мірі віддалення рядів рослин материнської форми від батьківської на ділянках гібридизації знижується ступінь запліднення і величина озерненості качанів з 88–90 до 65–67 % і нижче. Розташування посівів кукурудзи з південного сходу на

північний захід України супроводжується покращанням умов вологозабезпечення й зниженням надходження сонячної радіації та тепла, що подовжує період вегетації гібридів на 7–14 днів і підвищенням вологості зерна. Проходження основних фаз розвитку (цвітіння, формування й налив зерна) у гібридів різних груп стиглості відбувається в різний час, який може співпадати або ні з повітряною або ґрунтовою посухою, спекою тощо. Для запобігання втрат урожайності єдиним гібридом у господарстві доцільно висівати кілька гібридів різних груп стиглості. **Висновки.** Віддаленість рядів батьківських компонентів не повинна перевищувати 2,1 м, за якої ступінь озерненості качанів материнської форми становить більше 80 %. Оптимальною схемою посіву батьківських форм на ділянках гібридизації є схема 6:2. Для вирощування на зерно слід враховувати важливі господарські ознаки гібридів кукурудзи – врожайність і вологість зерна, а також адаптивні властивості гібридів – холодостійкість, жаростійкість, посухостійкість. З метою уникнення негативного впливу змін клімату рекомендується висівати декілька гібридів кукурудзи різних груп стиглості.

Ключові слова: етапи виробництва насіння, ділянки гібридизації, схеми посіву, чергування рядків батьківських компонентів, ступінь запліднення, урожайність, вологість зерна.

Pashchenko N.O., Lobko T.K. System of seed production and basic principles of choice hybrids of corn

Purpose is to identify optimal schemes for hybrids parent forms sowing at the areas of corn hybridization for the most complete pollination and seeding of ears. Development of the main criteria for the selection of corn hybrids based on modern data of climate changes, biological peculiarities and traits of new corn hybrids. **Methods.** Experiments were carried out according to generally accepted methods for plant breeding, the method of split plots. **Results.** The corn seed production system consists of several stages: 1 – development and reproduction of self-pollinated lines; 2 – production and reproduction of parent forms seeds; 3 – production of seeds of the first generation (F_1); 4 – post–harvest processing of seeds at seed factories. In the company seed production system, all stages of production are concentrated in one plant, the soil control of each batch of seeds is carried out in winter nurseries in the southern hemisphere of the planet, and in the winter period the level of typicality and varietal purity of hybrids is determined long before the start of seed sales. Growing the seeds of the first generation hybrids is carried out on the hybridization plots by sowing parental components with alternating rows of maternal and paternal forms at the ratio of 2:1, 3:1, 4:1 and 5:1 (sowing schemes, respectively, 4:2, 6:2, 8:4 and 10:2). The 6:2 sowing scheme is the most common and technologically convenient. As the rows of plants of the maternal form move away from the parental form in the hybridization areas, the degree of fertilization and the grain size of the ears decrease from 88–90 to 65–67 % and below. The location of corn hybrids from the southeast to the northwest of Ukraine is accompanied by an improvement of the conditions of moisture supply and a decrease in the amount of solar radiation and heat, which extends the vegetation period of hybrids by 7–14 days and increases the grains moisture content. The terms of the main phases of development (flowering, formation and pouring of grain) for hybrids of different maturity groups occurs at different times, which may or may not coincide with air or soil drought, heat, etc. In order to prevent yield losses with a single hybrid in the farm, it is advisable to sow several hybrids of different maturity groups. **Conclusions.** The distance between rows of parent components should not exceed 2.1 m, at which the degree of seeding of ears of the mother form is more than 80 %. The 6:2 scheme is the optimal scheme for sowing parental forms on the hybridization plots. For grain cultivation, one should take into account important economic characteristics of corn hybrids – grain yield and moisture content, as well as adaptive possibilities of hybrids – cold resistance, heat resistance, drought resistance. In order to avoid the negative impact of climate changes, it is recommended to sow several corn hybrids of different maturity groups.

Key words: stages of seed production, the seed field, cropping schemes, alternating rows of parent components, the degree of fertilization, yield, grain moisture.

УДК 633.15:631.527
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.28

ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ СТАБІЛЬНОСТІ І ПЛАСТИЧНОСТІ БАТЬКІВСЬКИХ КОМПОНЕНТІВ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ВІДНОСНО ВРОЖАЙНОСТІ ЗЕРНА

СВІНІЦЬКИЙ Л.М. – провідний фахівець
orcid.org/0000-0002-3359-4840
Державна установа «Інститут зернових культур
Національної академії аграрних наук України»

Постановка проблеми. До батьківських компонентів і гібридів кукурудзи висувається вимога стійкості до екологічних факторів середовища, що лімітують формування потенційно можливої продуктивності. Ця проблема особливо актуальна в районах з різким проявом несприятливих для рослин елементів клімату. Батьківські компоненти вирізняються істотно меншою життєздатністю, послабленим ростом, слабкішою кореневою системою ніж гібриди, внаслідок чого вони більш схильні до впливу несприятливих факторів середовища і мають нижчий рівень урожайності порівняно з гібридами [1]. Це позначається на обсязі отриманого насіння батьківських компонентів і гібридів F_1, стабільності його виробництва і собівартості. У цьому плані вивчення та оцінка екологічної пластичності і стабільності батьківських компонентів, їх адаптації до реальних природно-кліматичних ситуацій є актуальним питанням сучасного процесу виробництва насіння кукурудзи. Визначення реакції батьківських компонентів на зміни зовнішнього середовища дасть інформацію щодо елементів технології вирощування та дозволить отримати оптимальну кількість високоякісного насіння, як самозапилених ліній, так і гібридів кукурудзи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останні публікації свідчать, що питання екологічної пластичності і стабільності сортів і гібридів на сьогоднішній день актуальне. Присяжнюк Л.М., Шовгун О.О., Король Л.В., Коровко І.І. досліджували 14 гібридів кукурудзи за показниками пластичності та стабільності ознак урожайності, вмісту білка та крохмалю з метою виділення перспективних високопродуктивних гібридів кукурудзи середньоранньої групи стиглості [2]. Спряжка Р.О., Жемойда В.Л. вивчали екологічну пластичність та стабільності 8 експериментальних гібридів кукурудзи з метою надання рекомендацій при впровадженні їх у виробництво [3]. Чернобай Л.М., Музафаров Н.М., Сікалова О.В., Китайова С.С. проаналізовано 12 гібридів кукурудзи харківської селекції за показниками пластичності і стабільності, щоб виявити найбільш сприятливу зону для їх вирощування, іншими словами, знайти «екологічну нішу» для кожного гібрида [4]. Адаптивні можливості кукурудзи до умов навколишнього середовища вивчали і інші науковці Федько М.М. [5], Каленська С.М., Єременко О.А., Крестьянінов Є.В., Таран В.Г., Риженко А.С. [6], Таран В.Г., Каленська С.М., Новицька Н.В., Данилів П.О. [7], але, як правило, вони досліджували гібриди F_1.

Мета дослідження – визначити екологічну стабільність та пластичність батьківських компонентів гібридів кукурудзи відносно врожайності зерна за різних погодних умов.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження проводилися на полях ДУ Інститут зернових культур НААН України протягом 2018–2021 рр. У досліді використовували 15 батьківських компонентів (самозапилених ліній) гібридів кукурудзи: ДК 216 М стерильна, ДК 216 СВЗМ, ДК 273 МВ, ДК 777 М, ДК 777 ЗМСВ, ДК 680 МВЗС, ДК 315 М стерильна, ДК 315 СВЗМ, ДК 239 МВ, НТ 004 стерильна, НТ 004 закріплювач, ТТ 005, ДК 2064 М, ДК 2064 СВЗМ, ДК 633/325 МВ. Статистичну обробку отриманих результатів здійснювали за методикою Мілька Д.О. [8]. Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) Селянінова Г.Т. [9] розраховували шляхом ділення кількості опадів (ΣR) у мм за період з температурами вище 10 °С, на суму активних температур (Σt > 10 °С) за той же час, яка зменшена у 10 разів:

$$\text{ГТК} = \frac{\sum \text{R}}{0{,}1 \times \sum \text{t}_{\text{акт.}>10°\text{C}}}.$$

Для визначення екологічної пластичності і стабільності використовували методику, розроблену Eberhart S.A., Russel W.A. [10]. Методика ґрунтується на обчисленні двох параметрів: коефіцієнта лінійної регресії b_i (екологічна пластичність) та дисперсії σ_d^2 (екологічна стабільність).

Умови проведення дослідження. Основним обмежуючим екологічним фактором вирощування кукурудзи в Україні є гідрологічні умови. Тому, питанню оцінки умов зволоження ми приділили особливу увагу. Оцінку умов зволоження проводили за допомогою гідротермічного коефіцієнту (ГТК), який дозволяє комплексно оцінити вплив атмосферних опадів та середньодобових температур повітря (за період вище 10 °С) на розвиток рослин кукурудзи. Так, у 2018 р. протягом травня і червня ГТК був нижчим за норму (0,57 та 0,80 відповідно), а в серпні за відсутності опадів дорівнював 0, а період визначався як посуха (табл. 1).

А за травень – вересень гідротермічний коефіцієнт дорівнював 0,77, що було нижче норми та визвало депресію у рослин кукурудзи внаслідок дії високих температур повітря та недостатньої кількості атмосферних опадів.

У 2019 р. показник ГТК, протягом травня та червня був нижчим за норму (0,87 та 0,43 відповідно). Високі температури повітря та недостатня кількість атмосферних опадів негативно вплинули на розвиток рослин кукурудзи. Проте у липні та серпні показник ГТК перевищував нормативні показники (0,89 та 0,88 відповідно). Отже, гідротермічні умови 2019 року були помірно

Таблиця 1

Показники гідротермічного коефіцієнта за період росту та розвитку рослин кукурудзи у 2018–2021 рр.

Рік	Травень		Червень		Липень		Серпень		Вересень	
	ГТК	± до с. б.*	ГТК	± до с. б.*	ГТК	± до с. б.*	ГТК	± до с. б.*	ГТК	± до с. б.*
2018	0,57	-0,39	0,80	-0,20	1,12	+0,27	0,00	-0,60	1,38	+0,60
2019	0,87	-0,06	0,43	-0,57	0,89	+0,04	0,88	+0,28	0,38	-0,40
2020	1,84	+0,91	0,75	-0,25	0,41	-0,44	0,16	-0,44	0,55	-0,23
2021	1,04	+0,10	2,89	+1,89	0,98	+0,13	0,75	+0,15	0,56	-0,22

Примітка: ± до с. б. – відхилення від середньо багаторічного ГТК*

посушливими. При цьому травень, липень, серпень були недостатньо зволоженими, а червень та вересень навіть дуже сухими, що істотно позначилося на проходженні процесів росту і розвитку у рослин кукурудзи та формуванні урожаю зерна.

Показник ГТК у 2020 р., протягом травня перевищував норму вдвічі (1,84), а в червні був нижчим за норму (0,75). У липні та серпні показник ГТК продовжував поступово знижуватися (0,41 та 0,16 відповідно). Таким чином, гідротермічні умови 2020 року були помірно посушливими на початку вегетації та дуже сухими у липні, серпні та вересні, що істотно позначилося на проходженні процесів росту і розвитку рослин кукурудзи та формуванні урожаю зерна.

В травні 2021 р. спостерігалась нестійка за температурним режимом, прохолодна погода з достатньою кількістю опадів (ГТК = 1,04). В червні кількість опадів суттєво перевищувала норму, часто спостерігались дощі і сильні зливи (ГТК = 2,89). Липень і серпень також були теплими, з достатньою кількістю опадів (ГТК = 0,98 та ГТК = 0,75 відповідно). У вересні спостерігалась нестійка, прохолодна, з дефіцитом опадів погода (ГТК = 0,56). В цілому, погодні умови 2021 р. були сприятливими для росту і розвитку рослин.

Таким чином, під час проведення досліджень 2018–2021 рр. агрометеорологічні умови були досить контрастними, що дозволяє нам визначити екологічну стабільність та пластичність батьківських компонентів гібридів кукурудзи відносно врожайності зерна.

Результати та обговорення. За роки досліджень було визначено урожайність зерна 15 батьківських компонентів, яка суттєво коливалась по рокам. Розмах варіації урожайності зерна по лініям складав від 0,2 до 0,6 т/га, а коефіцієнт варіації від 3,3 до 10,0 %, що свідчить про вплив погодних умов року на урожайність досліджуваних батьківських компонентів. Максимальна урожайність становила 3,14 т/га (ТТ 005) у 2021 р., а мінімальна – 1,71 т/га (ДК 273 МВ) у 2018 р. Середня урожайність по досліду за роки досліджень склала 2,53 т/га. Найбільш урожайними виявилися ТТ 005 (2,84 т/га), НТ 004 закріплювач (2,80 т/га), НТ 004 стерильна (2,79 т/га), ДК 2064 СВЗМ (2,79 т/га), ДК 315 СВЗМ (2,78 т/га) та ДК 315 М стерильна (2,74 т/га) (табл. 2).

Щоб виявити мінливість обставин вирощування батьківських компонентів ми провели розрахунок індексів умов середовища (I_j). Індекси умов середовища (Ij) можуть набувати як позитивних, так і негативних значень. Найкращі умови для розвитку генотипів склада-

Таблиця 2

Показники варіювання, екологічної пластичності і стабільності урожайності зерна батьківських компонентів гібридів кукурудзи 2018–2021 рр.

Батьківський компонент	Урожайність, т/га				Yi	R, т/га	V, %	b_i	σ_d^2
	2018 р.	2019 р.	2020 р.	2021 р.					
ДК 216 М ст.	1,95	2,22	2,09	2,31	2,14	0,36	7,3	0,88	0,0047
ДК 216 СВЗМ	1,80	2,16	2,02	2,21	2,05	0,41	9,0	0,96	0,0121
ДК 273 МВ	1,71	2,02	1,93	2,18	1,96	0,47	10,0	1,03	0,0126
ДК 777 М	2,28	2,37	2,18	2,40	2,31	0,22	4,3	0,53	0,0027
ДК 777 ЗМСВ	2,34	2,43	2,28	2,45	2,38	0,17	3,3	0,45	0,0011
ДК 680 МВЗС	2,23	2,46	2,26	2,30	2,31	0,23	4,4	0,36	0,0102
ДК 315 М ст.	2,59	2,80	2,51	3,06	2,74	0,55	9,0	1,42	0,0059
ДК 315 СВЗМ	2,59	2,94	2,52	3,07	2,78	0,55	9,6	1,58	0,0016
ДК 239 МВ	2,51	2,97	2,61	2,94	2,76	0,46	8,4	1,31	0,0086
НТ 004 ст.	2,77	2,74	2,57	3,06	2,79	0,49	7,3	0,95	0,0242
НТ 004 зак.	2,68	2,86	2,67	3,00	2,80	0,33	5,6	0,93	0,0007
ТТ 005	2,70	2,91	2,62	3,14	2,84	0,52	8,2	1,35	0,0045
ДК 2064 М	2,47	2,81	2,30	2,72	2,58	0,51	9,0	1,22	0,0190
ДК 2064 СВЗМ	2,62	2,81	2,75	2,99	2,79	0,37	5,5	0,83	0,0067
ДК 633/325 МВ	2,50	2,78	2,49	2,89	2,67	0,40	7,6	1,20	0,0001
Yj	2,38	2,62	2,39	2,71	2,53	–	–	–	–

ються при позитивному значенні індексу середовища, найгірші – при негативному. Згідно з отриманими даними, найбільш сприятливими роками випробування були 2021 р. (Ij = 0,19) та 2019 р. (Ij = 0,09); гірші умови для випробування склалися у 2018 р. (Ij = -0,14), та у 2020 р. (Ij = -0,14). Що підтверджується даними середньої урожайності за роками: 2021 р. – 2,71 та/га, 2019 р. – 2,62 т/га, 2018 р. – 2,38 т/га, 2020 р. – 2,39 т/га.

Для визначення реакції батьківських компонентів на зміну умов середовища, було розраховано коефіцієнт лінійної регресії (b_i) їх врожайності. В даному випадку коефіцієнт регресії може бути мірилом ступеня реакції генотипу на зміну умов середовища, він дає оцінку пластичності в генетичному сенсі та стабільності у широкому сенсі, тобто показника стабільності реалізації фенотипічних значень ознаки за різних умов середовища. Коефіцієнт лінійної регресії може приймати значення більше і менше 1, а також бути рівним 1. Чим вище значення коефіцієнта (b_i > 1), тим більшу чутливість має даний батьківський компонент. У випадку коли b_i < 1 батьківський компонент реагує слабше на зміну умов середовища, ніж у середньому весь набір самозапилених ліній. За умови b_i = 1 є повна відповідність зміни врожайності батьківського компонента на флуктуацію умов вирощування.

Коефіцієнт регресії (пластичність) та середнє квадратичне відхилення від лінії регресії (стабільність) дають можливість передбачити поведінку батьківського компонента у виробничих умовах. В наших дослідженнях найменш чутливі на покращення умов вирощування були наступні батьківські компоненти: ДК 680 МВЗС (b_i = 0,36), ДК 777 ЗМСВ (b_i = 0,45) та ДК 777 М (b_i = 0,53) (табл. 2). Самозапилені лінії, коефіцієнт регресії у яких значно нижче одиниці, відносяться до екстенсивного типу (з низькою екологічною пластичністю). Вони слабко відгукуються на зміну чинників середовища, за умов інтенсивного землеробства неспроможні забезпечити високу врожайність, але за поганих умов вони менше знижують її ніж гібриди інтенсивного типу.

Серед батьківських компонентів, що досліджувались, найбільш чутливими на зміну умов середовища вирощування виявилися ДК 315 СВЗМ (b_i = 1,58), ДК 315 М стерильна (b_i = 1,42), ТТ 005 (b_i = 1,35), ДК 239 МВ (b_i = 1,31), ДК 2064 М (b_i = 1,22) та ДК 633/325 МВ (b_i = 1,20). При підвищенні середнього рівня врожайності на 1 т/га у них вона зростала на 1,58–1,20 т/га. Батьківські компоненти, коефіцієнт регресії у яких значно вищий одиниці, відносяться до інтенсивного типу, вони добре відгукуються на поліпшення умов вирощування. Проте, за несприятливих погодних умов року, а також на низькому агрофоні у них, як правило, різко знижується продуктивність.

Самозапилені лінії ДК 273 МВ (b_i = 1,03), ДК 216 СВЗМ (b_i = 0,96), НТ 004 стерильна (b_i = 0,95), НТ 004 закріплювач (b_i = 0,93) та інші мали значення коефіцієнта регресії найбільш наближене до одиниці, це означає, що вони адекватно реагують на зміну умов вирощування.

Для визначення параметрів стабільності ми розрахували середнє квадратичне відхилення від лінії регресії σ_d^2 (табл. 2). Чим менше квадратичне відхилення фактичних показників від теоретично очікуваних (коефіцієнт стабільності), тим стабільніший батьківський компонент. Серед досліджуваних батьківських компонентів найбільш стабільними були лінії ДК 633/325 МВ (σ_d^2 = 0,0001), НТ 004 закріплювач (σ_d^2 = 0,0007), ДК 777 ЗМСВ (σ_d^2 = 0,0011) та ДК 315 СВЗМ (σ_d^2 = 0,0016); а менш стабільними – НТ 004 стерильна (σ_d^2 = 0,0242), ДК 2064 М (σ_d^2 = 0,0190), ДК 273 МВ (σ_d^2 = 0,0126) та інші (табл. 2).

Згідно моделі Eberhart S. A., Russel W. A. [10], найбільш цінними є ті батьківські компоненти, у яких b_i > 1, а σ_d^2 наближається до нуля. До них належать наступні лінії: ДК 315 СВЗМ (b_i = 1,58; σ_d^2 = 0,0016), ДК 633/325 МВ (b_i = 1,20; σ_d^2 = 0,0001), ДК 315 М стерильна (b_i = 1,42; σ_d^2 = 0,0059) та ТТ 005 (b_i = 1,35; σ_d^2 = 0,0045). Перераховані вище самозапилені лінії відносяться до високоінтенсивних. Вони чутливі на поліпшення умов вирощування та характеризуються стабільною врожайністю.

Батьківські компоненти ДК 239 МВ (b_i = 1,31; σ_d^2 = 0,0086) та ДК 2064 М (b_i = 1,22; σ_d^2 = 0,0190) з високими показниками коефіцієнта регресії (b_i) та середньоквадратичного відхилення (σ_d^2) менш цінні, оскільки їхня висока чутливість поєднується з низькою стабільністю врожайності.

Самозапилені лінії ДК 777 М (b_i = 0,53; σ_d^2 = 0,0027), ДК 777 ЗМСВ (b_i = 0,45; σ_d^2 = 0,0011) та ДК 680 МВЗС (b_i = 0,36; σ_d^2 = 0,0102), у яких коефіцієнт лінійної регресії b_i < 1, а середнє квадратичне відхилення від лінії регресії σ_d^2 наближається до нуля, слабо реагують на покращення зовнішніх умов (напівінтенсивні), але мають досить високу стабільність урожайності.

Висновки. За чотири роки досліджень було визначено урожайність зерна 15 батьківських компонентів, яка коливалась від 3,14 т/га (ТТ 005) до 1,71 т/га (ДК 273 МВ). Розмах варіації урожайності зерна по лініям склав від 0,2 до 0,6 т/га, а коефіцієнт варіації від 3,3 до 10,0 %, що свідчить про вплив погодних умов року на урожайність зерна досліджуваних батьківських компонентів.

Встановлені найбільш цінні, високоінтенсивні, батьківські компоненти ДК 315 СВЗМ, ДК 633/325 МВ, ДК 315 М стерильна та ТТ 005. Вони мають високу екологічну пластичність і стабільність і можуть вирощуватися в різних умовах середовища, але максимум віддачі забезпечать на високому агрофоні при сприятливих погодних умовах.

Батьківські компоненти ДК 239 МВ та ДК 2064 М з високими показниками коефіцієнта регресії (b_i) та середньоквадратичного відхилення (σ_d^2) менш цінні, оскільки їхня висока чутливість поєднується з низькою стабільністю врожайності. Ці самозапилені лінії бажано вирощувати тільки на високому агрофоні при сприятливих кліматичних умовах, де вони дадуть максимум віддачі.

Самозапилені лінії ДК 777 М, ДК 777 ЗМСВ та ДК 680 МВЗС, слабо реагують на покращення зовнішніх умов (напівінтенсивні), але мають досить високу стабільність урожайності. Їх краще використовувати на екстенсивному фоні, де вони дадуть максимум віддачі за мінімум витрат.

Визначення екологічної стабільності та пластичності батьківських компонентів гібридів кукурудзи відносно

врожайності зерна за різних погодних умов надає інформацію виробникам стосовно елементів технології вирощування та дозволить отримати оптимальну кількість високоякісного насіння самозапилених ліній і гібридів кукурудзи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Черчель В.Ю. Селекція скоростиглих гібридів кукурудзи, адаптованих до різних природо-кліматичних зон України : автореф. дис. ... доктора с.-г. наук : 06.01.05. Харків, 2018. 66 с.
2. Присяжнюк Л.М., Шовгун О.О., Король Л.В., Коровко І.І. Оцінка показників стабільності й пластичності нових гібридів кукурудзи (Zea mays L.) в умовах Полісся та степу України. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2016. № 2. С. 16–21.
3. Спряжка Р.О., Жемойда В.Л. Екологічна пластичність та стабільність гібридів кукурудзи при селекції на якість зерна. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2022. № 5 (99). 13 с.
4. Чернобай Л.М., Музафаров Н.М., Сікалова О.В., Китайова С.С. Екологічна пластичність гібридів кукурудзи у степовій зоні України. *Таврійський науковий вісник.* 2013. № 83. С. 122–127.
5. Федько М.М. Адаптивний потенціал та екологічна стабільність простих гібридів кукурудзи (Zea maize L.). *Бюлетень Інституту зернового господарства*. 2010. № 39. С. 161–166.
6. Каленська С.М., Єременко О.А., Таран В.Г., Крестьянінов Є.В., Риженко А.С. Адаптивність польових культур за змінних умов вирощування. *Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2017. Вип. 25. С. 48–57.
7. Таран В.Г., Каленська С.М., Новицька Н.В., Данилів П.О. Стабільність та пластичність гібридів кукурудзи залежно від системи удобрення та густоти стояння рослин в Правобережному Лісостепу України. *Біоресурси і природокористування*. 2018. Т. 10. № 3–4. С. 147–156.
8. Статистична обробка і оформлення результатів експериментальних досліджень (із досвіду написання дисертаційних робіт) / О.В. Кисельов та ін. ; за ред. Д.О. Мілька. Запоріжжя : СТАТУС, 2017. 1181 с.
9. Горб А.С., Бойко З.В. Практикум до курсу «Основи агрометеорології». Дніпропетровськ : «Ліра», 2014. 26 с.
10. Eberhart S.A., Russel W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci*. 1966. V. 6. № 1. P. 36–40.

REFERENCES:

1. Cherchel, V.Yu. (2018). *Selektsiia skorostyhlykh hibrydiv kukurudzy, adaptovanykh do riznykh pryrodo-klimatychnykh zon Ukrainy [Selection of precocious corn hybrids adapted to different natural and climatic zones of Ukraine].* (Extended Abstract of Dr. Agric. Sci. Diss.). NAAS, The Plant Production Institute named after V. Ya. Yuriev, Kharkiv [in Ukrainian].
2. Prysiazhniuk, L.M., Shovhun, O.O., Korol, L.V., & Korovko, I.I. (2016). Otsinka pokaznykiv stabilnosti y plastychnosti novykh hibrydiv kukurudzy (*Zea mays* L.) v umovakh Polissia ta stepu Ukrainy [Evaluation of stability and plasticity indicators of new hybrids of corn (Zea mays L.) in the conditions of the Polissia and steppe of Ukraine]. *Sortovyvchennia ta okhorona prav na sorty roslyn – Variety study and rights protection on plant varieties, 2, 16–21* [in Ukrainian].
3. Spriazhka, R.O., & Zhemoida, V.L. (2022). Ekolohichna plastychnist ta stabilnist hibrydiv kukurudzy pry selektsii na yakist zerna [Ecological plasticity and stability of corn hybrids during selection for grain quality]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy – Scientific reports of NUBiP of Ukraine, 5(99)* [in Ukrainian].
4. Chernobai, L.M., Muzafarov, N.M., Sikalova, O.V., & Kytaiova, S.S. (2013). Ekolohichna plastychnist hibrydiv kukurudzy u stepovii zoni Ukrainy [Ecological plasticity of corn hybrids in the steppe zone of Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk – Taurian scientific bulletin, 83, 122–127* [in Ukrainian].
5. Fedko, M.M. (2010). Adaptyvnyi potentsial ta ekolohichna stabilnist prostykh hibrydiv kukurudzy *(Zea maize* L.*)* [Adaptive potential and ecological stability of simple maize hybrids (Zea maize L.)]. *Biuleten Instytutu zernovoho hospodarstva – Bulletin of the Institute of Grain Government, 39, 161–166* [in Ukrainian].
6. Kalenska, S.M., Yeremenko, O.A., Taran, V.H., Krestianinov, Ye.V., & Ryzhenko, A.S. (2017). Adaptyvnist polovykh kultur za zminnykh umov vyroshchuvannia [Adaptability of sexual cultures for changing minds of growing], *Naukovi pratsi instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv – Scientific practice of the Institute of bioenergy crops and blood beetroots, 25, 48–57* [in Ukrainian].
7. Taran, V.H., Kalenska, S.M., Novytska, N.V., & Danyliv, P.O. (2017). Stabilnist ta plastychnist hibrydiv kukurudzy zalezhno vid systemy udobrennia ta hustoty stoiannia roslyn v Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [Stability and plasticity of corn hybrids fallow in the fertilization system and the density of growing stands in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Bioresursy i pryrodokorystuvannia – Bioresources and natural resources, 10, 3–4, 147–156* [in Ukrainian].
8. Milka, D.O. (Eds.). (2017). Statystychna obrobka i oformlennia rezultativ eksperymentalnykh doslidzhen (iz dosvidu napysannia dysertatsiinykh robit) [Statistical processing and registration of the results of experimental studies (from the experience of writing dissertations)]. Zaporizhzhia: STATUS [in Ukrainian].
9. Horb, A.S., & Boyko, Z.V. (2014). *Praktykum do kursu "Osnovy ahrometeorolohii" [Practicum for the course "Fundamentals of Agrometeorology"].* Dnipropetrovsk: Lira [in Ukrainian].
10. Eberhart, S.A., & Russel W.A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci*, *6*(1), 36–40.

Свініцький Л.М. Визначення екологічної стабільності і пластичності батьківських компонентів гібридів кукурудзи відносно врожайності зерна

Постановка проблеми. Батьківські компоненти вирізняються істотно меншою життєздатністю, послабленим ростом, слабкішою кореневою системою, внаслідок чого більш схильні до впливу несприятливих факторів і мають нижчий рівень урожайності порівняно з гібридами F_1. Це позначається на обсязі отриманого насіння батьківських компонентів і гібридів F_1, стабільності його виробництва і собівартості. У цьому плані вивчення та оцінка екологічної пластичності та стабільності батьківських компонентів, їх адаптації до реальних

природно-кліматичних ситуацій є актуальним питанням сучасного процесу виробництва насіння кукурудзи. **Мета дослідження** – визначити екологічну стабільність та пластичність батьківських компонентів гібридів кукурудзи відносно врожайності зерна за різних погодних умов. **Матеріали і методи дослідження.** Дослідження проводилися в ДУ Інститут зернових культур НААН України протягом 2018–2021 рр. У досліді використовували 15 батьківських компонентів гібридів кукурудзи. Для розрахунків застосовували методику, розроблену Eberhart S. A., Russel W. A., яка ґрунтується на обчисленні двох параметрів: коефіцієнта лінійної регресії b_i (екологічна пластичність) та дисперсії σ_d^2 (екологічна стабільність). **Результати.** Визначили урожайність зерна батьківських компонентів гібридів кукурудзи за чотири роки, встановили вплив умов середовища на урожайність, розподілили на групи батьківські компоненти за екологічною пластичністю і стабільністю відносно урожайності зерна. **Висновки.** Встановлені найбільш цінні, високоінтенсивні, батьківські компоненти ДК 315 СВЗМ, ДК 633/325 МВ, ДК 315 М стерильна та ТТ 005, які можуть вирощуватися в різних умовах середовища, але максимум віддачі забезпечать на високому агрофоні при сприятливих погодних умовах; та менш цінні ДК 239 МВ і ДК 2064 М, які бажано вирощувати тільки на високому агрофоні при сприятливих кліматичних умовах, де вони дадуть максимум віддачі; і напівінтенсивні ДК 777 М, ДК 777 ЗМСВ та ДК 680 МВЗС, які краще використовувати на екстенсивному фоні, де вони дадуть максимум віддачі за мінімум витрат.

Ключові слова: кукурудза, батьківські компоненти, урожайність, стабільність, пластичність, гідротермічний коефіцієнт.

Svinitskyi L.M. Determination of ecological stability and plasticity of parental components of maize hybrids in relation to grain yield

Statement of the problem. Parental components are characterized by significantly lower viability, weakened growth, weaker root system, and as a result are more susceptible to adverse factors and have a lower yield level compared to F1 hybrids. This affects the volume of seeds obtained from parental components and F1 hybrids, the stability of their production and cost. In this regard, the study and evaluation of environmental plasticity and stability of parental components, their adaptation to real natural and climatic situations is an urgent issue of the modern process of corn seed production. **The purpose of the study** is to determine the ecological stability and plasticity of the parental components of maize hybrids in relation to grain yield under different weather conditions**. Materials and methods of the study.** The research was conducted at the Institute of Cereals of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine during 2018–2021. In the experiment, 15 parental components of corn hybrids were used. For calculations, the methodology developed by Eberhart S.A., Russel W.A., which is based on the calculation of two parameters: the linear regression coefficient bi (environmental plasticity) and the variance σd^2 (environmental stability). **Results.** The grain yield of the parental components of maize hybrids for four years was determined, the influence of environmental conditions on the yield was established, and the parental components were divided into groups according to their ecological plasticity and stability in relation to grain yield. **Conclusions.** The most valuable, high-intensity, parental components DK 315 SVZM, DK 633/325 MV, DK 315 M sterile and TT 005 were identified, which can be grown in different environmental conditions, but will provide maximum yield on a high agro background under favorable weather conditions; and less valuable DK 239 M and DK 2064 M, which are desirable to grow only on a high agro background under favorable climatic conditions, where they will give the maximum return; and semi-intensive DK 777 M, DK 777 ZMSV and DK 680 MVZS, which are better to use on an extensive background, where they will give the maximum return at a minimum cost.

Key words: corn, parent components, yield, stability, plasticity, hydrothermal coefficient.

UDC 633.31:631.52:631.67
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.29

ECOLOGICAL PLASTICITY AND STABILITY OF WINTER WHEAT VARIETIES IN THE CONDITIONS OF THE SOUTHERN STEPPE OF UKRAINE (PART 1 – YEARS WITH SUFFICIENT MOISTURE)

TYSHCHENKO A.V. – Doctor of Agricultural Sciences
orcid.org/0000-0003-1918-6223
Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
KONOVALOVA V.M. – PhD (Doctor of Philosophy)
orcid.org/0000-0002-0655-9214
Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
BAZALII H.H. – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research
orcid.org/0000-0003-2842-0835
Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
FUNDIRAT K.S. – Candidate of Agricultural Sciences
orcid.org/0000-0001-8343-2535
Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
TYSHCHENKO O.D. – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research
orcid.org/0000-0002-8095-9195)
Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
REZNICHENKO N.D. – Candidate of Agricultural Sciences
orcid.org/0000-0002-5741-6379
Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
KONOVALOV V.O.
orcid.org/0000-0002-1725-1557
Askanian State Agricultural Research Station of the Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
BOROVYK V.O. – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research
orcid.org/0000-0003-0705-2105
Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

Wheat (*Triticum aestivum* L.) is one of the most important crops in maintaining food security, which ensures the existence of a significant part of the world's population [4, 5, 8]. Scientific forecasts indicate that with a significant increase in the population on Earth, the production of food products will not coincide with such growth and, under the current dynamics, the food problem may turn into a deep international crisis [20, 23, 26]. Scientists' calculations show that at the current rate of population growth, in the future, world grain production per person will decrease [2].

Currently, the annual gross production of wheat is increasing by about 0.9%, but this is much slower than the growth rate of the population and, accordingly, its quantity is insufficient to meet their needs [9, 25]. Therefore, humanity must find a solution to this problem, since the rate of population growth remains too high [6].

Along with population growth, climate changes, the so-called global warming, have been observed in recent decades, which leads to significant fluctuations in the yield of winter wheat both in space and time [1, 14, 24]. Therefore, the efforts of breeders should be directed to the creation of not only high-yielding varieties, but also those that ensure the stability of the harvest in different agro-climatic conditions [11, 15, 19, 22]. To date, scientists have already investigated the agronomic and physiological mechanisms responsible for the stability of the crop [7, 16, 17, 21]. Therefore, different varieties can show contrasting reactions to environmental conditions due to their interaction [13, 18, 27].

The purpose of our research was to study and analyze the environmental stability and adaptability to different environments of winter wheat varieties selected by the Institute of Climate-oriented Agriculture of the National Academy of Sciences and the Selection and Genetic Institute of the National Center for Seed Science and Varietal Research of the National Academy of Sciences in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine.

Materials and methods. The reaction of winter wheat varieties to different growing conditions was studied at the Askanian State Agricultural Research Station in the village of Tavrychanka, Kherson region (46°33'12"N; 33°49'13"E; 39 m above sea level) during 2015/16–2019/20. Research was conducted under different conditions of irrigation: with irrigation and without irrigation. Under conditions of natural

moisture, the yield strongly depended on the amount of precipitation during the growing season, especially during the critical growing season (April–May). Average temperatures and total precipitation for all experimental seasons are shown in Table 1 along with long-term average values (1961–2005). The seasons of 2016/2017 and 2018/19 were the most favorable for natural moisture conditions, as the precipitation that fell during the growing season contributed to the replenishment of moisture in the soil for normal plant growth and development. The index of environmental conditions for these years was: for natural moisture 0.32 and 0.87, for irrigation 0.94 and 1.32, respectively. The 2017/18 and 2019/20 seasons were very dry, especially the critical growing season (April–May), in which air and soil drought was observed due to insufficient precipitation and high average daily temperature, and the indices of environmental conditions for natural moisture were equal to -1.85 and -1.43 and for irrigation 0.51 and 0.89, respectively. Therefore, we calculated and analyzed the parameters of stability, adaptability and ecological plasticity of 18 varieties of winter wheat separately in dry years, wet years and during the five-year period (2015/16–2019/20), which included the year 2015/2016 with too high a number precipitation (index of environmental conditions for natural moistening – -1.17, for irrigation – -0.41), which led to the laying of crops and crop losses.

They studied 18 varieties of winter wheat, which are usually grown in the south of Ukraine and are listed in the State Register of Plant Varieties. Varieties were tested on plots with an area of 50 m^2 in three repetitions by the method of randomized repetitions (blocks), the sowing rate was adjusted to 4.5 million viable seeds per ha. Research was conducted according to generally accepted methods, the amount of fertilizers and chemical treatments was adjusted according to growing conditions and the presence of diseases and pests. The studied samples were sown in the first decade of October, and the harvest was done in July.

Statistical analysis. The reaction of winter wheat varieties to growing conditions was determined by: index of environmental conditions (environmental index), obtained as the average value of all varieties in the *j*-th environment minus the overall average (*Ij*), coefficient of regression of the variety on the environment (b_i), variance of deviations from regression lines, second stability parameter (s^2_{di}) [3], an indicator of resistance to stress (*RS*), genetic flexibility (*Gf*) [10], general homeostasis (*Hom*), breeding value (*Sc*), adaptability coefficient (*CA*), the effects of general adaptive capacity (GAC_i), specific adaptive capacity (SAC_i), variance of interaction between genotype and environment ($\sigma^2_{(G\times E)gi}$), variance of specific adaptive capacity (σ^2_{SACi}), relative stability of the genotype (s_{gi}), selection value of the genotype (SVG_i), coefficient of compensation-destabilization of the genotype (K_{gi}), coefficient of non-linearity of the response of the genotype to the environment (I_{gi}) [12].

A correlation analysis was conducted between grain yield and drought resistance indices to determine the best drought-resistant varieties and indices. Principal component analysis (PCA) was performed on the observations. Correlation, cluster analyses, and PCA were performed using Microsoft ® Excel 2016/XLSTAT © -Pro (Version 2016.02.28451, 2016, Addinsoft, Inc., Brooklyn, NY, USA), Statistica data analysis software system v.8. (Sta Stof Inc., North Melbourne, Australia) and SPSS 20.00 statistical software (SPSS/PC-20, SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

Research results and their discussion. When analyzing the years with sufficient moisture (2016/17 and 2018/19), the indices of environmental conditions were equal to -0.55 and 0.01 for natural moisture conditions and 0.08 and 0.46 for irrigation, respectively. The obtained experimental data allow distinguishing the varieties of winter wheat with the highest productivity in terms of maximum productivity (*Ymax*) – *Burhunka* – 8.46 t/ha, *Tradytsiia odes'ka* – 8.32, and *Schedrist' odes'ka* – 8.58 t/ha, in terms of minimum productivity (*Ymin*) – *Koshova* – 7.14 t/ha, *Khersons'ka bezosta* – 7.00, *Lira odes'ka* – 7.24 t/ha and *Tradytsiia odes'ka* – 7.05 t/ha (Table 2).

According to the level of average yield (*Ymean*), winter wheat varieties *Burhunka* – 7.58 t/ha, *Koshova* – 7.61 t/ha, *Lira odes'ka* – 7.64 t/ha, *Tradytsiia odes'ka* and *Schedrist' odes'ka* – 7.68 t/ha.

The highest level of resistance to stress conditions (*RS*) was characterized by the winter wheat variety *Harantiia odes'ka* – 0.39, on the other hand, the lowest

Table 1

Weather conditions for research (2015–2020)

	1961–2005		2015/2016		2016/2017		2017/2018		2018/2019		2019/2020	
	T (°C)	P (mm)	T (°C)	P (mm)	T (°C)	P (mm)	T (°C)	P (mm)	T (°C)	P (mm)	T (°C)	P (mm)
October – December	4.8	98.0	6.0	81.2	3.4	42.0	5.9	75.0	5.5	53.4	7.4	67.9
January	-3.1	30.0	-3.1	59.9	-3.9	14.4	0.7	24.1	-0.3	33.8	1.0	18.3
February	-2.0	29.0	3.9	32.9	-0.9	22.0	0.1	47.0	1.1	10.6	2.2	59.6
March	2.2	26.0	6.1	20.3	6.6	10.2	1.5	35.1	5.5	5.7	7.5	3.5
April	9.6	28.0	12.4	50.5	8.5	81.8	12.9	2.7	10.3	38.9	9.5	7.5
May	15.6	38.0	15.9	95.7	15.5	25.8	19.5	13.0	17.4	72.4	14.9	42.4
June	20.0	46.0	21.5	76.2	21.7	8.0	22.4	23.0	24.5	14.1	22.2	59.3
January – June	7.1	197.0	9.5	335.5	7.9	162.2	9.5	144.9	9.8	175.5	9.6	190.6
October – June	6.0	295.0	7.8	416.7	5.7	204.2	7.7	219.9	7.7	228.9	8.5	258.5

Table 2

Homeostaticity, ecological plasticity and adaptability of winter wheat varieties based on grain yield (2017, 2019)

Variety	Designation	Yield, t/ha		Adaptability parameters						
		Ymin-Ymax	*Ymean*	RS	Sc	Gf	b_i	s^2_{di}	CA	Hom
Anatoliia	G1	6.76–8.04	7.23	1.28	6.56	7.40	1.19	0.103	100.6	104.2
Burhunka	G2	6.38–8.46	7.58	2.08	6.95	7.42	2.04	0.206	105.5	119.9
Konka	G3	6.50–7.51	7.10	1.01	6.66	7.01	1.01	0.010	98.8	155.3
Kokhana	G4	6.50–7.98	7.24	1.48	6.45	7.24	0.76	0.406	100.8	86.5
Koshova	G5	7.14–7.94	7.61	0.80	7.05	7.54	0.78	0.046	106.0	137.4
Mariia	G6	6.79–7.80	7.31	1.01	6.70	7.30	0.56	0.189	101.8	116.8
Ledia	G7	5.85–6.64	6.33	0.79	5.78	6.25	0.41	0.156	88.1	96.6
Rosynka	G8	5.62–6.66	6.12	1.04	6.02	6.14	0.08	0.305	85.1	518.6
Khersons'ka bezosta	G9	7.00–7.63	7.27	0.63	7.06	7.32	0.14	0.108	101.1	348.5
Askaniis'ka	G10	6.68–7.97	7.47	1.29	6.71	7.33	1.33	0.022	103.9	97.3
Harantiia odes'ka	G11	6.95–7.34	7.10	0.39	6.88	7.15	0.28	0.020	98.9	310.9
Zysk	G12	5.89–7.53	6.88	1.64	5.88	6.71	1.69	0.050	95.7	61.3
Lira odes'ka	G13	7.24–8.09	7.64	0.85	7.43	7.67	0.79	0.063	106.3	376.2
Mudrist' odes'ka	G14	6.69–7.70	7.27	1.01	6.98	7.20	0.98	0.060	101.2	248.6
Nyva odes'ka	G15	6.54–7.67	7.26	1.13	6.91	7.11	1.13	0.077	101.1	200.4
Pylypivka	G16	5.92–7.23	6.56	1.31	6.31	6.58	1.22	0.206	91.3	233.8
Tradytsiia odes'ka	G17	7.05–8.32	7.68	1.27	7.63	7.69	0.16	0.392	106.9	1488.1
Schedrist' odes'ka	G18	5.24–8.58	7.68	3.34	6.21	6.91	3.53	0.766	106.9	50.3
Medium grade		**6.49–7.73**	**7.18**	**1.24**	**6.68**	**7.11**	**1.00**	**0.177**	**100.0**	**263.9**
V, %			6.33	52.40	7.55	6.24	82.49	108.02	6.35	125.34
$S\dot{x}_{absolute}$			0.11	0.15	0.12	0.10	0.20	0.05	1.50	77.97
$S\dot{x}_{reletive}$			1.49	12.35	1.78	1.47	19.44	25.46	1.50	29.54
LSD_{01}			0.34	0.49	0.38	0.33	0.62	0.14	4.74	247.16
LSD_{05}			0.25	0.35	0.27	0.24	0.45	0.10	3.42	178.55

level of resistance was *Burhunka* – 2.08 and *Schedrist' odes'ka* – 3.34.

According to the breeding value of the variety (*Sc*), the varieties *Lira odes'ka* – 7.43 and *Tradytsiia odes'ka* – 7.63 were selected.

According to the indicator of genetic flexibility (*Gf*), winter wheat varieties *Lira odes'ka* – 7.67 and *Tradytsiia odes'ka* – 7.69 were selected, which formed a higher yield in contrasting conditions compared to other varieties.

According to the regression coefficient (b_i), which is a criterion for assessing the level of ecological plasticity and indicates the reaction of the genotype to a change in environmental conditions, the intensive type variety ($b_i > 1$) *Schedrist' odes'ka* – 3.53, the stable type varieties ($b_i < 1$) *Rosynka* – 0.08, *Khersons'ka bezosta* – 0.14, *Harantiia odes'ka* – 0.28 and *Tradytsiia odes'ka* – 0.16, and the plastic type variety ($b_i = 1$) *Konka* – 1.01.

During the analysis of winter wheat varieties by the variance of the deviation from the regression line (s^2_{di}), the varieties with the highest predicted stability *Konka* – 0.010, *Askaniis'ka* – 0.022 and *Harantiia odes'ka* – 0.020 were selected, on the other hand, the variety *Schedrist' odes'ka* – 0.766 turned out to be the most unstable.

The varieties *Burhunka* – 105.5, *Koshova* – 106.0, *Lira odes'ka* – 106.3, *Tradytsiia odes'ka* and *Schedrist' odes'ka* – 106.9 were characterized by high values of the coefficient of adaptability (*CA*).

According to homeostaticity (*Hom*), which characterizes the resistance of plants to adverse factors of the external environment, the variety *Tradytsiia odes'ka* stood out – 1488.1.

The greatest effects of general adaptive capacity (GAC_i) were noted for winter wheat varieties: *Koshova* – 0.43, *Lira odes'ka* – 0.45, *Tradytsiia odes'ka* – 0.50 and *Schedrist' odes'ka* – 0.49. The lowest value of this characteristic was characterized by the varieties *Ledia* – -0.86 and *Rosynka* – -1.07 (Table 3).

According to the stability of the genotype reaction (σ^2_{SACi}), the most stable varieties were established: *Koshova* – 0.12, *Ledia* – 0.11, *Khersons'ka bezosta* – 0.06, *Harantiia odes'ka* – 0.01 and *Lira odes'ka* – 0.13. The variety *Schedrist' odes'ka*, whose σ^2_{SACi} value is 2.62, is the most unstable.

According to the relative stability of the genotype (s_{gi}) the following varieties were selected as the most stable, with the lowest values of the relative stability of the genotype: *Koshova* – 4.5, *Khersons'ka bezosta* – 3.2, *Harantiia odes'ka* – 1.2 and *Lira odes'ka* – 4.7.

Varieties *Konka* – 0.01, *Koshova* – 0.02, *Askaniis'ka* – 0.01, *Mudrist' odes'ka* – 0.02 and *Lira odes'ka* – 0.03 were characterized by the lowest values of the variance of the

Table 3

Parameters of adaptive properties of winter wheat varieties based on grain yield (2017, 2019)

Variety	Designation	Yield, t/ha		Adaptability parameters						
		Ymin-Ymax	Ymean	GAC_i	$\sigma^2_{(G\times E)gi}$	σ^2_{SACi}	s_{gi}	SVG_i	K_{gi}	I_{gi}
Anatoliia	G1	6.76–8.04	7.23	0.04	0.06	0.29	7.5	3.65	1.96	0.194
Burhunka	G2	6.38–8.46	7.58	0.40	0.30	0.83	12.0	1.57	5.52	0.366
Konka	G3	6.50–7.51	7.10	-0.08	0.01	0.16	5.7	4.43	1.09	0.071
Kokhana	G4	6.50–7.98	7.24	0.06	0.26	0.35	8.2	3.33	2.34	0.748
Koshova	G5	7.14–7.94	7.61	0.43	0.02	0.12	4.5	5.37	0.77	0.175
Mariia	G6	6.79–7.80	7.31	0.13	0.14	0.16	5.5	4.67	1.07	0.871
Ledia	G7	5.85–6.64	6.33	-0.86	0.14	0.11	5.3	4.10	0.76	1.277
Rosynka	G8	5.62–6.66	6.12	-1.07	0.70	0.28	8.6	2.63	1.85	2.535
Khersons'ka bezosta	G9	7.00–7.63	7.27	0.08	0.28	0.06	3.2	5.71	0.37	4.990
Askaniis'ka	G10	6.68–7.97	7.47	0.28	0.01	0.30	7.3	3.86	1.99	0.050
Harantiia odes'ka	G11	6.95–7.34	7.10	-0.08	0.08	0.01	1.2	6.55	0.05	11.654
Zysk	G12	5.89–7.53	6.88	-0.31	0.10	0.50	10.3	2.18	3.37	0.193
Lira odes'ka	G13	7.24–8.09	7.64	0.45	0.03	0.13	4.7	5.26	0.86	0.240
Mudrist' odes'ka	G14	6.69–7.70	7.27	0.09	0.02	0.19	5.9	4.42	1.24	0.114
Nyva odes'ka	G15	6.54–7.67	7.26	0.08	0.04	0.25	6.9	3.95	1.68	0.143
Pylypivka	G16	5.92–7.23	6.56	-0.63	0.13	0.37	9.3	2.53	2.48	0.342
Tradytsiia odes'ka	G17	7.05–8.32	7.68	0.50	0.25	0.47	8.9	3.14	3.15	0.524
Schedrist' odes'ka	G18	5.24–8.58	7.68	0.49	1.59	2.62	21.1	3.03	17.50	0.605
Medium grade		**6.49–7.73**	**7.18**	**0.00**	**0.23**	**0.40**	**7.6**	**3.57**	**2.67**	**1.386**
V, %			6.33		163.75	146.69	56.47	33.46	148.87	203.06
$S\dot{x}_{absolute}$			0.11	0.11	0.09	0.14	1.01	0.31	0.92	0.67
$S\dot{x}_{reletive}$			1.49		38.60	34.58	13.31	7.89	34.62	47.86
LSD_{01}			0.34	0.34	0.28	0.44	3.19	0.98	2.93	2.12
LSD_{05}			0.25	0.25	0.20	0.32	2.30	0.71	2.12	1.53

interaction of genotype and environment $\sigma^2_{(G\times E)gi}$, but only in *Koshova* and *Lira odes'ka* varieties, the compensation coefficient (K_{gi}) was less than one, 0.77 and 0.86, respectively, which indicates a stabilization effect. The largest value of the variance of the interaction of genotype and environment $\sigma^2_{(G\times E)gi}$ was characterized by the variety *Schedrist' odes'ka* – 1.59, and the compensation coefficient was equal to 17.50, which indicates the predominance of the destabilization effect. When selecting stable varieties, preference should be given to varieties with $K_{gi} < 1$.

The *Harantiia odes'ka* variety was characterized by a high selection value of the genotype (SVG_i) with a value of 6.55. Varieties of this type are the most valuable and can give maximum yields even under adverse conditions.

According to the parameters of adaptability, the *Harantiia odes'ka* variety was selected as the most stable, while the *Schedrist' odes'ka* was selected as an intensive type variety.

There is an average positive correlation r = 0.300 between the maximum and minimum yields. Both yield levels of winter wheat varieties were characterized by a high positive correlation (r = 0.791–0.820) with genetic flexibility (*Gf*). The maximum yield was characterized by a high positive dependence (r = 0.930–0.931) on the average yield (*Ymean*), adaptability coefficient (*CA*) and general adaptive capacity (GAC_i), on the other hand, the minimum yield with these parameters had an average positive dependence r = 0.543–0.545 (Table 4).

The minimum yield was characterized by an average negative correlation (r = -0.527– -0.623) with the level of resistance to stress conditions (*RS*), regression coefficient (b_i), variance of deviation from the regression line (s^2_{di}), a sign of stability of the genotype response (σ^2_{SACi}) and compensation coefficient (K_{gi}), instead, the maximum yield had an average positive relationship (r = 0.340–0.559) with these parameters. The relative stability of the genotype (s_{gi}) was characterized by a high negative correlation (r = -0.709) with the minimum productivity and a medium positive correlation (r = 0.443) with the maximum. This suggests that the lower the value of these parameters, the more stable the variety, and, conversely, the higher the value, the more unstable the variety is, that is, it belongs to the intensive type.

The selection value of the genotype (SVG_i) had a medium positive relationship (r = 0.643) with the minimum yield and a low negative (r = -0.122) with the maximum. The breeding value of the variety (*Sc*) was characterized by a high positive correlation (r = 0.840) with the minimum yield and average (r = 0.551) with the maximum yield, which suggests that the higher the values of these parameters, the more stable the variety.

Table 4

Matrix of correlations between the maximum and minimum yield of winter wheat varieties and homeostaticity, ecological plasticity and adaptability parameters (2017, 2019)

	Ymin	Ymax	Ymean	RS	Sc	Gf	b_i	s^2_{di}	CA	Hom	GAC_i	$\sigma^2_{(G\times E)gi}$	σ^2_{SACi}	s_{gi}	SVG_i	K_{gi}	I_{gi}
Ymin	1.000	0.300	0.543	-0.623	0.840	0.820	-0.527	-0.549	0.543	0.293	0.545	-0.661	-0.611	-0.709	0.643	-0.612	0.178
Ymax	0.300	1.000	0.931	0.559	0.551	0.791	0.543	0.340	0.930	0.091	0.930	0.231	0.506	0.443	-0.122	0.505	-0.303
Ymean	0.543	0.931	1.000	0.291	0.730	0.906	0.347	0.118	1.000	0.124	1.000	0.046	0.299	0.159	0.203	0.297	-0.162
RS	-0.623	0.559	0.291	1.000	-0.278	-0.064	0.903	0.756	0.290	-0.180	0.288	0.764	0.946	0.979	-0.659	0.946	-0.403
Sc	0.840	0.551	0.730	-0.278	1.000	0.869	-0.261	-0.204	0.730	0.527	0.732	-0.316	-0.235	-0.339	0.421	-0.237	0.069
Gf	0.820	0.791	0.906	-0.064	0.869	1.000	-0.012	-0.148	0.906	0.243	0.907	-0.285	-0.088	-0.189	0.340	-0.089	-0.068
b_i	-0.527	0.543	0.347	0.903	-0.261	-0.012	1.000	0.461	0.346	-0.449	0.344	0.574	0.857	0.841	-0.475	0.858	-0.371
s^2_{di}	-0.549	0.340	0.118	0.756	-0.204	-0.148	0.461	1.000	0.118	0.192	0.117	0.884	0.815	0.796	-0.440	0.815	-0.146
CA	0.543	0.930	1.000	0.290	0.730	0.906	0.346	0.118	1.000	0.123	1.000	0.045	0.298	0.158	0.205	0.296	-0.161
Hom	0.293	0.091	0.124	-0.180	0.527	0.243	-0.449	0.192	0.123	1.000	0.125	0.001	-0.114	-0.081	-0.023	-0.114	0.094
GAC_i	0.545	0.930	1.000	0.288	0.732	0.907	0.344	0.117	1.000	0.125	1.000	0.042	0.295	0.156	0.204	0.293	-0.161
$\sigma^2_{(G\times E)gi}$	-0.661	0.231	0.046	0.764	-0.316	-0.285	0.574	0.884	0.045	0.001	0.042	1.000	0.887	0.801	-0.330	0.886	0.007
σ^2_{SACi}	-0.611	0.506	0.299	0.946	-0.235	-0.088	0.857	0.815	0.298	-0.114	0.295	0.887	1.000	0.934	-0.446	1.000	-0.206
s_{gi}	-0.709	0.443	0.159	0.979	-0.339	-0.189	0.841	0.796	0.158	-0.081	0.156	0.801	0.934	1.000	-0.726	0.935	-0.426
SVG_i	0.643	-0.122	0.203	-0.659	0.421	0.340	-0.475	-0.440	0.205	-0.023	0.204	-0.330	-0.446	-0.726	1.000	-0.448	0.556
K_{gi}	-0.612	0.505	0.297	0.946	-0.237	-0.089	0.858	0.815	0.296	-0.114	0.293	0.886	1.000	0.935	-0.448	1.000	-0.208
I_{gi}	0.178	-0.303	-0.162	-0.403	0.069	-0.068	-0.371	-0.146	-0.161	0.094	-0.161	0.007	-0.206	-0.426	0.556	-0.208	1.000

** − Confidence interval (%): 95.*

The homeostatic index (*Hom*) had a low correlation with the productivity of both levels (r = 0.091–0.293).

According to the results of the GGE biplot analysis, winter wheat varieties *Koshova* (G5), *Khersons'ka bezosta* (G9), *Harantiia odes'ka* (G11) and *Lira odes'ka* (G13), which are in the same quarter with the minimum yield vector (*Ymin*), are characterized by the smallest decrease in yield at deterioration of growing conditions and the highest yield under adverse conditions, that is, it is the most stable variety (Fig. 1).

The variety *Burhunka* (G5) is in one quarter of the maximum yield vector (*Ymax*) and is the closest to its peak, characterized by one of the largest reductions in yield when growing conditions worsen, that is, this variety can be classified as an intensive type. This type includes the variety *Schedrist' odes'ka* (G18), located in the III quarter, as close as possible to the ordinate axis and far from the center.

Winter wheat varieties *Anatoliia* (G1), *Askaniis'ka* (G10) and *Tradytsiia odes'ka* (G17), located on the abscissa axis, between the vectors of minimum yield (*Ymin*) and maximum yield (*Ymax*), are characterized by relatively high yields under both (worst and best conditions) of moisture, that is, they belong to the plastic type. However, none of them corresponds to this type according to the regression coefficient (*bi* = 1) – 1.19, 1.33 and 0.16, respectively.

Winter wheat varieties *Ledia* (G7) and *Rosynka* (G8) are in the IV quarter characterized by a small yield loss when conditions worsen, but they formed the lowest yield under both conditions.

Cluster analysis makes it possible to identify winter wheat varieties based on genetically determined adaptability to the relevant conditions. On the dendrogram, the numbers of the objects being merged and the distance at which the merger took place are indicated (Fig. 2).

The closest in terms of yield and adaptability parameters were the varieties that formed two subclusters: G1 – *Anatoliia* and G10 – *Askaniis'ka* at a distance of 30 and G3 – *Konka* and G5 – *Koshova* at a distance of 51 were further grouped into 1 cluster. In general, four clusters were formed: in the first cluster, at a distance of 5720, ten varieties that are more directed to the intensive type were united, in the third cluster, at a distance of 20857, six varieties that were more directed to the stable type were united. Genetic divergence was shown by varieties G8 – *Rosynka* to stability, forming cluster 2, and G17 – *Schedrist' odes'ka* to intensity, forming cluster 4 (Table 5).

A cluster analysis of winter wheat varieties was also carried out using the k-means method. This method differs in that before starting, you need to choose the number of clusters yourself. Based on the agglomerative hierarchical cluster analysis described above, we proposed four clusters.

Cluster 1 included six varieties more directed to the intensive type, compared to the agglomerative hierarchical cluster analysis, the exceptions are the varieties G3 – *Konka*, G5 – *Koshova*, G12 – *Zysk* and G18 – *Schedrist' odes'ka*, which entered and formed the second cluster, as varieties of the intensive type. The smallest distance to the center of the first cluster was observed in the G1 – *Anatoliia* variety at the level of 1.058, whereas the largest 18.278 was observed in the G2 – *Burhunka* variety. The smallest distance to the center of the second cluster was observed in the G5 – *Koshova* variety at the level of 37.450, while the largest was 54.734 in the G3 – *Konka* variety (Table 5).

Cluster 3 included two varieties: G8 – *Rosynka*, transferred from cluster 2, and G17 – *Tradytsiia odes'ka*, transferred from cluster 4, with the same distance to the center of 484.880.

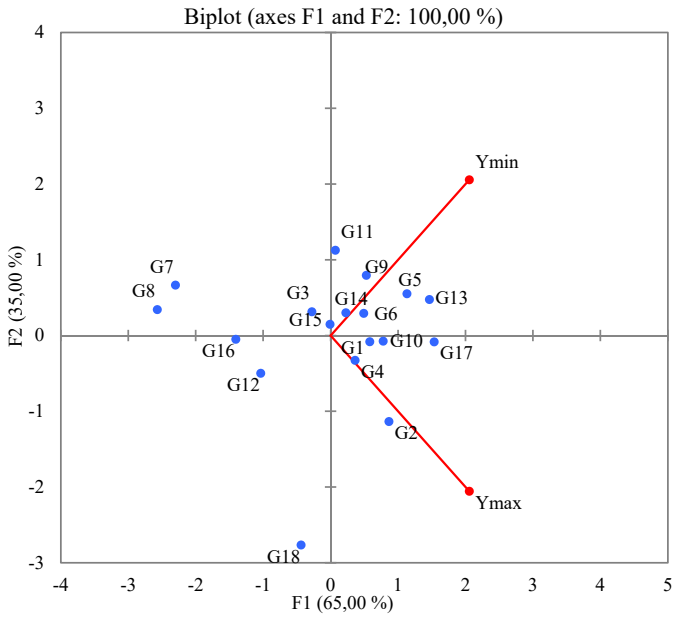
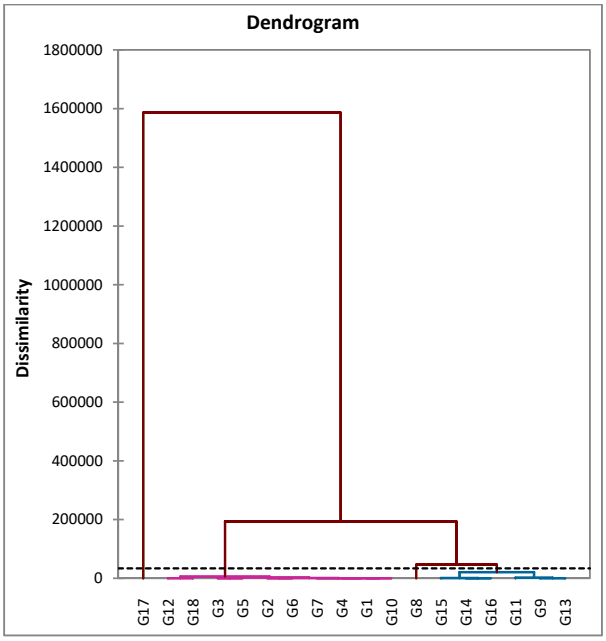


Fig. 1. Genotype-environment interaction of winter wheat varieties and environments (biplot analysis method). The lines show the eigenvectors of the leading factor loads for the environments:
● – yield level; ● – varieties



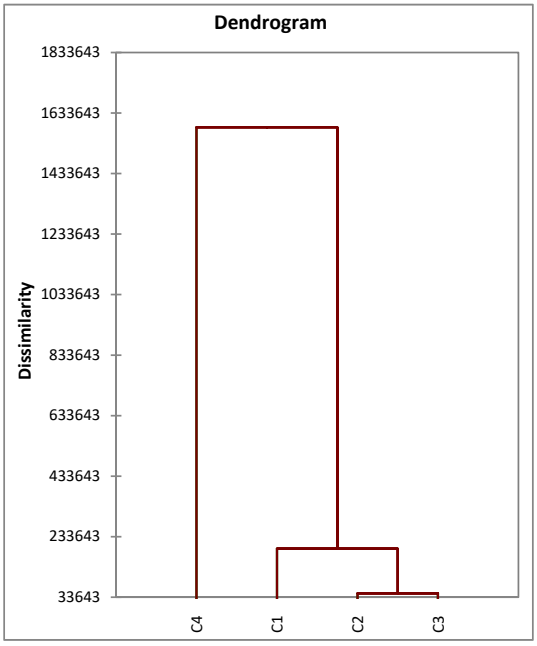


Fig. 2. Dendrogram of clustering of eighteen varieties of winter wheat according to adaptability to environmental conditions

Table 5

Clustering of eighteen varieties of winter wheat according to adaptability to environmental conditions by the method of k-means and agglomerative hierarchical cluster analysis

Variety	Designation	k-means clustering		Agglomerative hierarchical clustering
		Cluster	Distance to the center of the cluster	Cluster
1	**2**	**3**	**4**	**5**
Anatoliia	G1	1	1.058	1
Burhunka	G2	1	18.278	1
Konka	G3	2	54.734	1
Kokhana	G4	1	17.093	1
Koshova	G5	2	37.450	1

Continuation of table 5

1	2	3	4	5
Mariia	G6	1	13.657	1
Ledia	G7	1	14.428	1
Rosynka	G8	3	484.880	2
Khersons'ka bezosta	G9	4	62.200	3
Askaniis'ka	G10	1	7.404	1
Harantiia odes'ka	G11	4	26.438	3
Zysk	G12	2	40.369	1
Lira odes'ka	G13	4	90.075	3
Mudrist' odes'ka	G14	4	37.934	3
Nyva odes'ka	G15	4	86.077	3
Pylypivka	G16	4	53.630	3
Tradytsiia odes'ka	G17	3	484.880	4
Schedrist' odes'ka	G18	2	53.593	1

The fourth cluster includes six varieties that are more oriented to the stable type, with the smallest distance of 26.438 to the center of the cluster in the selection sample G11 – *Harantiia odes'ka*, and the largest – 90.075 in G13 – *Lira odes'ka*.

Conclusions. The selected parameters of adaptability are the level of resistance to stressful conditions (*RS*), regression coefficient (b_i), variance of deviation from the regression line (s^2_{di}), sign of stability of the genotype response (σ^2_{SACi}), compensation coefficient (K_{gi}), relative stability of the genotype (s_{gi}), selection value genotype (SVG_i), selection value of the variety (*Sc*) by which the type of variety can be most clearly characterized.

According to the parameters of adaptability, the varieties *Koshova*, *Khersons'ka bezosta*, *Harantiia odes'ka* and *Lira odes'ka* were selected as the most stable, while *Schedrist' odes'ka* and *Burhunka* were selected as intensive type varieties.

BIBLIOGRAPHY:

1. Anderson W.K., Brennan R.F., Jayasena K.W., Micic S., Moore J.H., Nordblom T. Tactical crop management for improved productivity in winter-dominant rainfall regions: a review. *Crop & Pasture Science*. 2020, Vol. 71, P. 621–644. https://doi.org/10.1071/CP19315
2. Carlson R. Estimating the biotech sector's contribution to the US economy. *Nat Biotechnol*. 2016, Vol. 34, P. 247–255. https://doi.org/10.1038/nbt.3491
3. Eberhart S.A, Rassell W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sc*. 1966. Vol. 6. №1. P. 36–40.
4. Franco F.A., Marchioro V.S., Montecelli T.D.N., Schuster I., Polo M., Souza L.V., Lima F.J.A., Evangelista A., Santos D.A., Grave E.L. CD 1303 – Short stature, high productive potential and industrial quality. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. 2018, Vol. 18, P. 123–125. https://doi.org/10.1590/1984-70332018v18n1c15
5. Galetto S.L., Bini A.R., Haliski A., Scharr D.A., Borszowskei P.R., Caires E.F. Nitrogen fertilization in top dressing for wheat crop in succession to soybean under a no-till system. *Bragantia*. 2017, Vol. 76, P. 282–291. https://doi.org/10.1590/1678-4499.095
6. Lavrynenko Yu.O. Breeding heritage and its role in stabilizing production of corn grain in Ukraine. Natural sciences and modern technological solutions: knowledge integration in the XXI century: collective monograph. Lviv-Torun: Liha-Pres, 2019. P. 103–119. https://doi.org/10.36059/978-966-397-154-4/103-119
7. Ojha A. & Ojha B.R. Assessment of Morpho-Physiological, Yield and Yield Attributing Traits Related to Post Anthesis Drought in Wheat Genotypes Under Rainfed Condition in Rampur, Chitwan. *Int. J. Appl. Sci. Biotechnol*. 2020, Vol. 8, Issue 3, P. 323–335. DOI: 10.3126/ijasbt.v8i3.31609
8. Popov S.I., Leonov O.Yu., Popova K.M., & Avramenko S.V. Ecological plasticity of winter wheat varieties depending on root nitrogen nutrition in the eastern Forest-Steppe of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2019. Vol. 15, Issue 3. P. 296–302. doi: 10.21498/2518-1017.15.3.2019.181087
9. Ray D.K., Mueller N.D., West P.C., Foley J.A. Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. *PLoS ONE*. 2013, Vol. 8, E66428. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066428
10. Rosielle A.A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Science*. 1981. Vol. 21, № 6. P. 943–946. doi:10.2135/cropsci1981.0011183X002100060033x
11. Subira J., Álvaro F., del Moral L.F.G., & Royo C. Breeding effects on the cultivar × environment interaction of durum wheat yield. *European Journal of Agronomy*, 2015, Vol. 68, 78–88. https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.04.009
12. Tyshchenko A.V., Tyshchenko O.D., Konovalova V.M., Fundirat K.S., Piliarska O.O. Methods of determining the adaptability and ecological stability of plants. *Scientific Collection "InterConf+"*, 33(155): with the Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference "Modern Knowledge: Research and Discoveries" (May 19-20, 2023; Vancouver, Canada) by the SPC "InterConf". A.T. International, 2023. P. 324-342. https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.05.2023.029 ISSN 2709-4685
13. Tyshchenko O., Tyshchenko A., Piliarska O., Kuts H., Lykhovyd P. Evaluation of drought tolerance in alfalfa *(Medicago sativa)* genotypes in the conditions of osmotic stress. *AgroLife Scientific Journal*. 2020. Vol. 9, No. 2, P. 353–358. ISSN 2285-5718

14. Vozhehova R., Tyshchenko A., Tyshchenko O., Dymov O., Piliarska O., Lykhovyd P. Evaluation of breeding indices for drought tolerance in alfalfa (*Medicago*) genotypes. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2021. Vol. LXIV, No. 2. P. 435–444.
15. Yadav R., Gupta S., Gaikwad K.B., Bainsla N.K., Kumar M., Babu P., Ansari R., Dhar N., Dharmateja P. & Prasad R. Genetic Gain in Yield and Associated Changes in Agronomic Traits in Wheat Cultivars Developed Between 1900 and 2016 for Irrigated Ecosystems of Northwestern Plain Zone of India. *Front. Plant Sci.* 2021, Vol. 12:719394. doi: 10.3389/fpls.2021.719394
16. Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Димов О.М., Люта Ю.О. Особливості прояву адаптивних ознак у селекційних популяцій люцерни при вирощуванні на насіння. *Вісник СумНАУ. Серія "Агрономія і біологія"*. 2021. Випуск 2(44), С. 3–11. https://doi.org/10.32845/agrobio.2021.2.1
17. Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Димов О.М., Пілярська О.О. Оцінювання посухостійкості селекційного матеріалу люцерни за показниками водного режиму в умовах Півдня України. *Plant Varieties Studying and protection*. 2021, Vol. 17, No 1. С. 21–29. https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.1.2021.228204
18. Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Пілярська О.О., Гальченко Н.М. Оцінка посухостійкості популяцій люцерни кормового використання в рік сівби за математичними індексами. *Аграрні інновації*. 2022. №13. С. 190–198. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.13.28
19. Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Пілярська О.О., Фундират К.С., Коновалова В.М. Особливості прояву адаптивних ознак у популяцій люцерни за кормового використання. *Аграрні інновації*. 2022. №14. С. 135–144. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.14.20
20. Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Пілярська О.О., Фундират К.С., Гальченко Н.М. Оцінка посухостійкості популяцій люцерни за насіннєвого використання в рік сівби. *Аграрні інновації*. 2022. №15. С. 89–96. DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.15.14
21. Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Пілярська О.О., Фундират К.С., Коновалова В.М. Визначення посухостійкості популяцій люцерни насіннєвого використання за математичними індексами. *Вісник аграрної науки.* 2023. № 1 (838). С. 40–48. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202301-05
22. Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Пілярська О.О., Фундират К.С., Коновалова В.М. Насіннєва продуктивність популяцій люцерни другого року життя та особливості прояву у них адаптивних ознак. *Аграрні інновації*. 2022. № 16. С. 94–103. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.16.15
23. Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Пілярська О.О., Фундират К.С., Коновалова В.М. Формування стійкості рослин насіннєвої люцерни в умовах різного екологічного градієнта. *Вісник аграрної науки.* 2023. № 3 (840). С. 53–62. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202303-08
24. Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Пілярська О.О., Фундират К.С., Коновалова В.М. Посухостійкість популяцій люцерни другого року за кормового використання. *Аграрні інновації*. 2023. № 17. С. 25–36. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.17.4
25. Лавриненко Ю.О., Вожегова Р.А., Базалій Г.Г., Усик Л.О., Жупина А.Ю. Вплив зрошення на продуктивність різних сортотипів озимої пшениці в умовах Південного Степу України. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2019. № 3 (79). http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2019.03.014
26. Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Люта Ю.О. Оцінка генотипів люцерни за насіннєвою продуктивністю на посухостійкість. *Таврійський науковий вісник*. Херсон: ВД "Гельветика", 2021. № 120. С. 155–168. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.120.21
27. Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Люта Ю.О., Пілярська О.О. Адаптивна здатність – важлива ознака в селекції рослин. *Зрошуване землеробство*. 2021. № 75, С. 101–109. https://doi.org/10.32848/0135-2369.2021.75.19

REFERENCES:

1. Anderson, W.K., Brennan, R.F., Jayasena, K.W., Micic, S., Moore, J.H. & Nordblom, T. (2020). Tactical crop management for improved productivity in winter-dominant rainfall regions: a review. *Crop & Pasture Science*. 71, 621–644. https://doi.org/10.1071/CP19315 [in English].
2. Carlson, R. (2016). Estimating the biotech sector's contribution to the US economy. *Nat Biotechnol*. 34, 247–255. https://doi.org/10.1038/nbt.3491 [in English].
3. Eberhart, S.A & Rassell, W.A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sc*. 6(1). 36–40. [in English].
4. Franco, F.A., Marchioro, V.S., Montecelli, T.D.N., Schuster, I., Polo, M., Souza, L.V., Lima, F.J.A., Evangelista, A., Santos, D.A. & Grave, E.L. (2018). CD 1303 – Short stature, high productive potential and industrial quality. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. 18, 123–125. https://doi.org/10.1590/1984-70332018v18n1c15 [in English].
5. Galetto, S.L., Bini, A.R., Haliski, A., Scharr, D.A., Borszowskei, P.R. & Caires, E.F. (2017). Nitrogen fertilization in top dressing for wheat crop in succession to soybean under a no-till system. *Bragantia*. 76, 282-291. https://doi.org/10.1590/1678-4499.095 [in English].
6. Lavrynenko, Yu.O. (2019). Breeding heritage and its role in stabilizing production of corn grain in Ukraine. Natural sciences and modern technological solutions: knowledge integration in the XXI century: collective monograph. Lviv-Torun: Liha-Pres, 103–119. https://doi.org/10.36059/978-966-397-154-4/103-119 [in English].
7. Ojha, A. & Ojha, B.R. (2020). Assessment of Morpho-Physiological, Yield and Yield Attributing Traits Related to Post Anthesis Drought in Wheat Genotypes Under Rainfed Condition in Rampur, Chitwan. *Int. J. Appl. Sci. Biotechnol*. 8(3), 323–335. doi.org/10.3126/ijasbt.v8i3.31609 [in English].
8. Popov, S.I., Leonov, O.Yu., Popova, K.M., & Avramenko, S.V. (2019). Ecological plasticity of winter wheat varieties depending on root nitrogen nutrition in the eastern Forest-Steppe of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(3), 296–302 doi: 10.21498/2518-1017.15.3.2019.181087 [in Ukrainian].
9. Ray, D.K., Mueller, N.D., West, P.C. & Foley, J.A. (2013). Yield trends are insufficient to double global crop pro-

duction by 2050. *PLoS ONE*. 8, E66428. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066428 [in English].

10. Rosielle, A.A., & Hamblin, J. (1981). Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Science*, 21(6): 943–946. doi:10.2135/cropsci1981.0011183X002100060033x [in English].
11. Subira, J., Álvaro, F., del Moral, L.F.G., & Royo, C. (2015). Breeding effects on the cultivar × environment interaction of durum wheat yield. *European Journal of Agronomy*, 68, 78-88. https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.04.009 [in English].
12. Tyshchenko A.V. et al. (2023). Methods of determining the adaptability and ecological stability of plants. *Scientific Collection "InterConf+", 33(155): with the Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference "Modern Knowledge: Research and Discoveries" by the SPC "InterConf"*. (pp. 324–342) A.T. International. Vancouver, Canada. https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.05.2023.029 ISSN 2709-4685 [in English].
13. Tyshchenko, O., Tyshchenko, A., Piliarska, O., Kuts, H. & Lykhovyd, P. (2020). Evaluation of drought tolerance in alfalfa *(Medicago sativa)* genotypes in the conditions of osmotic stress. *AgroLife Scientific Journal*, 9(2), 353–358. ISSN 2285-5718 [in English].
14. Vozhehova, R., Tyshchenko, A., Tyshchenko, O., Dymov, O., Piliarska, O. & Lykhovyd, P. (2021). Evaluation of breeding indices for drought tolerance in alfalfa (*Medicago*) genotypes. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, LXIV(2), 435–444. ISSN 2285-5785 [in English].
15. Yadav, R., Gupta, S., Gaikwad, K.B., Bainsla, N.K., Kumar, M., Babu, P., Ansari, R., Dhar, N., Dharmateja, P. & Prasad, R. (2021). Genetic Gain in Yield and Associated Changes in Agronomic Traits in Wheat Cultivars Developed Between 1900 and 2016 for Irrigated Ecosystems of Northwestern Plain Zone of India. *Front. Plant Sci.* 12:719394. doi: 10.3389/fpls.2021.719394 [in English].
16. Vozhehova, R.A., Tyshchenko, A.V., Tyshchenko, O.D., Dymov, O.M. & Lyuta, Yu.O. (2021). Osoblyvosti proiavu adaptyvnykh oznak u selektsiinykh populiatsii liutserny pry vyroshchuvanni na nasinnia. [Features of manifestation of adaptive traits in breeding populations of alfalfa when grown from seed]. *Visnyk SumNAU. Seriia "Ahronomiia i biolohiia" – Bulletin of SumNAU. Agronomy and Biology Series*. 2(44). 3–11. https://doi.org/10.32845/ agrobio.2021.2.1 [in Ukrainian].
17. Vozhehova, R.A., Tyshchenko, O.D., Tyshchenko, A.V., Dymov, O.M. & Piliarska, O.O. (2021). Otsiniuvannia posukhostiikosti selektsiinoho materialu liutserny za pokaznykamy vodnoho rezhymu v umovakh Pivdnia Ukrainy [Evaluation of drought tolerance of alfalfa breeding material based on water regime indicators in Southern Ukraine.]. *Plant Varieties Studying and protection*, 17(1), 21–29. https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.1.2021.228204. [in Ukrainian].
18. Vozhehova, R.A., Tyshchenko, A.V., Tyshchenko, O.D., Piliarska, O.O. & Halchenko, N.M. (2022). Otsinka posukhostiikosti populiatsii liutserny kormovoho vykorystannia v rik sivby za matematychnymy indeksamy [Assessment of drought resistance of fodder alfalfa populations in the year of sowing by mathematical indices]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian Innovations*, 13, 190–198. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.13.28. [in Ukrainian].
19. Vozhehova, R.A., Tyshchenko, A.V., Tyshchenko, O.D., Piliarska, O.O., Fundirat, K.S. & Konovalova, V.M. (2022). Osoblyvosti proiavu adaptyvnykh oznak u populiatsii liutserny za kormovoho vykorystannia [Peculiarities of the manifestation of adaptive traits in alfalfa populations under fodder use]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian Innovations*, 14, 135–144. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.14.20. [in Ukrainian].
20. Vozhehova, R.A., Tyshchenko, A.V., Tyshchenko, O.D., Piliarska, O.O., Fundirat, K.S. & Halchenko, N.M. (2022). Otsinka posukhostiikosti populiatsii liutserny za nasinnievoho vykorystannia v rik sivby [Assessment of drought resistance of alfalfa populations for seed use in the year of sowing]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian Innovations*, 15, 89–96. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.15.14. [in Ukrainian].
21. Vozhehova, R.A., Tyshchenko, A.V., Tyshchenko, O.D., Piliarska, O.O., Fundirat, K.S. & Konovalova, V.M. (2023). Vyznachennia posukhostiikosti populiatsii liutserny nasinnievoho vykorystannia za matematychnymy indeksamy [Determination of drought resistance of alfalfa populations for seed use by mathematical indices]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Bulletin of Agricultural Science***,** 1(838), 40–48. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202301-05. [in Ukrainian].
22. Vozhehova, R.A., Tyshchenko, A.V., Tyshchenko, O.D., Piliarska, O.O., Fundirat, K.S. & Konovalova, V.M. (2022). Nasinnieva produktyvnist populiatsii liutserny druhoho roku zhyttia ta osoblyvosti proiavu u nykh adaptyvnykh oznak [Seed productivity of alfalfa populations in the second year of life and the peculiarities of the manifestation of adaptive traits in them]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian Innovations*, 16, 94–103. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.16.15 [in Ukrainian].
23. Vozhehova, R.A. et al. (2023). Formuvannia stiikosti roslyn nasinnievoi liutserny v umovakh riznoho ekolohichnoho hradiienta [Formation of resistance of seed alfalfa plants in conditions of different environmental gradients]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 3(840), 53–62. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202303-08 [in Ukrainian].
24. Vozhehova, R.A. et al. (2023). Posukhostiikist populiatsii liutserny druhoho roku za kormovoho vykorystannia [Drought resistance of second-year alfalfa populations for fodder use]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian Innovations*, 17, 25–36. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.17.4 [in Ukrainian].
25. Lavrynenko, Yu.O., Vozhehova, R.A., Bazalii, H.H., Usyk, L.O. & Zhupyna, A.Iu. (2019). Vplyv zroshennia na produktyvnist riznykh sortotypiv ozymoi pshenytsi v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [The influence of irrigation on the productivity of different varieties of winter wheat in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine.]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy – Scientific reports of NULES of Ukraine*. 3(79). http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2019.03.014 [in Ukrainian].
26. Tyshchenko, A.V., Tyshchenko, O. D. & Lyuta, Yu. O. (2021). Otsinka henotypiv liutserny za nasinnievoiu produktyvnistiu na posukhostiikist. [Evaluation of alfalfa genotypes by seed productivity for drought resistance]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Kherson:*

VD "Helvetyka" – Taurian Scientific Bulletin. Kherson: Helvetica. 120. 155–168. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.120.21. [in Ukrainian].

27. Tyshchenko, A.V., Tyshchenko, O.D., Liuta, Yu.O. & Piliarska, O.O. (2021). Adaptyvna zdatnist – vazhlyva oznaka v selektsii roslyn [Adaptability is an important feature in plant selection]. *Zroshuvane zemlerobstvo – Irrigated farming*, 75, 101–109. https://doi.org/10.32848/0135-2369.2021.75.19. [in Ukrainian].

Тищенко А.В., Коновалова В.М., Базалій Г.Г., Фундират К.С., Тищенко О.Д., Резніченко Н.Д., Коновалов В.О., Боровик В.О. Екологічна пластичність та стабільність сортів пшениці озимої в умовах Південного Степу України (ч. 1 – роки з достатнім зволоженням)

Метою наших досліджень було вивчення і аналіз екологічної стійкості та адаптивності до різних середовищ сортів озимої пшениці селекції Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН та Селекційно-генетичного інституту Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення НААН в умовах Південного Степу України. **Матеріали і методи досліджень.** Реакцію 18 сортів озимої пшениці на різні умови вирощування вивчали на Асканійській державній сільськогосподарській дослідницькій станції у с. Тавричанка, Херсонська область (46°33'12''N; 33°49'13''E; 39 м над рівнем моря) протягом 2015/16–2019/20 рр. Дослідження проводилися за різних умов зволоження: при зрошенні та без зрошення. Аналіз екологічної стійкості та адаптивності до різних середовищ сортів озимої пшениці проводили за допомогою різних параметрів. **Результати дослідження та їх обговорення.** Отримані експериментальні дані дозволили виділити сорти озимої пшениці з найвищою урожайністю за максимальною продуктивністю – *Бургунка* – 8,46 т/га, *Традиція одеська* – 8,32 та *Щедрість одеська* – 8,58 т/га, за мінімальною продуктивністю – *Кошова* – 7,14 т/га, *Херсонська безоста* – 7,00, *Ліра одеська* – 7,24 т/га та *Традиція одеська* – 7,05 т/га. За параметрами адаптивності, як найбільш стабільний, був виділений сорт *Гарантія одеська*, натомість *Щедрість одеська* був виділений як сорт інтенсивного типу. За кореляційним аналізом виділені параметри адаптивності рівень стійкості до стресових умов (*RS*), коефіцієнт регресії (b_i), дисперсія відхилення від лінії регресії (s^2_{di}), ознака стабільності реакції генотипу (σ^2_{CA3i}), коефіцієнт компенсації (K_{gi}), відносна стабільність генотипу (s_{gi}), селекційна цінність генотипу (*СЦГі*), селекційна цінність сорту (*Sc*) за якими найбільш чітко можна охарактеризувати тип сорту. **Висновки.** Виділені параметри адаптивності за ними та біплот-аналізом, як найбільш стабільний, були виділені сорти *Кошова*, *Херсонська безоста*, *Гарантія одеська* та *Ліра одеська*, натомість *Щедрість одеська* та *Бургунка* виділені як сорти інтенсивного типу.

Ключові слова: озима пшениця, сорт, зрошення, природнє зволоження, урожайність, адаптивність, стабільність, екоградієнт, біплот-аналіз, кластерний аналіз.

Tyshchenko A.V., Konovalova V.M., Bazalii H.H., Fundirat K.S., Tyshchenko O.D., Reznichenko N.D., Konovalov V.O., Borovyk V.O. Ecological plasticity and stability of winter wheat varieties in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine (part 1 – years with sufficient moisture)

The purpose of our research was to study and analyze the environmental stability and adaptability to different environments of winter wheat varieties selected by the Institute of Climate-oriented Agriculture of the National Academy of Sciences and the Selection and Genetic Institute of the National Center for Seed Science and Varietal Research of the National Academy of Sciences in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. **Research materials and methods.** The reaction of 18 varieties of winter wheat to different growing conditions was studied at the Askania State Agricultural Research Station in the village of Tavrychanka, Kherson region (46°33'12"N; 33°49'13"E; 39 m above sea level) during 2015/16–2019/20. Research was conducted under different conditions of irrigation: with irrigation and without irrigation. Analysis of environmental stability and adaptability to different environments of winter wheat varieties was carried out using various parameters. **Research results and their discussion.** The obtained experimental data made it possible to single out the varieties of winter wheat with the highest productivity in terms of maximum productivity – *Burhunka* – 8.46 t/ha, *Tradytsiia odes'ka* – 8.32 and *Schedrist' odes'ka* – 8.58 t/ha, in terms of minimum productivity – *Koshova* – 7.14 t/ha, *Khersons'ka bezosta* – 7.00, *Lira odes'ka* – 7.24 t/ha and *Tradytsiia odes'ka* – 7.05 t/ha. According to the parameters of adaptability, the *Harantiia odes'ka* variety was selected as the most stable, while the *Schedrist' odes'ka* was selected as an intensive type variety. According to the correlation analysis, the parameters of adaptability were selected: the level of resistance to stressful conditions (*RS*), the regression coefficient (b_i), the variance of the deviation from the regression line (s^2_{di}), the sign of the stability of the genotype reaction (σ^2_{SACi}), the compensation coefficient (K_{gi}), the relative stability of the genotype (s_{gi}) , the selection value of the genotype (*SVGi*), the selection value of the variety (*Sc*) by which the type of variety can be most clearly characterized. **Conclusions.** According to them and the biplot analysis, the isolated parameters of adaptability were selected as the most stable varieties *Koshova*, *Khersons'ka bezosta*, *Harantiia odes'ka* and *Lira odes'ka*, instead *Schedrist' odes'ka* and *Burhunka* were selected as intensive type varieties.

Key words: winter wheat, variety, irrigation, natural moisture, productivity, adaptability, stability, ecogradient, biplot analysis, cluster analysis.

УДК 634.7:634.752:631.95
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.30

ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ В СОРТІВ СУНИЦІ В ПІДЗОНІ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ

ШИТІКОВ Р.М. – аспірант
orcid.org/0009-0002-1595-3907
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
НАЗАРЕНКО М.М. – доктор сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0002-6604-0123
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Постановка проблеми. Суниця є однією з найбільш вживаних ягідних культурних рослин в країні та особливе значення має в виробництві плодово-ягідної продукції Дніпропетровського регіону. Ця культура має особливу профілактично-лікувальну цінність та необхідна для повноцінного харчування людини. Створення нових сортів та впровадження на їх базі високопродуктивних промислових насаджень потребує відповідного, добре адаптованого до умов регіону сортового матеріалу. Виробництво ягід суниці в парадигмі екологічно-безпечного землеробства, з метою зниження хімічного навантаження на навколишнє середовище, призводить до зростання експлуатаційних вимог для ягідних насаджень. Це вимагає використання сортового матеріалу суниці, котрий має генетично-обумовлену високу врожайність вже в перші роки експлуатації насаджень та формувати плоди високої технологічної та харчової якості [1, 3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Введення до товарного використання нових генотипів суниці, як і будь-якої іншої сільськогосподарської культури, передує вивчення її сортових особливостей та можливостей реалізації потенційних якостей в залежності від агроекологічних особливостей регіону. Особливо це актуально для зон з нестійким біокліматичним потенціалом, що обумовлено суттєвими ризиками під час онтогенезу рослин.. Важливе значення має й товарність нового матеріалу, оскільки невідповідність вимогам реалізації призводить до суттєвих негараздів при використані навіть самих високопродуктивних сортів [6, 7].

Особливе значення для проходження онтогенезу має динаміка розвитку морфометричних ознак рослин та ягід. Ці ознаки безпосередньо впливають як на продуктивність, так і на формування якості плодово-ягідної продукції. Реалізація цих ознак залежить від агроекологічних ресурсів району вирощування та його біокліматичного потенціалу. Для виробничої експлуатації придатні тільки здорові рослини, без серйозного впливу хвороб та шкідників, необхідна відсутність механічних пошкоджень, правильний догляд за посадками, дотримання технології виробництва [4, 5].

Разом з сортами, котрі пройшли повністю офіційні процедури випробування та є основними для промислового використання існують також і місцеві та перспективні форми, котрі вирощують на відносно невеликих площах, але можуть мати доволі вагоме значення в рамках конкретного району або господарства. Їх іноді доцільно використовувати в аматорському ягідництві або при експлуатації на невеликих площах, в специфічних умовах [8, 9].

Рекомендовані для регіону сорти повинні відповідати не лише агроекологічним особливостям регіону, але й вимогам інтенсивних технологій вирощування та істотно перевершувати за основними показниками врожайності та якості [2, 10].

Мета. Метою було встановити особливості формування врожайності п'яти сортів суниці та визначити елементи структури врожайності та особливості онтогенезу в залежності від генетично-обумовлених сортових особливостей, провести аналіз впливу окремих елементів на товарну продуктивність.

Матеріали та методика досліджень. Використовували для дослідження наступні сорти суниці Хоней, Русанівка, Азія, Альба, Клері.

Дослідження проводили на базі ТОВ «Агросільпром» Новомосковського району Дніпропетровської області у 2020–2022 роках. Насадження закладено за схемою садіння 0,25 × 0,7 × 0,5 м. Культивували методом ведення суниці на замульчованій поліетиленовою плівкою чорного кольору гряди, разом з застосуванням краплинного зрошення (поливна норма – 50–80 м^3/га в залежності від пересихання грунту). Операції по видаленню столонів проводили регулярно. Ягоди збирали вручну через 1–2 дні, не допускаючи перезрівання. Спостереження за окремими фенологічними фазами проводили шляхом фіксації календарних строків їх проходження. Морфометричні параметри, кількість генеративних органів, структуру врожаю визначали за загальноприйнятими методиками [3]. Повторність досліду трьохкратна. Ділянки розміщено послідовно, у кожній з яких було висаджено по сорок облікових кущів. Ґрунт дослідної ділянки — чорнозем звичайний середньогумусний середньосугинковий, який утримувався під чорним паром. Взимку посадки накривали агроволокном.

ТОВ «Агросільпром» знаходиться в підзоні Північного Степу України. Клімат помірно-континентальний, зі спекотним літом і малосніжною, переважно теплою зимою, характеризується чітко означеною посушливістю.

Кліматичні умови даного району характеризуються наступними показниками: середня температура липня +23°С, січня − 5,5 °С; максимум опадів у липні-серпні; у квітні-травні бувають суховії; на рік у середньому припадає 225 сонячних днів, рівень опадів за рік становить на рівні 500 мм.

Обліки і спостереження проводили згідно загальноприйнятих методик, статистичну обробку отриманих

даних – методом факторного аналізу за допомогою модуля ANOVA, дискримінантним аналізом (Statistica 10.0).

Результати досліджень. Представлені дані про характер перебігу онтогенезу у досліджуваних сортів суниці свідчить про те, що чотири сорти відносяться до групи ранньостиглих, сорт Азія є середньораннім. Диференціація за строками настання окремих фаз по-різному відтворюється при настанні окремих в залежності від року насадження. Не можна сказати, щоб сорти настільки вагомо розрізнилися за цими показниками, але навіть різниця на два дні призвела при продовжені фази достигання до збільшення кількісті зборів до 13 у сортів Азія та Клері та зменшення до 11 у сорту Альба.

Через особливості повільного розвитку на першій рік вирощування у сорту Азія на перший рік дав на один збір менше, але через низький рівень врожайності на початку експлуатації це не можна вважати суттєвим. Генотипова варіативність не була значима (F=2,66; $F_{0,05}$=3,84; P=0,07), а от різниця між роками була достовірна (F=11,97; $F_{0,05}$=4,99; P=0,002).

Суттєвим для формування врожайності є морфогенез в аспекті формування репродуктивних органів, оскільки саме ці етапи розвитку й обумовлюють наступні високі характеристики (Таблиця 2).

Встановлено, що генотипова варіативність була для показників (усереднено) значима (F=8,17; $F_{0,05}$=3,84; P=0,01), як і різниця між роками (F=19,11; $F_{0,05}$=4,99; P=1,17*10^{-4}). При попарному порівнянні вже на перший рік достовірно за всіма показниками виділився сорт Азія, у дворічному ягіднику позитивно сорти Альба та Клері та за показником кількості зав'язі з куща сорт Альба (відрізнявся позитивно від сорту Русанівка).

За результатами зборів насадження 2-го року був проведений аналіз технічних (товарних) показників

Таблиця 1

Особливості проходження онтогенезу сортів суниці при крапельному зрошені на відкритому ґрунті, см (x ± SD, n = 120)

Сорт	Дата відновлення вегетації	Висування квітконоса	Фаза розвитку				Кількість зборів
			Цвітіння		Достигання		
			Початок	Тривалість, дн.	Початок	Тривалість, дн.	
Однорічний ягідник							
Хоней	12.04	21.04	27.04	10±1[a]	16.05	12±1[a]	8
Русанівка	12.04	21.04	26.04	10±1[a]	15.05	11± [a]	8
Азія	14.04	23.04	28.04	11±1[a]	18.05	12±1[a]	7
Альба	12.04	22.04	26.04	10±1[a]	15.05	11±1[a]	8
Клері	10.04	20.04	24.04	9±1[ab]	14.05	10±1[ab]	8
Дворічний ягідник							
Хоней	10.04	20.04	26.04	10±1[a]	13.05	28±1[a]	12
Русанівка	10.04	19.04	25.04	11±1[a]	13.05	28±1[a]	12
Азія	11.04	22.04	27.04	10±1[a]	16.05	29±1[a]	13
Альба	10.04	19.04	25.04	11±1[a]	13.05	26±2[ab]	11
Клері	8.04	18.04	24.04	9±1[ab]	10.05	30±1[c]	13

Примітка: різниця статистично достовірна за факторним аналізом ANOVA за концентраціями при $P_{0,05}$

Таблиця 2

Формування репродуктивних органів у сортів суниці садової (2020–2022 рр.) (x ± SD, n = 120)

Сорт	Кількість			
	ріжків, шт./кущ	квітконосів, шт./кущ	квіток на квітконосі,шт.	зав'язь, шт./кущ
Однорічний ягідник				
Хоней	1,94±0,10[a]	1,09±0,09[a]	6,10±0,26[a]	6,22±0,25[a]
Русанівка	1,87±0,09[a]	1,11±0,07[a]	5,79±0,29[a]	6,02±0,21[a]
Азія	2,35±0,12[b]	1,37±0,11[b]	7,01±0,23[b]	7,37±0,31[b]
Альба	1,88±0,11[a]	1,19±0,08[ab]	6,34±0,29[a]	6,51±0,29[a]
Клері	1,96±0,10[a]	1,13±0,08[a]	5,97±0,25[a]	6,17±0,27[a]
Дворічний ягідник				
Хоней	5,24±0,37[a]	5,93±0,29[a]	5,91±0,32[a]	34,46±1,15[a]
Русанівка	5,92±0,32[a]	6,39±0,21[a]	6,45±0,24[a]	32,17±1,25[a]
Азія	9,32±0,40[b]	9,92±0,39[b]	11,12±0,45[b]	48,13±1,34[b]
Альба	5,14±0,41[a]	6,11±0,26[a]	6,46±0,29[a]	38,39±1,11[ac]
Клері	8,64±0,42[b]	9,01±0,31[c]	10,10±0,36[c]	45,14±1,25[b]

Примітка: різниця статистично достовірна за факторним аналізом ANOVA за концентраціями при $P_{0,05}$

ягід суниці (таблиця 3), котрий показав статистично достовірну варіативність за показниками ваги ягід 1-го порядку (F=9,34; $F_{0,05}$=3,84; P=0,007), сорти Азія та Клері мали вищий показник та значно відрізнявся від інших, за всіма зборами мінливість за сортами по вазі ягід достовірною не була (F=2,17; $F_{0,05}$=3,84; P=0,08), сорт Азія перевищив сорт Альба, але не відрізнявся від інших. За показниками довжини та діаметру ягід лише сорт Альба відрізнявся від сортів Азія та Клері в першому випадку позитивно, за другим позитивно від сортів Клері Азія, Хоней, Генотипова варіанса незначна (F=1,72; $F_{0,05}$=3,84; P=0,014).

Індекс ягоди розраховувався як відношення максимальної довжини до найбільшому діаметру, за ним ягоди усіх сортів мали округлу форму (діапазон 0,9–1,1), суттєвої варіативності немає.

Щодо врожайності та її елементів (таблиця 4), то варіативність дворічного ягідника була суттєво вища від однорічного (F=14,13; $F_{0,05}$=4,99; P=0,001), також була суттєвою в обох випадках варіативність за генотипами (F=19,11; $F_{0,05}$=3,84; P=5,14*10^{-4}).

Найвищою вона була за показником кількість ягід з куща, де вже в першому році значимо виділився сорт Азія (F=12,98; $F_{0,05}$=4,45; P=0,004), на другий рік позитивно відрізнялися від інших та між собою сорти Азія (F=14,32; $F_{0,05}$=4,45; P=0,001) та Клері (F=14,91; $F_{0,05}$=4,45; P=0,001), негативно відзначився як найнижчий за ознакою сорт Альба (F=9,19; $F_{0,05}$=4,45; P=0,009).

За ознакою середньої ваги ягід всіх зборів на перший та другий рік лише сорт Азія переважав відповідно сорти Русанівка та Клері, на другий сорт Альба. За ознакою врожайності на перший рік домінував серед інших, що були на одному рівні, сорт Азія (F=9,17; $F_{0,05}$=4,45; P=0,007), на другий рік суттєво переважав сорт Азія (F=11,13; $F_{0,05}$=4,45; P=0,002), потім сорт Клері (F=12,14; $F_{0,05}$=4,45; P=0,002), сорт Хоней (F=8,42; $F_{0,05}$=4,45; P=0,01), на останньому місці сорти Русанівка та Альба.

Щодо виходу стандартної продукції варіативність була дуже низької, усі сорти відповідали вимогам до реалізації в достатньо високій мірі. На перший рік частково негативно виділився сорт Азія (поступився при попарному порівняні сортам Альба та Клері) та частково позитивно сорт Клері (переважав сорти Русанівка, Азія та Альба). На другий рік частково позитивно сорт Альба (перевищив сорти Хоней, Азія, Клері).

За проведеними дискримінантним аналізом (Таблиця 5) вагомо на формування врожаю вплинули параметри морфогенезу (переважно дворічного ягідника), середня вага ягоди 1-го порядку, кількість ягід з куща та вихід стандартної продукції (вочевидь, це зв'язок другого порядку, пов'язаний з загальними характеристиками врожайності рівнем мінливості.

Переважне значення мав параметр кількості ягід з кущу, котрий й зумовив перш за все переваги сортів Азія та Клері над іншими та найнижчу врожайність сорту Альба.

Таблиця 3

Технічні показники ягід суниці садової (2020–2022 рр.) (x ± SD, n = 120)

Сорт	Середня вага ягоди, г		Довжина ягоди, мм	Діаметр ягоди	Індекс ягоди
	1-го порядку	За всіма зборами			
Хоней	24,11±1,17[a]	18,47±1,21[a]	38,5±0,6[a]	34,2±0,5[a]	1,1
Русанівка	24,13±1,15[a]	18,34±1,16[a]	38,1±0,6[a]	35,1±0,6[a]	1,1
Азія	27,19±1,30[b]	19,92±1,02[ab]	39,2±0,5[a]	34,1±0,5[a]	1,1
Альба	24,21±1,19[a]	17,13±1,12[a]	37,4±0,7[ab]	35,9±0,6[ab]	1,0
Клері	26,12±1,32[b]	18,66±1,31[a]	39,1±0,6[a]	34,1±0,6[a]	1,1

Примітка: різниця статистично достовірна за факторним аналізом ANOVA за концентраціями при $P_{0,05}$

Таблиця 4

Врожайність та її структура у сортів суниці (2020–2022 рр.) (x ± SD, n = 120)

Сорт	Кількість ягід, шт./кущ	Середня вага ягоди, г	Урожайність, т/га	Вихід стандартної продукції, %
Однорічний ягідник				
Хоней	5,82±0,33[a]	14,28±1,05[a]	5,87±0,53[a]	96,44±1,12[a]
Русанівка	6,13±0,31[a]	13,14±0,97[a]	5,32±0,42[a]	95,14±1,10[a]
Азія	7,21±0,30[b]	15,33±1,04[ab]	7,23±0,45[b]	94,11±1,15[ab]
Альба	6,00±0,27[a]	14,37±1,01[a]	5,90±0,49[a]	95,97±1,10[a]
Клері	6,16±0,30[a]	14,11±1,06[a]	6,02±0,44[a]	98,12±0,94[ac]
Дворічний ягідник				
Хоней	27,22±1,03[a]	18,47±1,21[a]	29,99±0,59[a]	96,44±1,12[a]
Русанівка	26,92±1,00[a]	18,34±1,16[a]	25,32±0,52[b]	98,13±1,10[a]
Азія	35,23±1,24[b]	19,92±1,02[ab]	35,17±1,10[c]	97,28±1,00[a]
Альба	23,11±1,03[c]	17,13±1,12[a]	23,03±0,61[b]	99,13±0,56[ab]
Клері	31,17±1,01[d]	18,66±1,31[a]	32,17±0,45[e]	97,12±1,04[a]

Примітка: різниця статистично достовірна за факторним аналізом ANOVA за концентраціями при $P_{0,05}$

Таблиця 5

Вагомість ознак у формуванні врожайності для сортів суниці

Параметр в моделі	Wilks Lambda λ	Часткова Lambda	F-критичне (4,45)	p-рівень
Параметри онтогенезу інтегративно	0,69	0,20	1,21	0,16
Параметри морфогенезу інтегративно	0,19	0,81	9,14	0,01
Індекс ягоди	0,44	0,37	3,06	0,09
Середня вага ягоди 1-го порядку	0,19	0,65	5,04	0,05
Кількість ягід	0,06	0,92	25,23	0,01
Середня вага ягоди	0,24	0,56	4,15	0,06
Вихід стандартної продукції	0,19	0,66	5,11	0,05

Висновки. В результаті досліджень встановлено, що суттєво при вирощування у відкритому ґрунті на крапельному зрошені підвищення продуктивності показали два з п'яти досліджених сортів, а саме першим був середньоранній сорт Азія, йому поступався сорт Клері, але все ж таки вже у розсаднику другого року перевищував інші сорти, причому сорт Азія суттєво вище плодоношення показав вже в перший рік вирощування (перш за все за рахунок продовження фаз вегетації і більшої кількості зборів), в той час як інші сорти були приблизно на одному рівні. Не рекомендується використовувати сорт Альба в зоні нестійкого зволоження. Ключовим параметром, що найбільш вплинув на формування продуктивності була кількість ягід з кущу. В цілому, за товарними показниками всі сорти задовольняють прийнятим стандартам. Також суттєво на формування врожайності вплинули такі показники як параметри морфогенезу, середня вага ягоди першого порядку, вихід стандартної продукції, але вони були набагато менш суттєвими. В умовах крапельного зрошення та інтенсивної технології більш швидке проходження критичних фаз не є перевагою сорту, в той час як застосовані переважно ранньостиглі сорти дозволяють виграти за ціною. В подальшому планується дослідити ті ж самі параметри при тепличному вирощуванні та провести аналіз харчової якості продукції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Bhat R. P., Devi K. M., Jayalaxmi H., Sophia I., Prajna P. S. Effect of plant growth regulators on establishment and growth of strawberry (Fragaria× ananassa Duch.) var. Chandler in vitro. *Agricultural Science Research Journal*. 2012. 2 (12). P. 623–632.
2. Chhaya B., Jogawat A., Gnanasekaran P., Kumari P., Lakra N. Narayan O. P. An overview of recent advancement in phytohormones-mediated stress management and drought tolerance in crop plants. *Plant Gene*. 2021. 25. 10.1016/j.plgene.2020.100264.
3. Darnell R. L. Strawberry growth and development. The Strawberry: A Book for Growers, Others. Gainesville, FL: Dr. Norman F. Childers Publications, Vienna, 2003, P. 611.
4. Desmet E. M., Verbraeken L., Baets W. Optimisation of nitrogen fertilisation prior to and during flowering process on performance of short day strawberry'Elsanta'. *Acta horticulturae*. 2009. 842. P. 675-678.
5. Khalil N. H., Hammoodi J. K. Effect of nitrogen, potassium and calcium in strawberry fruit quality. International *Journal of Agricultural and Statistical Sciences*. 2021. 16. P. 1967–1972.
6. Khatoon F., Kundu M., Mir H., Nahakpam S. Efficacy of foliar feeding of brassinosteroid to improve growth, yield and fruit quality of strawberry (fragaria × ananassa duch.) grown under subtropical plain. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2021. 16. P. 1967–1972.
7. Lalk G. T., Bi G., Zhang Q., Harkess R. L., Li T. High-tunnel production of strawberries using black and red plastic mulches. *Horticulturae*. 2020. 6(4). P. 1–16.
8. Neri D., Baruzzi G., Massetani F., Faedi W. Strawberry production in forced and protected culture in Europe as a response to climate change. *Canadian journal of plant science*. 2012. 92(6). P. 1021–1036.
9. Savini G., Neri D., Zucconi F., Sugiyama N. Strawberry growth and flowering: an architectural model. *International Journal of Fruit Science*. 2005. 5(1). P. 29–50.

REFERENCES:

1. Bhat R. P., Devi K. M., Jayalaxmi H., Sophia I., Prajna P. S. Effect of plant growth regulators on establishment and growth of strawberry (Fragaria× ananassa Duch.) var. Chandler in vitro. *Agricultural Science Research Journal*. 2012. 2 (12). P. 623–632.
2. Chhaya B., Jogawat A., Gnanasekaran P., Kumari P., Lakra N. Narayan O. P. An overview of recent advancement in phytohormones-mediated stress management and drought tolerance in crop plants. *Plant Gene*. 2021. 25. 10.1016/j.plgene.2020.100264.
3. Darnell R. L. Strawberry growth and development. The Strawberry: A Book for Growers, Others. Gainesville, FL: Dr. Norman F. Childers Publications, Vienna, 2003, P. 611.
4. Desmet E. M., Verbraeken L., Baets W. Optimisation of nitrogen fertilisation prior to and during flowering process on performance of short day strawberry'Elsanta'. *Acta horticulturae*. 2009. 842. P. 675–678.
5. Khalil N. H., Hammoodi J. K. Effect of nitrogen, potassium and calcium in strawberry fruit quality. International *Journal of Agricultural and Statistical Sciences*. 2021. 16. P. 1967–1972.
6. Khatoon F., Kundu M., Mir H., Nahakpam S. Efficacy of foliar feeding of brassinosteroid to improve growth, yield and fruit quality of strawberry (fragaria × ananassa duch.) grown under subtropical plain. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2021. 16. P. 1967–1972.
7. Lalk G. T., Bi G., Zhang Q., Harkess R. L., Li T. High-tunnel production of strawberries using black and red plastic mulches. *Horticulturae*. 2020. 6(4). P. 1–16.

8. Neri D., Baruzzi G., Massetani F., Faedi W. Strawberry production in forced and protected culture in Europe as a response to climate change. *Canadian journal of plant science*. 2012. 92(6). P. 1021–1036.
9. Savini G., Neri D., Zucconi F., Sugiyama N. Strawberry growth and flowering: an architectural model. *International Journal of Fruit Science*. 2005. 5(1). P. 29–50.

Шитіков Р.М., Назаренко М.М. Формування врожайності в сортів суниці в підзоні Північного Степу

Суниця має особливе значення в виробництві плодово-ягідної продукції особливу профілактично-лікувальну цінність та необхідна для повноцінного харчування людини, впровадження у виробництво потребує відповідного, добре адаптованого до умов регіону сортового матеріалу. **Мета.** Метою було встановити особливості формування врожайності п'яти сортів суниці та визначити елементи структури врожайності та особливості онтогенезу в залежності від генетично-обумовлених сортових особливостей, провести аналіз впливу окремих елементів на товарну продуктивність. **Методи.** Використовували для дослідження сорти суниці Хоней, Русанівка, Азія, Альба, Клері. Проводили на базі ТОВ «Агросільпром» Новомосковського району Дніпропетровської області у 2020-2022 роках. Схема садіння 0,25 × 0,7 × 0,5 м. з застосуванням краплинного зрошення. Морфометричні параметри, кількість генеративних органів, структуру врожаю визначали за загальноприйнятими методиками Повторність досліду трьохкратна. Клімат помірно-континентальний, характеризується чітко означеною посушливістю. **Результати.** Диференціація за строками настання окремих фаз призвела до збільшення кількісті зборів до 13 у сортів Азія та Клері та зменшення до 11 у сорту Альба. При попарному порівнянні вже на перший рік достовірно за формуванням репродуктивних органів виділився сорт Азія, у дворічному ягіднику позитивно сорти Альба та Клері. Аналіз технічних (товарних) показників ягід суниці показав перевагу за вагою ягід 1-го порядку сортів Азія та Клері. Ягоди усіх сортів мали округлу форму. По врожайності та її елементів то варіативність дворічного ягідника була суттєво вища від однорічного за генотипами. Вже на першому році значимо виділився сорт Азія, на другий рік позитивно відрізнялися від інших та між собою сорти Азія та Клері. За ознакою середньої ваги ягід всіх зборів на перший та другий рік лише сорт Азія переважав деякі сорти. Вагомо на формування врожаю вплинули параметри морфогенезу), середня вага ягоди 1-го порядку, кількість ягід з куща та вихід стандартної продукції. **Висновки.** Суттєве при вирощування у відкритому ґрунті на крапельному зрошені підвищення продуктивності показали два з п'яти досліджених сортів – сорт Азія, йому поступався сорт Клері, що перевищував інші сорти, причому сорт Азія суттєво вище плодоношення показав вже в перший рік вирощування,. Ключовим параметром, що найбільш вплинув на формування продуктивності була кількість ягід з кущу. В цілому, за товарними показниками всі сорти задовольняють прийнятим стандартам. В подальшому планується дослідити ті ж самі параметри при тепличному вирощуванні та провести аналіз харчової якості продукції.

Ключові слова: суниця, сорт, врожай, структура врожайності, онтогенез.

Shytikov R.M., Nazarenko M.M. Formation of yield for strawberry varieties in the Northern Steppe subzone

Strawberries have a special importance in the production of fruit and berry, they have a special preventive and curative value and are necessary for a complete human nutrition, the introduction into production requires a suitable, well-adapted to the conditions of the region varietal material. **Purpose.** The aim was to establish the features of yield formation of five strawberry varieties and to determine the elements of the yield structure and features of ontogenesis depending on the genetically determined varietal features, to conduct an analysis of the influence of individual elements on market productivity. **Methods.** Strawberry varieties Honey, Rusanivka, Asia, Alba, Clary were used for research. Held on the basis of Agrosilprom LLC of the Novomoskovsk district of the Dnipropetrovsk region in 2020-2022. Planting scheme 0.25 × 0.7 × 0.5 m. with the use of drip irrigation. Morphometric parameters, the number of generative organs, the structure of the crop was determined according to generally accepted methods. The experiment was repeated three times. The climate is temperate-continental, characterized by clearly defined aridity. **Results.** Differentiation by the timing of the onset of individual phases led to an increase in the number of harvestings to 13 for the varieties Asia and Clary and a decrease to 11 in the variety Alba. When comparing pairwise, already in the first year, the Asia variety reliably stood out in terms of the formation of reproductive organs, in the two-year-old berry variety, the varieties Alba and Clary were positive. The analysis of technical (commercial) indicators of strawberry berries showed superiority in weight of berries of the 1st order of varieties Asia and Clary. Berries of all varieties had a rounded shape. In terms of yield and its elements, the variability of two-year-old berry was significantly higher than that of one-year-old by genotypes. Already in the first year, the variety Asia stood out significantly, and in the second year, the varieties Asia and Clary differed positively from the others and from each other. According to the average weight of berries of all harvests for the first and second year, only the variety Asia prevailed over some varieties. The formation of the crop was strongly influenced by the parameters of morphogenesis), the average weight of the berry of the 1st order, the number of berries from the bush and the yield of standard products. **Conclusions.** When grown in open ground on drip irrigation, two from the five studied varieties showed a significant increase in productivity – the variety Asia, followed by the variety Clary, which exceeded other varieties, and the variety Asia showed significantly higher fruiting already in the first year of cultivation. The key parameter that had the greatest impact on the formation of productivity was the number of berries from the bush. In general, according to commodity indicators, all varieties meet the accepted standards. In the future, it is planned to investigate the same parameters during greenhouse cultivation and conduct an analysis of the nutritional quality of the products.

Key words: strawberry, variety, yield, yield structure, ontogenesis.

СТОРІНКА МОЛОДОГО ВЧЕНОГО

УДК 632.51:633.812:631.674:631.8
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.31

ЗАБУР'ЯНЕНІСТЬ НАСАДЖЕНЬ ЛАВАНДИНУ ЗА РІЗНИХ СПОСОБІВ ЗРОШЕННЯ ТА СИСТЕМ УДОБРЕННЯ

СТЕЦЕНКО І.І. – здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії
orcid.org/0000-0002-7389-926X
Херсонський державний аграрно-економічний університет

Постановка проблеми. Сучасні світові тенденції аграрної науки та виробництва, пов'язані із пошуком нетрадиційних і нішевих культур, адаптованих до змін клімату, визначають зростаючу популярність ефіроолійних, лікарських та декоративних рослин [1–4]. Науковцями доведено перспективність вирощування рослин роду Лаванда (Lavandula L.) в умовах півдня України ще у 90-их роках XX ст. Їх типовим представником є багаторічна культура лавандин (*Lavandula hybrida* Rev.) – міжвидовий гібрид лаванди вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.) та лаванди широколистої (*Lavandula latifolia* Medic.), створений шляхом штучного схрещування [5, 6]. Однак питання технології вирощування лавандину на сьогоднішній день залишаються відкритими, а наявні дослідження окремих елементів культивування стосуються, головним чином, лаванди [7]. Вагомим фактором, що здатний обмежувати продуктивність лавандину, є забур'яненість його насаджень, особливо у перший-третій роки використання. Бур'яни є конкурентами культури за вологу, світло й поживні речовини, резерваторами збудників хвороб, додатковою харчовою базою для шкідників, що впливає на врожайність квіткової сировини, строки експлуатації насаджень лавандину, а отже й рентабельність його вирощування. Через зміну клімату у бік його континентальності, створюються умови до зростання частки багаторічних бур'янів із потужною, глибоко проникаючою кореневою системою. Тому першочерговим етапом у прийнятті рішень щодо контролю бур'янів є проведення систематичного моніторингу змін видового складу бур'янів [8]. Отже актуальним завданням наукових досліджень є аналіз стану бур'янового компоненту агрофітоценозу *Lavandula hybrida* Rev. залежно від погодних, ґрунтових умов, а також елементів технології вирощування, зокрема способів зрошення та систем удобрення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Лавандин, як і лаванда, є джерелом цінної натуральної ефірної олії, яка використовується у фармацевтичній, парфумерній, харчовій та багатьох інших галузях промисловості. Вирощування цих культур на схилах, еродованих і малопродуктивних ґрунтах є потужним протиерозійним засобом, а використання у садово-парковому господарстві дає змогу створювати оздоровчо-декоративні зони. Вченими визначено позитивний вплив лаванди, а отже й лавандину, на процес збереження й примноження біорізноманіття в агроекосистемах, очищенні повітря від патогенних бактерій завдяки виділенню ефірної олії, що має антисептичні властивості [9–11]. Впровадження у виробництво представників роду Lavandula L., які мають цінні медоносні властивості, дозволяє аграрним підприємствам розширити пилково-нектарний конвеєр і тим самим покращити впродовж літнього періоду безпечну кормову базу для бджільництва [12]. Все більше уваги вчені приділяють дослідженню інгібуючого ефекту ефірної олії лаванди та інших культур (м'ята перцева, кориця тощо) на проростання насіння деяких поширених видів бур'янів, що є актуальним питанням у веденні органічного землеробства [13].

Останніми роками в Україні спостерігається тенденція зростання забур'яненості ріллі, причинами якої є порушення науково обґрунтованих сівозмін, систем основного обробітку грунту, внесення непідготовлених органічних добрив, спрощення технологій вирощування культур, порушення вимог до застосування хімічного методу контролю сегетальної рослинності, адаптація бур'янів до змін клімату тощо. За даними науковців найбільш шкодочинними є багаторічні бур'яни, для ефективного контролю яких слід запроваджувати комплекс організаційно-господарських, агротехнічних і хімічних заходів у системі інтегрованого захисту рослин. Велику небезпеку також становлять малорічні представники сегетальної рослинності, кількість насіння яких в орному шарі грунту коливається від 100 млн до 4 млрд шт./га [14]. Враховуючи кінцеву мету вирощування ефіроолійних рослин – отримання екологічно чистої ефірної олії, застосування хімічного методу контролю бур'янів є недоцільним і перевага надається агротехнічним заходам, обрання яких залежить від видового складу сегетальної рослинності [15, 16].

Постановка завдання. Мета дослідження полягала у визначенні впливу способів зрошення та систем удобрення на забур'яненість насаджень *Lavandula hybrida* Rev. в умовах півдня України. Експеримент проведено впродовж 2021–2023 рр. на темно-каштанових слабо солонцюватих середньосуглингкових ґрунтах ПП «Криниця», що розташоване у с. Інгулець Херсонського району Херсонської області. В орному шарі ґрунту дослідних ділянок вміст гумусу становив 2,4%, забезпеченість нітратами знаходилася на низькому рівні, рухомого фосфору і калію – на середньому. Реакція ґрунтового розчину становила 7,2, щільність складення шару ґрунту 0–30 см – 1,27 г/см^3.

Схема досліду включала краплинний поверхневий, краплинний підґрунтовий, спринклерний способи зро-

шення (фактор А) та мінеральну – І, мінеральну – ІІ й органічну системи удобрення (фактор В).

У контролі (без зрошення) мінеральна система – І та мінеральна система – ІІ складалися з основного внесення добрив під оранку на глибину 30–32 см у дозі $P_{120}K_{60}$, перед висаджуванням культури – N_{60}, у фази весняного відростання, появи квітконосів та забарвленого бутону – $N_{20}P_{20}K_{20}$. Органічна система включала основне внесення під оранку 40 т/га гною та витримування кореневої системи розсади лавандину впродовж 1 год. перед висаджуванням у розчині препарату Біо-гель (100 мл на 10 л води). Навесні та влітку (фази весняного відростання, появи квітконосів, забарвленого бутону) вносили препарат Біо-гель (2 л/га) шляхом обприскування рослин.

За краплинного поверхневого, краплинного підґрунтового та спринклерного поливу мінеральна система удобрення – І включала основне внесення добрив під оранку у дозі $P_{120}K_{60}$, перед посадкою розсади – N_{60} та три підживлення у дозі $N_{20}P_{20}K_{20}$ у фази весняного відростання, появи квітконосів, забарвленого бутону. Мінеральна система удобрення – ІІ також складалася з основного внесення добрив під оранку у дозі $P_{120}K_{60}$ та внесення перед посадкою розсади азотних добрив у дозі N_{30}, а через 15 діб після висаджування розсади проводили підживлення у дозі N_{30} з поливною водою. У весняно-літній період вносили добрива у чотири прийоми за тими ж фазами у дозі $N_{20}P_{20}K_{20}$ (всього – $N_{60}P_{60}K_{60}$). Органічна система представлена основним внесенням під оранку 40 т/га гною та обробкою кореневої системи лавандину перед висаджуванням розчином препарату Біо-гель (100 мл на 10 л води, експозиція 1 год.). Навесні та влітку (фази весняного відростання, появи квітконосів, забарвленого бутону) з поливною водою вносили препарат Біо-гель (2 л/га).

Вологість у шарі ґрунту 0–60 см підтримували поливами на рівні 70% НВ. Залежно від гідротермічних умов років дослідження (2021 р. надмірно вологий – ГТК 1,54; 2022 р. дуже посушливий – ГТК 0,39; 2023 р. по червень місяць вологий – ГТК 1,0) зрошувальна норма у 2021 р. становила 450 м^3/га, у 2022 р. – 650 м^3/га, у 2023 р. – 550 м^3/га.

Вирощували середньостиглий сорт Іній, який має високу зимо- і посухостійкість (оригінатор Інститут рису НААН). Закладання досліду проведено методом розщеплених ділянок, спостереження та обліки здійснювали згідно загальновизнаних методик [17]. Розмір дослідної ділянки – 100 м^2, облікової – 75,6 м^2, повторність 4-разова. Схема посадки саджанців – 70×140 см.

Ділянки під плантації лавандину готували завчасно й ретельно, приділяючи особливу увагу очищенню поля від бур'янів. Закладання плантацій культури проводили після збирання ячменю озимого. Поле обробляли дисковими лущильниками у два сліди на глибину 10–12 см, після чого проводили основне внесення мінеральних й органічних добрив згідно схеми досліду під зяблеву оранку на глибину 30–32 см. Наступного року навесні поверхню ґрунту вирівнювали важкими зубовими боронами і в подальшому витримували поле у стані чорного пару, знищуючи бур'яни, що відростали суцільними культиваціями на глибину 12–14 см. У кінці вересня вносили мінеральні добрива згідно схеми досліду з наступним обробітком ґрунту чизель-культиватором на глибину 20–25 см. Контроль бур'янів у насадженнях культури впродовж вегетації здійснювали шляхом ручного прополювання та міжрядних культивацій.

Виклад основного матеріалу дослідження. Видовий склад бур'янів у період весняного відростання рослин лавандину першого року використання в середньому за 2021–2023 рр. дослідження був представлений малорічними та багаторічними типами сегетальної рослинності, серед яких переважаючими були ярі пізні (33%), зимуючі (22%) та коренепаросткові (22%). Дольова участь кореневищних бур'янів у насадженнях лавандину становила 11%, ярих ранніх та озимих – по 6% відповідно.

Представниками біологічної групи ярих пізніх бур'янів були рослини видів: просо півняче (*Echinochloa crus-galli* (L.) Pal. Beauv.), мишій зелений (*Setaria viridis* L.), лобода біла (*Chenopodium album* L.), щириця звичайна (*Amaranthus retroflexus* L.), нетреба звичайна (*Xanthium strumarium* L.), портулак городній (*Portulaca oleracea* L.). Серед групи зимуючих видів поширеними були грицики звичайні (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medic.), сокирки польові (*Consolida arvensis* Opiz.), талабан польовий (*Thlaspi arvense* L.) та підмаренник чіпкий (*Galium aparine* L.). Біологічна група коренепаросткових бур'янів включала осот рожевий (*Cirsium arvense* (L.) Scop.), осот жовтий (*Sonchus arvensis* L), берізку польову (*Convolvulus arvensis* L.), молочай лозяний (*Euphorbia virgata* Waldst. et Kit.) (рис. 1).

Менш чисельну групу становили види кореневищних – пирій повзучий (*Agropyron repens* (L.) Pal. Beauv.), свинорій пальчастий (*Cynodon dactylon* (L). Pers.), ярі ранні – вівсюг звичайний (*Avena fatua* L.), гірчак шорсткий (*Polygonum scabrum* Moench) та озимі бур'яни – стоколос житній (*Bromus secalinus* L.), метлюг звичайний (*Apera spica-venti* L.).

Отже, тип забур'янення насаджень лавандину першого року використання можна визначити як дводольно-однодольний, малорічно-багаторічний.

Через повільний ріст на початкових етапах онтогенезу у перший рік життя рослини лавандину дуже чутливі до присутності бур'янів. Надмірна їх кількість пригнічує ростові процеси та формування саджанцями квіткових пагонів, знижує показники зимостійкості тощо.

Найбільші показники засміченості насаджень лавандину були у перший рік його використання. Чисельність рослин бур'янів із різних біологічних груп у варіанті без зрошення коливалася в межах від 240,1 до 318,3 шт./м^2 залежно від системи удобрення. У варіанті краплинного поверхневого зрошення забур'яненість становила 313,0–316,4 шт./м^2 за мінеральних систем удобрення та 407,5 шт./м^2 за органічної системи (табл. 1).

Кількість бур'янів за краплинного підґрунтового способу зрошення була дещо нижчою та становила за мінеральних систем удобрення 292,2–292,4 шт./м^2 і 389,9 шт./м^2 за органічної системи удобрення.

Спринклерний спосіб зрошення призводив до зростання забур'яненості насаджень, порівняно із

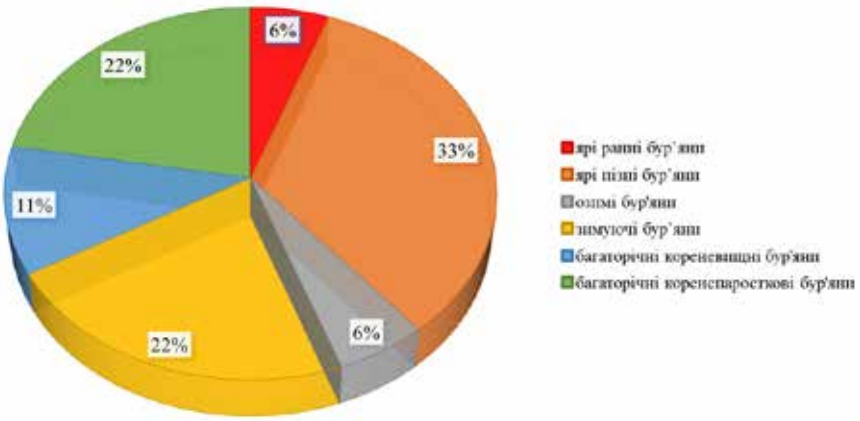


Рис. 1. Структура сегетальної флори насаджень лавандину за біологічними групами бур'янів

Таблиця 1

Забур'яненість насаджень лавандину першого року використання залежно від способів зрошення та систем удобрення (середнє за 2021–2023 рр.), шт./м²

Спосіб зрошення (фактор А)	Система удобрення (фактор В)	Біологічні групи бур'янів					Середнє по фактору А
		ярі пізні	зимуючі	корене-вищні	коре-непа-росткові	загальна кількість, шт./м²	
Без зрошення	Мінеральна I	202,1	11,5	9,0	14,8	237,4	265,3
	Мінеральна II	205,8	11,4	6,5	16,4	240,1	
	Органічна	268,1	16,7	15,3	18,2	318,3	
Краплинне поверхневе	Мінеральна I	262,4	16,7	12,5	21,4	313,0	345,6
	Мінеральна II	262,1	17,3	14,0	23,0	316,4	
	Органічна	340,9	22,3	16,0	28,1	407,5	
Краплинне підґрунтове	Мінеральна I	244,2	15,2	11,5	21,5	292,4	324,8
	Мінеральна II	246,6	14,3	13,5	17,8	292,2	
	Органічна	330,3	18,9	16,4	25,3	389,9	
Спринклерне	Мінеральна I	273,9	20,3	20,0	24,0	338,2	370,2
	Мінеральна II	276,2	21,0	15,7	25,2	339,9	
	Органічна	349,3	25,7	26,0	32,5	432,5	
Середнє по фактору В	Мінеральна I	295,2					
	Мінеральна II	297,1					
	Органічна	387,0					
$НІР_{05}$ шт./м²: А: 2021 – 14,5; 2022 – 13,9; 2023 – 14,2 В: 2021 – 11,8; 2022 – 10,5; 2023 – 11,3							

краплинним. Кількість рослин бур'янів у цьому варіанті за мінеральних систем удобрення складала 338,9–339,9 шт./м², у варіанті із органічною системою удобрення – 432,5 шт./м².

Слід зазначити, що за усіх способів зрошення та без його використання найвища забур'яненість була за органічної системи живлення, що пояснюється вочевидь присутністю насіння бур'янів у гної, який вносили перед закладанням насаджень.

За роками використання насаджень лавандину кількість бур'янів під впливом ручного прополювання та міжрядного обробітку ґрунту поступово знижувалася за усіх способів зрошення та систем удобрення (рис. 2).

Загальна кількість бур'янів у варіанті без зрошення на третьому році використання за мінеральних систем удобрення становила 63,2–65,2 шт./м², у варіанті із органічною системою цей показник складав 110,9 шт./м².

Аналогічна тенденція спостерігалася й за використання краплинного зрошення. У варіантах із мінеральними системами кількість бур'янів була в межах від 101,7 до 112,1 шт./м², за органічної системи удобрення вона становила за краплинного поверхневого способу поливу 166,3, краплинного підґрунтового – 139,9 шт./м².

Найбільшою забур'яненістю у третій рік використання характеризувався варіант із спринклерним способом зрошення за органічної системи живлення, де кількість бур'янів становила 188,2 шт./м².

Висновки. Початкова забур'яненість насаджень лавандину першого-третього років використання

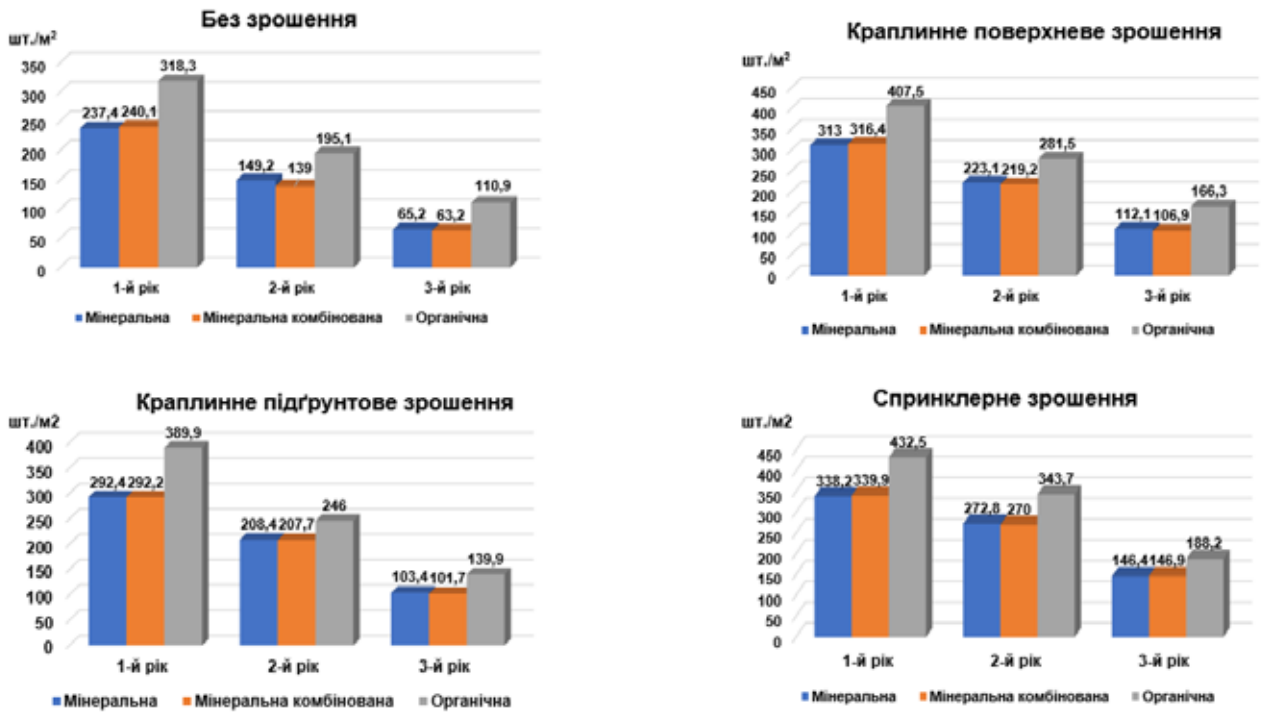


Рис. 2. Забур'яненість насаджень лавандину за роками використання (середнє за 2021–2023 рр.), шт./м²

у період весняного відростання рослин була високою та суттєво залежала від способів зрошення й систем удобрення насаджень. Зрошення призводило до збільшення кількості бур'янів, особливо за використання спринклерного способу поливу. Максимальна забур'яненість за роками дослідження визначена у варіанті застосування органічної системи удобрення, яка передбачала внесення гною перед закладанням насаджень. Кількість бур'янів за цієї системи коливалася в межах 318,3–432,5 шт./м² у перший та 110,9–188,2 шт./м² у третій рік використання залежно від способів зрошення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Свиденко Л.В., Єжов В.М. Перспективи вирощування деяких ефіроолійних культур у Степу Південному. Вісник аграрної науки. 2015. № 6. С. 20–24.
2. Dudchenko V., Svydenko L., Markovska O., Sydiakina O. Morphobiological and biochemical characteristics of Monarda L. varieties under conditions of the southern Steppe of Ukraine. Journal of Ecological Engineering. 2020. № 21 (8). P. 99–107. doi:10.12911/22998993/127093.
3. Chaban V., Ushkarenko V., Markovska O., Dudchenko V. Ecological and agrotechnical aspects of cultivation of salvia sclareal. under conditions of drip irrigation in the south of Ukraine. Journal of Ecological Engineering. 2021. № 22 (11). P. 114–119. doi: 10.12911/22998993/143266.
4. Kachanova, T., Manushkina, T., Kovalenko O. Featuresof growth and development of Lavandula angustifolia when grown under drip irrigation conditions in the Southern Steppe zone of Ukraine. Scientific Horizons. 2023. Vol. 26. №. 3. P. 81–91. doi:10.48077/scihor3.2023.81.
5. Марковська О.Є., Свиденко Л.В., Стеценко І.І. Порівняльна оцінка морфометричних показників і господарсько цінних ознак Lavandula angustifolia Mill. та Lavandula hybrida Rev. Scientific Horizons. 2020. Вип. 87. № 2. С. 24–31. doi:10.33249/2663-2144-2020-87-02-24-31.
6. Інтродукція та селекція Lavandula hybrida Reverenon в умовах Херсонської області/Л.В. Свиденко та ін. Перспективні напрямки наукових досліджень лікарських та ефіроолійних культур : матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених (с. Березоточа, 25 березня 2020 р.). Лубни, 2020. С. 155–159.
7. Коваленко О.А., Андрійченко Л.В. Ефективність екологічно безпечних прийомів вирощування Lavandula angustifolia на Півдні України. Зрошуване землеробство. 2021. Вип. 75. С. 174–178. doi:10.32848/0135-2369.2021.75.8.
8. Сторчоус І. Стратегія і тактика контролю забур'яненості. Агрономія сьогодні. 2011. URL: http://agro-business.com.ua/ahrarni-kultury/item/164-stratehiia-i-taktyka-kontroliu-zaburianenosti.html (дата звернення: 05.06.2023).
9. Лозінська Т.П. Впровадження інноваційних прийомів у технології вирощування Lavandula angustifolia в умовах лісостепу України. Sciences of Europe. № 97. 2022. С. 3–5.
10. Манушкіна Т.М. Ріст, розвиток та формування продуктивності лаванди вузьколистої в умовах Південного Степу України. Наукові горизонти. 2019. Вип. 7. №. 80. P. 48–54. doi:10.33249/2663-2144-2019-80-7-48-54.

11. Dementieva O.I., Boiko T.O. Growing and reproduction of lavandula hybrida Rev. under the conditions of closed soil in the south of Ukraine. Таврійський науковий вісник. 2021. № 121. С. 259–264. doi.org/10.32851/2226-0099.2021.121.34.
12. Стеценко І.І., Марковська О.Є. Медоносні властивості рослин роду Lavandula L. Сучасна наука: стан та перспективи розвитку : матеріали V Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених з нагоди Дня науки в Україні, м. Херсон, 19 травня 2022 р. Херсон, 2022. С. 42–45.
13. Campiglia E., Mancinelli R., Cavalieri A., Caporali F. Use of essential oils of cinnamon, lavender and peppermint for weed control. Italian journal of agronomy. 2007. Vol. 2. № 2. P. 171–175. doi:10.4081/ija.2007.171.
14. Стратегія і тактика захисту рослин. Т. 1 Стратегія : монографія/за ред. В.П. Федоренка. Київ : Альфа-стевія, 2012. С. 215–228.
15. Ушкаренко В. О., Чабан В. О., Аверчев О. В., Лавренко С. О. Вплив обробітку ґрунту на забур'яненість посівів та урожайність шавлії мускатної різних років вегетації в умовах краплинного зрошення півдня України. Таврійський науковий вісник. 2020. № 114. С. 140–147. doi: 10.32851/2226-0099.2020.114.16.
16. Lengyel A. Weed studies on Hungarian lavender plantations. Journal of Plant Diseases and Protection. 2006. № 20 (4). P. 339–346.
17. Ушкаренко В.О., Вожегова Р.А., Голобородько С.П., Коковіхін С.В. Методика польового досліду (зрошуване землеробство) : навч. посіб. для студентів ВНЗ. Херсон : Грінь Д. С., 2014. 445 с.

REFERENCES:

1. Svydenko, L.V., & Yezhov, V.M. (2015). Perspektyvy vyroshchuvannia deiakykh efirooliinykh kultur u Stepu Pivdennomu [Prospects for cultivation of some essential oil crops in the Steppe South]. Visnyk ahrarnoi nauky – Bulletin of Agricultural Science, 6, 20–24 [in Ukrainian].
2. Dudchenko, V., Svydenko, L., Markovska, O., & Sydiakina, O. (2020). Morphobiological and biochemical characteristics of Monarda L. varieties under conditions of the southern Steppe of Ukraine. Journal of Ecological Engineering. 21 (8). 99–107. DOI:10.12911/22998993/127093
3. Chaban V., Ushkarenko V., Markovska O., & Dudchenko V. (2021). Ecological and agrotechnical aspects of cultivation of salvia sclareal. under conditions of drip irrigation in the south of Ukraine. Journal of Ecological Engineering. 22 (11). 114–119. DOI:10.12911/22998993/143266.
4. Kachanova, T., Manushkina, T., & Kovalenko O. (2023). Featuresof growth and development of Lavandula angustifolia when grown under drip irrigation conditions in the Southern Steppe zone of Ukraine. Scientific Horizons. 26 (3). 81–91. DOI:10.48077/scihor3.2023.81.
5. Markovska, O.Ye., Svidenko, L.V., & Stetsenko, I.I. (2020). Porivnialna otsinka morfometrychnykh pokaznykiv i hospodarsko tsinnykh oznak Lavandula angustifolia Mill. ta Lavandula hybrida Rev. [Comparative assessment of morphometric features and agronomic characteristics of Lavandula angustifolia Mill. and Lavandula hybrida Rev.] Scientific Horizons, 02 (87), 24–31 [in Ukrainian].
6. Svydenko L.V., Hlushchenko L.A., Verhun O.M., Vorobets N.M., & Brindza J. (2020). Introduktsiia ta selektsiia Lavandula hybrida Reverenon v umovakh Khersonskoi oblasti [Introduction and selection of Lavandula hybrida Reverenon in the conditions of the Kherson region]. Perspektyvni napriamky naukovykh doslidzhen likarskykh ta efirooliinykh kultur – Prospective directions of scientific research of medicinal and essential oil crops: materials of the 4th All-Ukrainian scientific and practical conference of young scientists (v. Berezotocha, 25 bereznia 2020 r.). Lubny, 155–159 [in Ukrainian].
7. Kovalenko O.A., & Andriichenko L.V. (2021). Efektyvnist ekolohichno bezpechnykh pryiomiv vyroshchuvannia Lavandula angustifolia na Pivdni Ukrainy. [The effectiveness of ecologically safe methods of growing Lavandula angustifolia in the South of Ukraine.] Zroshuvane zemlerobstvo – Irrigated agriculture. 75, 174–178 [in Ukrainian].
8. Storchous I. Stratehiia i taktyka kontroliu zabur'ianenosti [Strategy and tactics of weed control.] Ahronomiia sohodni, 2011. URL: http://agro-business.com.ua/ahrarni-kultury/item/164-stratehiia-i-taktyka-kontroliu-zaburianenosti.html [in Ukrainian].
9. Lozinska T.P. (2022). Vprovadzhennia innovatsiinykh pryiomiv u tekhnolohii vyroshchuvannia Lavandula angustifolia v umovakh lisostepu Ukrainy [Implementation of innovative methods in the technology of growing Lavandula angustifolia in the conditions of the forest-steppe of Ukraine]. Sciences of Europe, 97, 3–5 [in Ukrainian]..
10. Manushkina, T. M. (2019). Rist, rozvytok ta formuvannia produktyvnosti lavandy vuzkolystoi v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [Growth, development and productivity formation of the spike lavender in the conditions of Southern Steppe of Ukraine]. Scientific Horizons, 7 (80), 48–54 [in Ukrainian].
11. Dementieva O.I., & Boiko T.O. (2021). Growing and reproduction of lavandula hybrida Rev. under the conditions of closed soil in the south of Ukraine. Taurida Scientific Herald, 121, 259–264. DOI:10.32851/2226-0099.2021.121.34.
12. Stetsenko I.I., & Markovska O.Ye. (2022). Medonosni vlastyvosti roslyn rodu Lavandula L. [Honey-bearing properties of plants of the genus Lavandula L.] Suchasna nauka: stan ta perspektyvy rozvytku – Modern science: state and prospects of development: materials of the 5th All-Ukrainian scientific and practical conference of young scientists on the occasion of Science Day in Ukraine (m. Kherson, 19 travnia 2022 r.). Kherson, 2022, 42–45 [in Ukrainian].
13. Campiglia E., Mancinelli R., Cavalieri A., & Caporali F. (2007). Use of essential oils of cinnamon, lavender and peppermint for weed control. Italian journal of agronomy, 2 (2), 171–175. DOI:10.4081/ija.2007.171
14. Fedorenka V.P. (2012). Stratehiia i taktyka zakhystu roslyn. T. 1 Stratehiia : monohrafiia [Strategy and tactics of plant protection. T. 1 Strategy : monograph]. Kyiv : Alfa-steviia, 215–228 [in Ukrainian].
15. Ushkarenko V.A., Chaban V.A., Averchev O.V., & Lavrenko S.O. (2020). Vplyv obrobitku gruntu na zabur'ianenist posiviv ta urozhainist shavlii muskatnoi riznykh rokiv vehetatsii v umovakh kraplynnoho zroshennia pivdnia Ukrainy [Plant density and weediness

of clary sage crops depending on the effect of winter hardiness and years of use of the crop in the southern Ukraine]. Tavriiskyi naukovyi visnyk – Taurida Scientific Herald, 114, 140–147 [in Ukrainian].
16. Lengyel A. (2006). Weed studies on Hungarian lavender plantations. Journal of Plant Diseases and Protection, 20 (4), 339–346.
17. Ushkarenko, V.O., Vozhehova, R.A., Holoborodko, S.P. & Kokovikhin, S.V. (2014). Metodyka polovoho doslidu (zroshuvane zemlerobstvo) : navch. posib. dlya studentiv VNZ [Methodology of field research (irrigated agriculture) : academic. manual for university students]. Kherson : Hrin D. S., 445 [in Ukrainian].

Стеценко І.І. Забур'яненість насаджень лавандину за різних способів зрошення та систем удобрення

Мета. Перспективною багаторічною ефіроолійною культурою для умов півдня України є лавандин (Lavandula hybrida Rev.) – міжвидовий гібрид лаванди вузьколистої (Lavandula angustifolia Mill.) та лаванди широколистої (Lavandula latifolia Medic.), створений шляхом штучного схрещування. Вагомим чинником, що здатний обмежувати продуктивність цієї рослини, є забур'яненість насаджень, особливо у перший-третій роки використання. Бур'яни є конкурентами культури за вологу, світло й поживні речовини, резерваторами збудників хвороб, додатковою харчовою базою для шкідників, що впливає на врожайність квіткової сировини, строки експлуатації насаджень лавандину, а отже й рентабельність його вирощування. Першочерговим етапом у прийнятті рішень щодо контролю небажаної рослинності є проведення систематичного моніторингу видового складу бур'янів. Мета представленого дослідження полягала у визначенні впливу способів зрошення та систем удобрення на забур'яненість насаджень Lavandula hybrida Rev. в умовах півдня України. **Методи.** Дослід проводили впродовж 2021–2023 рр. на темно-каштанових слабосолонцюватих середньосуглингкових ґрунтах ПП «Криниця», що розташоване у с. Інгулець Херсонського району Херсонської області. Схема досліду включала краплинний поверхневий, краплинний підґрунтовий, спринклерний способи зрошення та дві мінеральні й органічну системи удобрення. **Результати.** Видовий склад бур'янів у період весняного відростання рослин лавандину першого року використання в середньому за 2021–2023 рр. дослідження був представлений малорічними та багаторічними типами сегетальної рослинності, серед яких переважаючими були ярі пізні (33%), зимуючі (22%) та коренепаросткові (22%). Дольова участь кореневищних бур'янів у насадженнях лавандину становила 11%, ярих ранніх та озимих – по 6% відповідно. **Висновки.** Початкова забур'яненість насаджень лавандину першого-третього років використання у період весняного відростання рослин була високою та суттєво залежала від способів зрошення й систем удобрення насаджень. Зрошення призводило до збільшення кількості бур'янів, особливо за використання спринклерного способу поливу. Максимальна забур'яненість за роками дослідження визначена у варіанті застосування органічної системи удобрення, яка передбачала внесення гною перед закладанням насаджень. Кількість бур'янів за цієї системи коливалася в межах 318,3–432,5 шт./м^2 у перший та 110,9–188,2 шт./м^2 у третій рік використання залежно від способів зрошення.

Ключові слова: ефіроолійні рослини, бур'яни, краплинний полив, спринклерний полив, вегетація.

Stetsenko I.I. Contamination of lavandin plantations under different irrigation methods and fertilization systems

Goal. Lavandin (Lavandula hybrida Rev.) is a promising perennial essential oil crop for the conditions of southern Ukraine – an interspecies hybrid of narrow-leaved lavender (Lavandula angustifolia Mill.) and broad-leaved lavender (Lavandula latifolia Medic.), created by artificial crossing. A significant factor that can limit the productivity of this plant is weediness of plantations, especially in the first to third years of use. Weeds are competitors of the culture for moisture, light and nutrients, reservoirs of pathogens, additional food base for pests, which affects the yield of flower raw materials, the service life of lavender plantations, and therefore the profitability of its cultivation. The primary stage in decision-making regarding the control of unwanted vegetation is the systematic monitoring of the species composition of weeds. The purpose of the presented study was to determine the influence of irrigation methods and fertilization systems on the weediness of Lavandula hybrida Rev. plantations. in the conditions of southern Ukraine. **Methods**. The experiment was conducted during 2021–2023 on dark chestnut slightly saline, medium loamy soils of the Krynytsia PE, located in the village of Ingulets, Kherson district, Kherson region. The scheme of the experiment included drip surface, drip underground, sprinkler methods of irrigation and two mineral and organic fertilization systems. **Results.** The species composition of weeds in the period of spring growth of lavender plants in the first year of use, on average for 2021–2023 of the study, was represented by short-year and perennial types of segetal vegetation, among which spring-late (33%), winter-winter (22%) and rhizomes were predominant (22%). The share of rhizome weeds in lavender plantations was 11%, early spring weeds and winter weeds – 6%, respectively. **Conclusions**. The initial weediness of lavender plantations in the first to third years of use during the spring growth of plants was high and significantly depended on irrigation methods and plantation fertilization systems. Irrigation led to an increase in the number of weeds, especially when sprinkler irrigation was used. The maximum weediness in the years of the study was determined in the option of applying the organic fertilization system, which involved the application of manure before planting plantations. The number of weeds under this system varied between 318.3–432.5 pcs./m^2 in the first and 110.9–188.2 pcs./m^2 in the third year of use, depending on the irrigation methods.

Key words: essential oil plants, weeds, drip irrigation, sprinkler irrigation, vegetation.

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

БАГАН А.В. 7
БАЗАЛІЙ В.В.. 120
БАЗАЛІЙ Г.Г.. ..... 140, 190
БАЛЯН А.В..... 39
БАЛЯН І.В. 51
БОРОВИК В.О. 190
БУНЯК Н.М. 127
БУРИКІНА С.І. 12
БУТЕНКО А.О. 106
ВОЖЕГОВА Р.А. 19, 24
ГАДЗАЛО Я.М. 24
ГОРЩАР В.І. 134
ГОСПОДАРЕНКО Г.М. 34
ГРАБОВСЬКИЙ М.Б. 79
ГРАНОВСЬКА Л.М. 39
ГРОХОЛЬСЬКА Т.М. 47
ДОМАРАЦЬКИЙ Є.О. 120
ЗАВАЛЬНЮК О.І. 100
ЗАЄЦЬ С.О. 51
ІЖБОЛДІН О.О. 175
КАЛАНТИР В.О. 57
КОВАЛЕНКО І.О. 62
КОВАЛЬОВ М.М. 67
КОЗЛОВА О.П. 120
КОКОВІХІНА О.С. 74
КОНОВАЛОВ В.О. 140, 190
КОНОВАЛОВА В.М. 140, 190
КРЮЧКО Л.В. 106
КУПРІЧЕНКОВ Д.С. 151
ЛАВРЕНКО С.О. 19
ЛИХОВИД П.В. 19
ЛІКАР Я.О. 24
ЛОБКО Т.К. 180
ЛОЗІНСЬКИЙ М.В. 159, 168
ЛЮБИЧ В.В. 34
ЛЯДСЬКА І.В. 175
МАРТИНЮК А.Т. 34
МАРЧЕНКО Т.Ю. 94, 100
МАТУСЯК М.В. 88
МАЩЕНКО Ю.В. 67
МОСТИПАН О.В. 79
НАЗАРЕНКО М.М. 134, 201
НЕЙКО І.С. 88
ОНУФРАН Л.І. 51
ПАНЦИРЕВА Г.В. 88
ПАЩЕНКО Н.О. 175, 180
ПІЛЯРСЬКА О.О. 19
РЕЗНІЧЕНКО Н.Д. 39, 140, 190
САМОЙЛИК М.О. 159
СВІНІЦЬКИЙ Л.М. 185
СЕРГЄЄВ Л.А. 12
СКАКУН В.М. 100
СКАКУН О.О. 94
СОБКО М.Г. 106
СОБРАН І.В. 106
СТЕЦЕНКО І.І. 206
ТИЩЕНКО А.В. 140, 190
ТИЩЕНКО О.Д. 140, 190
ТОМНИЦЬКИЙ А.В. 39
ТОПОЛЬНИЙ Ф.П. 67
ФІЛІЦЬКА О.О. 168
ФУНДИРАТ К.С. 140, 190
ЦИГАНСЬКА О.І. 88
ЦИЛЮРИК О.І. 175
ЧЕТВЕРИК О.О. 7
ШАКАЛІЙ С.М. 7
ШАТКОВСЬКИЙ А.П. 62
ШЕЙКО Д.В. 115
ШИТІКОВ Р.М. 201
ЮЗЮК С.М. 51
ЮРЧЕНКО С.О. 7

НОТАТКИ

Наукове видання

АГРАРНІ ІННОВАЦІЇ

Випуск 19

Підписано до друку 30.06.2023 р. Формат 60×84 1/8.
Папір офсетний. Гарнітура Arial. Цифровий друк.
Умовно друк. арк. 24,88 Наклад 300. Зам. № 0823/486
Віддруковано з готового оригінал-макета.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
65101, Україна, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1.
Телефон +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб’єкта видавничої справи
ДК № 7623 від 22.06.2022 р.