

АГРАРНІ ІННОВАЦІЇ

№ 21



Видавничий дім
«Гельветика»
2023

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
КВ № 25456-15396ПР від 03.02.2023 р.

Журнал включений до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б») зі спеціальностей 101 «Екологія», 201 «Агрономія», 202 «Захист і карантин рослин» відповідно до Наказу МОН України від 26.11.2020 № 1471 (додаток 3); зі спеціальностей 051 «Економіка», 203 «Садівництво, плодоовочівництво та виноградарство» відповідно до Наказу МОН України від 25.10.2023 № 1309 (додаток 4).

Рекомендовано до друку Вченою радою Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН (протокол № 19 від 16 жовтня 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;

Барсукова Олена Анатоліївна – кандидат географічних наук, доцент, Одеський державний екологічний університет;

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 зрошувального землеробства та декарбонізації агроecosистем, 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 геоінформаційних 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;

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

Засць 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 Діанзі (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 економічних 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 ґрунтовірних 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., Шафорост Л.Ю., Омелич М.В. Ефективність застосування біопрепарату Альбіт для підвищення продуктивності сортів ячменю ярого	7
Бараболя О.В., Яновський Р.О. Врожайність сучасних сортів пшениці м'якої озимої в умовах Кіровоградської області.....	12
Боровик С.О. Наукові основи технології вирощування жита озимого.....	22
Іщенко В.А., Козелець Г.М., Губарєв О.Д. Формування біометричних показників рослин та врожайності ячменю ярого залежно від позакоренових підживлень в умовах Північного Степу України.....	29
Книш В.І., Шабля О.С., Мельник С.Т. Безвідходна технологія вирощування кавуна на насіння.....	35
Ковальов М.М., Медведєва О.В., Кропівний В.М., Мірзак Т.П. Трансформація чорнозему типового в результаті сільськогосподарського використання.....	43
Лиховид П.В., Шарій В.О. Програмування сумарного водоспоживання кукурудзи на зерно в зрошуваних умовах Півдня України засобами CROPWAT 8.0	51
Мащенко Ю.В., Соколовська І.М. Продуктивність кукурудзи залежно від її частки в сівозміні та удобрення.....	57
Мунтян С.В., Федорчук М.І. Вплив метеорологічних умов на урожайність пшениці озимої, кукурудзи та ріпаку озимого з використанням інгібітора нітрифікації за поєданого використання з КАС-32.....	64
Поліщук В.О., Журавель С.В. Формування фотосинтетичного потенціалу картоплі залежно від впливу систем удобрення і позакоренового підживлення.....	70
Радченко М.В. Особливості вирощування сільфію пронизанolistого залежно від елементів технології.....	76
Резніченко В.П., Коломієць Л.В., Тунік Т.М. Екологічні аспекти харчування: стійке, біодинамічне та органічне сільське господарство.....	81
Рибальченко А.М., Сердюк А.Е. Вплив сортових властивостей на формування елементів продуктивності та урожайності сої в умовах Лівобережного Лісостепу України.....	88
Саблук В.Т., Запольська Н.М., Шендрик К.М., Бузинний М.В., Педос В.П., Змієвський О.В. Ефективність біофунгіцидів проти хвороб листового апарату буряків цукрових.....	93
Сєвідов В.П. Залежність між стійкістю вегетативної маси до хвороб та урожайністю помідору.....	99
Степаненко М.В., Грабовський М.Б. Вплив системи удобрення на лінійні розміри рослин кукурудзи.....	104
Цицюра Я.Г., Томчук О.М. Індикація системи живлення ріпаку озимого за показниками індукції флуоресценції хлорофілу.....	110
Юркевич Є.О., Валентюк Н.О., Петренко С.О., Родіонов А.В., Грабовецька О.А. Ефективність застосування біопрепаратів при вирощуванні соняшнику кондитерського в умовах Південного Степу України.....	118
Юрченко С.О., Баган А.В., Сіленок І.Д., Богата І.В. Вплив мікоризного препарату на формування урожайності гібридів огірка посівного в умовах захищеного ґрунту.....	126
Яровий Г.І., Гордієнко І.М., Калашник І.М. Урожайність, якість і збереженість гібридів цибулі ріпчастої.....	132
СЕЛЕКЦІЯ, НАСІННИЦТВО.....	138
Буняк Н.М. Кореляційний аналіз і аналіз шляху продуктивності та її компонентів у ячменю ярого.....	138
Домарацький Є.О., Базалій В.В., Пічура В.І., Дробітько А.В., Потравка Л.О. Водоутримуюча здатність та посухостійкість пшениці озимої залежно від сортового складу за незрошуваних умов зони Степу.....	146
Konovalova V.M., Tyshchenko A.V., Bazalii H.G., Fundirat K.S., Tyshchenko O.D., Reznichenko N.D., Konovalov V.O., Ochkala O.S., Borovyk V.O. Ecological plasticity and stability of winter wheat varieties in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine (part 2 – drought years).....	154
Міщенко С.В. Модифікація живильного середовища для культивування <i>in vitro</i> ізольованих органів, тканин і клітин <i>Linum usitatissimum</i> L. convar. <i>elongatum</i>	165
Окселенко О.М., Назаренко М.М., Гуленко О.І. Особливості впливу епімутагену Тритон-305Х на рослини пшениці озимої.....	170

Панфілова А.В., Корхова М.М. Сортовипробування пшениці м'якої озимої в умовах Південного Степу України.....	176
Поліщук В.В., Коновалов Д.В. Перезимівля пшениці озимої та формування елементів структури урожаю залежно від обробки насіння біологічними препаратами.....	183
Самойлик М.О., Лозінський М.В. Успадкування довжини головного колоса гібридами пшениці м'якої озимої, отриманих за схрещування різних екотипів.....	188
НАШІ ЮВІЛЯРИ	196
Коваленку Анатолію Михайловичу – 75.....	196
85 років з дня народження Нетіса Івана Тимофійовича.....	198
ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК	201

CONTENTS

MELIORATION, ARABLE FARMING, HORTICULTURE.....	7
Bahan A.V., Shakalii S.M., Shaforost L.Yu., Omelych M.V. Effectiveness of using the biological preparation Albit to increase the productivity of spring barley varieties.....	7
Barabolia O.V., Yanovskyi R.O. Yield capacity of modern soft winter wheat varieties in the conditions of Kirovohrad region.....	12
Borovyk S.O. Scientific basis of winter rye cultivation technology.....	22
Ishchenko V.A., Kozelets H.M., Gubarev O.D. Formation of plant biometric indicators and yield of spring barley depending on foliar fertilization in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine.....	29
Knish V.I., Shablya O.S., Melnyk S.T. Zero-waste technology of watermelon seed cultivation.....	35
Kovalov M.M., Medvedieva O.V., Kropivnyi V.M., Mirzak T.P. Transformation of typical chernozem as a result of agricultural use.....	43
Lykhovyd P.V., Sharii V.O. Programming grain corn water use in the irrigated conditions of the South of Ukraine by the means of CROPWAT 8.0.....	51
Mashchenko Yu.V., Sokolovska I.M. Corn productivity depending on its share in crop rotation and fertilization.....	57
Muntian S.V., Fedorchuk M.I. Impact of meteorological conditions on yield of winter wheat, maize and winter oil seed rape with using nitrification inhibitor with combined application with UAN-32.....	64
Polishchuk V.O., Zhuravel S.V. Formation of the photosynthetic potential of potatoes depending on the influence of fertilization systems and foliar fertilization.....	70
Radchenko M.V. Peculiarities of growing silphium perfoliatum depending on the elements of technology.....	76
Reznichenko V.P., Kolomiets L.V., Tunik T.M. Ecological aspects of nutrition: sustainable, biodynamic and organic agriculture.....	81
Rybalchenko A.M., Serdiuk A.E. The influence of varietal properties on the formation of elements of productivity and productivity with it in the conditions of the Left Bank Forest Steppe of Ukraine.....	88
Sabluk V.T., Zapolska N.M., Shendryk K.M., Buzinnyi M.V., Pedos V.P., Zmievskiy O.V. Biofungicide effectiveness for leaf disease control in sugar beet.....	93
Sevidov V.P. The relationship between resistance of vegetative mass to diseases and yield of tomato.....	99
Stepanenko M.V., Grabovskyi M.B. Influence of fertilization system on linear dimensions of maize plants.....	104
Tsytsyura Ya.G., Tomchuk O.M. Indication of winter rape nutrition system by chlorophyll fluorescence induction.....	110
Yurkevych Ye.O., Valentiuk N.O., Petrenko S.O., Rodionov A.V., Hrabovetska O.A. The effectiveness of the use of biological preparations in the cultivation of confectionery sunflower in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine.....	118
Yurchenko S.O., Bahan A.V., Silenok I.D., Bohata I.V. The effect of a mycorrhizal preparation on the formation of yield of cucumber hybrids under protected soil conditions.....	126
Yarovy G.I., Hordiienko I.M., Kalashnyk I.M. Yield, quality and preservation of onion hybrids.....	132
BREEDING, SEED PRODUCTION.....	138
Bunyak N.M. Correlation and path analysis of productivity and its components in spring barley.....	138
Domaratskyi Ye.O., Bazaliy V.V., Pichura V.I., Drobytko A.V., Potravka L.O. Water-holding capacity and drought resistance of winter wheat depending on the variety composition under non-irrigated conditions of the Steppe zone	146
Konovalova V.M., Tyshchenko A.V., Bazalii H.G., Fundirat K.S., Tyshchenko O.D., Reznichenko N.D., Konovalov V.O., Ochkala O.S., Borovyk V.O. Ecological plasticity and stability of winter wheat varieties in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine (part 2 – drought years).....	154
Mishchenko S.V. Modification of nutrient medium for <i>in vitro</i> cultivation of isolated organs, tissues and cells of <i>Linum usitatissimum</i> L. convar. <i>elongatum</i>	165
Okselenko O.M., Nazarenko M.M., Hulenko O.I. Peculiarities of epimutagens Triton-305X influence on winter wheat plants	170

Panfilova A.V., Korkhova M.M. Variety testing of winter soft wheat in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine.....	176
Polischuk V.V., Kononov D.V. Wintering of winter wheat and formation of elements of crop structure depending on seed treatment with biological preparations.....	183
Samoilyk M.O., Lozinskyi M.V. Inheritance of the length of the principal ear in soft winter wheat hybrids obtained by crossing different ecotypes.....	188
OUR ANNIVERSARY CELEBRANTS	196
Kovalenko Anatoliy Mykhaylovych turns 75.....	196
85th anniversary of the birth of Netis Ivan Tymofiiiovych.....	198
AUTHOR INDEX	201

УДК 633.16: 631.524.84: 631.526.32: 631.811.98
DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.21.1>

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ БІОПРЕПАРАТУ АЛЬБІТ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОРТІВ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО

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

ШАФОРСТ Л.Ю. – студент II курсу магістратури
orcid.org/0009-0009-9499-7502

Навчально-науковий інститут агротехнологій, селекції та екології
Полтавського державного аграрного університету

ОМЕЛИЧ М.В. – аспірант
orcid.org/0009-0000-7933-4545

Навчально-науковий інститут агротехнологій, селекції та екології
Полтавського державного аграрного університету

Постановка проблеми. Продуктивний потенціал ячменю ярого є досить невисоким та нестабільним за роками через погодні умови, агробіологічні особливості та агротехнічні чинники [1, с. 198–199; 2, с. 3]. Тому постає задача науково обґрунтованого поліпшення технології вирощування даної культури, а саме: підвищення умов росту і розвитку рослин, їх адаптивності та рівня урожайності. Потенціал сучасних сортів ячменю ярого залежить від оптимальних умов живлення рослин [3, с. 32–33; 4, с. 104; 5, с. 154].

Доступ поживних речовин з ґрунту до рослини відбувається завдяки життєдіяльності мікроорганізмів, тому є потреба у збільшенні їх активності. Одним із способів постачання мікроорганізмів до рослини є використання біопрепаратів шляхом передпосівної обробки насіння чи позакореневого підживлення. Такі препарати нового покоління мають відносно вищу ефективність та є екологічно безпечними [5, с. 157; 6, с. 282].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останнім часом актуальним є використання біопрепаратів різного спектру дії у технологіях вирощування сільськогосподарських культур, зокрема і ячменю ярого. Передпосівна обробка насіння такими препаратами покращує мінеральне живлення рослин, їх ріст і розвиток та сприяє підвищенню урожайності в цілому.

За даними досліджень Яценко Л.А. встановлено підвищення продуктивності сорту ячменю ярого Аннабель препаратом Поліміксобактерин [7, с. 7; 8, с. 30–32]. Вінюков О.О. досліджував вплив препаратів Поліміксобактерин, Біополіцид, Мікрогумін, Агrostимулін на продуктивність і якість зерна сорту ячменю ярого Партнер [9, с. 46–50].

Гирка А.Д. та ін. вивчав рівень формування продуктивності сортів ячменю ярого Гатунок і Статок залежно від передпосівної обробки насіння біопрепаратами Діазофит, Поліміксобактерин, Мікрогумін та позакорене-

вого підживлення посівів регуляторами росту на чорноземних ґрунтах [10, с. 65–68].

Чайковська Л.О. досліджувала ефективність застосування препаратів Фосфоентерин, Поліміксобактерин, Альбобактерин під час вирощування сорту Сталкер на темно-каштанових ґрунтах. [11, с. 52–58; 12, с. 64–65]. Горщар О.А. та ін. вивчав вплив препарату Альбіт на стійкість рослин ячменю ярого до хвороб та продуктивність сорту ячменю ярого Донецький 14 [13, с. 10–13].

Тому актуальним залишається вивчення ефективності впливу біопрепаратів на підвищення урожайності сільськогосподарських культур, використання яких у даний час ще є досить незначним і повністю не вивченим.

Мета. Мета досліджень полягала у вивченні впливу біопрепарату Альбіт на продуктивність сортів ячменю ярого.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводили в умовах Полтавської області протягом 2021–2023 рр. Об'єкт досліджень – три сорти ячменю ярого дворядного української селекції: Водограй, Дорідний і Патрицій. Облікова площа ділянки складала 15 м². Повторність – чотириразова. Попередник – соя.

Схема досліду включала такі варіанти: без обробки (контроль); передпосівна обробка насіння біопрепаратом Альбіт (30 мл/т + 10 л води); передпосівна обробка насіння (30 мл/т + 10 л води) + позакореневе підживлення (30 мл/га + 50 л води) біопрепаратом Альбіт.

Варіанти досліду вивчали за наступними показниками: висота рослини (см); довжина колоса (см); кількість зерен у колосі (шт); маса зерна з колоса (г); маса 1000 зерен (г); урожайність (у перерахунку на т/га).

Польові і лабораторні дослідження проводили згідно загальноприйнятих методик, статистичну обробку даних урожайності визначали методом дисперсійного аналізу за допомогою програми Статистика [14].

Результати досліджень. За результатами проведених досліджень за середніми даними по варі-

антах досліду можна виділити варіант обробки насіння + позакореневе підживлення препаратом Альбіт.

Найбільш високорослим відмічено за даним варіантом сорт Дорідний – 77,5 см, а найменш низькорослим – сорт Патрицій (67,2 см).

Показник довжини колоса є сортовою ознакою і тому мав незначне варіювання: 9,1–11,7 см. За середніми даними довжини колоса виділено сорт Патрицій – 11,7 см.

Кількість зерен у колосі за варіантами досліду відповідно складала 21,9–28,9 штук. Найбільша озерненість колоса ячменю ярого відмічена у сорту Водограй – 28,9 зерен.

Маса зерна з колоса варіювала у межах 0,83–1,16 г. Найбільшим значенням даного показника характеризувався сорт ячменю ярого Патрицій (1,16 г).

Показник маси 1000 зерен за варіантами досліду відповідно становив – 39,1–45,4 г. Крупне і виповнене зерно ячменю ярого було відмічено також у сорту Патрицій (45,4 г) (табл. 1).

Найбільшу урожайність ячменю ярого за варіантами досліду відмічено у 2021 році, а найменшу – у поточному 2023-му році.

У 2021 році даний показник за варіантами досліду становив відповідно 3,89–4,88 т/га. За сортовими властивостями (фактор А) у контролю сорти Водограй і Патрицій істотно перевищували за урожайністю сорт Дорідний (3,89 т/га), але суттєво не відрізнялися між собою (4,32 і 4,71 т/га). За варіантом обробки насіння (4,45; 4,05 і 4,87 т/га) та варіантом обробка насіння + позакореневе підживлення препаратом Альбіт (4,61; 4,20 і 5,03 т/га) сорти ячменю ярого мали суттєву різницю за даним показником між собою.

За варіантом обробки (фактор В) у всіх сортів ячменю ярого варіант комплексної обробки препаратом істотно перевищував варіант без обробки, який суттєво не відрізнявся від варіанту передпосівної обробки насіння (НІР=0,20 т/га).

У 2022 році урожайність варіювала у таких межах: 3,45–4,64 т/га. За фактором А сорти Патрицій (4,29–4,64 т/га) і Водограй (3,93–4,26 т/га) істотно перевищували за даною ознакою сорт Дорідний (3,45–3,81 т/га), але суттєво не відрізнялися між собою (табл. 2).

За фактором В у всіх сортів варіант обробка насіння + позакореневе підживлення біопрепаратом мав істотну різницю за урожайністю із контролем, але

Таблиця 1

Елементи структури врожаю ячменю ярого (середнє за 2021–2023 рр.)

Сорт (фактор А)	Варіант обробки (фактор В)	ВР, см	ДК, см	КЗК, шт.	МЗК, г	МТЗ, г
Водограй	контроль (без обробки)	62,6	9,3	25,0	0,94	41,8
	обробка насіння*	65,7	10,0	27,1	0,99	43,3
	обробка насіння + позакореневе підживлення*	68,9	10,6	28,9	1,09	44,8
Дорідний	контроль (без обробки)	70,6	9,1	21,9	0,83	39,1
	обробка насіння*	74,3	9,6	23,6	0,90	40,6
	обробка насіння + позакореневе підживлення*	77,5	10,3	25,6	1,00	42,0
Патрицій	контроль (без обробки)	60,5	10,5	24,7	1,01	42,7
	обробка насіння*	63,7	11,0	26,3	1,08	44,2
	обробка насіння + позакореневе підживлення*	67,2	11,7	28,5	1,16	45,4
середнє по досліді		67,9	10,2	25,7	1,00	42,7

Примітка: * – препарат Альбіт; ВР – висота рослини, ДК – довжина колоса, КЗК – кількість зерен у колосі, МЗК – маса зерна з колоса, МТЗ – маса 1000 зерен.

Таблиця 2

Урожайність ячменю ярого, т/га

Сорт (фактор А)	Варіант обробки (фактор В)	Рік			
		2021	2022	2023	середнє
Водограй	контроль (без обробки)	4,32	3,93	3,62	3,96
	обробка насіння*	4,45	4,08	3,76	4,10
	обробка насіння + позакореневе підживлення*	4,61	4,26	3,94	4,27
Дорідний	контроль (без обробки)	3,89	3,45	3,23	3,52
	обробка насіння*	4,05	3,60	3,40	3,68
	обробка насіння + позакореневе підживлення*	4,20	3,81	3,58	3,86
Патрицій	контроль (без обробки)	4,71	4,29	3,96	4,32
	обробка насіння*	4,87	4,45	4,13	4,48
	обробка насіння + позакореневе підживлення*	5,03	4,64	4,33	4,67
середнє		4,46	4,06	3,77	
НІР ₀₅ фактор (А)		0,40	0,38	0,40	
НІР ₀₅ фактор (В)		0,20	0,21	0,21	

Примітка: * – препарат Альбіт.

суттєво не відрізнявся від варіанту з обробкою насіння ($HIP=0,21$ т/га).

У 2023 році досліджувана ознака за варіантами досліду відповідно складала 3,23–4,33 т/га. За фактором А сорт Патрицій (3,96–4,33 т/га) істотно перевищував за урожайністю сорт Дорідний (3,23–3,58 т/га) та суттєво не відрізнявся від сорту Водограй (3,62–3,94 т/га).

За фактором В у всіх сортів варіант комплексної обробки препаратом мав істотну різницю за урожайністю із контролем, але суттєво не відрізнявся від варіанту з обробкою насіння ($HIP=0,21$ т/га).

За середніми даними урожайності по всіх варіантах досліду виділено варіант із комплексною обробкою препаратом Альбіт за сортом Патрицій (4,67 т/га).

Висновки. За даними результатів досліджень було встановлено, що за елементами структури врожаю та рівнем урожайності ячменю ярого виділено варіант комплексної обробки препаратом Альбіт.

Сорт ячменю ярого Дорідний відмічено за показником висоти рослин. Сорт Водограй характеризувався найбільшою озерненістю колоса. Сорт Патрицій мав найбільшу довжину колоса, масу зерна з колоса та масу 1000 зерен, а також найбільший рівень урожайності ячменю ярого.

Перспективою подальших досліджень є вивчення ефективності впливу препарату Альбіт на показники якості зерна.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів: НВФ «Українські технології», 2006. С. 198–270.
2. Мамєдова Е. І. Агробіологічні особливості вирощування ячменю ярого в Північному Степу України : автореф. дис. канд. с.-г. наук : 06.01.09. Дніпро, 2018. 24 с.
3. Баган А. В., Ярмош Д. І. Вплив регулятора росту Адаптофіт на продуктивність сортів ячменю ярого. *Сучасні аспекти і технології у захисті рослин : матеріали Міжнародної наук.-практ. інтернет-конф.* (м. Полтава, 26 листопада 2021 р.). Полтава: ПДАА, 2021. С. 32–35.
4. Баган А. В., Тристан Д. С. Вплив біопрепарату Мікрогумін на посівні якості насіння сортів ячменю ярого. *Сучасні аспекти і технології у захисті рослин: матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції*, 24 листопада 2022 року, Полтава 2022. С. 104–106.
5. Волкогон В. В., Надкернична О. В., Ковалевська Т. М. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика. Київ : Аграрна наука, 2006. 312 с.
6. Мамєдова Е. І., Гирка А. Д. Біопрепарати як елементи біоадаптивної технології вирощування ячменю ярого в умовах північного Степу України. *Проблеми та шляхи інтенсифікації виробництва продукції тваринництва : тези Міжнародної науково-практичної конференції*. Дніпро, 2017. С. 282–283.
7. Баган А. В., Шакалій С. М., Юрченко С. О., Четверик О. О. Формування посівних якостей насіння зернобобових і зернових культур. *Аграрні інновації*. 2023. 19. С. 7–11.

8. Ященко Л. А. Продуктивність ячменю ярого за використання препарату полімікобактерин. *Молодий вчений*. 2015. № 7 (22). Ч. 1. С. 30.
9. Вінюков О. О., Коробова О. М., Бондарева О. Б., Коноваленко Л. І. Використання біо- та рістрегулюючих препаратів для підвищення продуктивності та якості зерна ячменю ярого. *Збалансоване природо-користування*. 2017. № 3. С. 46–50.
10. Гирка А. Д., Вінюков О. О., Андрейченко О. Г., Кулик І. О. Вплив біопрепаратів і регуляторів росту на продуктивність рослин ячменю ярого голозерного та плівчастого в умовах північного Степу. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2012. № 3. С. 65–68.
11. Чайковська Л. О. Ефективність поєднаного використання біопрепаратів на основі фосфатмобілізуючих бактерій та мінеральних добрив при вирощуванні зернових на півдні України. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2011. Вип. 13. С. 52–58.
12. Макуха О. В. Вплив біопрепаратів на ріст і розвиток сортів ячменю ярого в умовах півдня України. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 108. С. 63–71.
13. Горщар О. А., Горщар В. І., Окселек О. М. Вплив біопрепарату Альбіт на розвиток хвороб в період вегетації ячменю ярого та його врожайність. *Таврійський науковий вісник*. 2015. № 92. С. 9–14.
14. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. П., Костогриз П. В. Основи наукових досліджень в агрономії. К.: Дія, 2005. 288 с.

REFERENCES:

1. Lykhochvor, V. V. & Petrychenko, V. F. (2006). Roslynnystvo. Suchasni intensyvni tekhnolohii vyroshchuvannya osnovnykh polovyykh kultur [Plant growing. Modern intensive technologies of cultivation of the main field crops] Lviv: NVF «Ukrainski tekhnolohii». 198–270. [in Ukrainian].
2. Mamiedova, E. I. (2018). Ahrobiolohichni osoblyvosti vyroshchuvannya yachmeniu yaroho v Pivnichnomu Stepu Ukrainy [Agrobiological features of growing spring barley in the Northern Steppe of Ukraine]: avtoref. dys. kand. s.-h. nauk: 06.01.09. Dnipro [in Ukrainian].
3. Bahan, A. V. & Yarmosh, D. I. (2021). Vplyv rehuliatoru rostu Adaptofit na produktyvnist sortiv yachmeniu yaroho. Suchasni aspekty i tekhnolohii u zakhysti roslyn: [The influence of the growth regulator Adaptofit on the productivity of spring barley varieties. Modern aspects and technologies in plant protection]: materialy Mizhnarodnoi nauk.-prakt. internet-konf. (m. Poltava, 26 lystopada 2021 r.). Poltava: PDAA, 32–35 [in Ukrainian].
4. Bahan, A. V. & Trystan, D. S. (2022). Vplyv biopreparatu Mikrohumyn na posivni yakosti nasinnia sortiv yachmeniu yaroho. Suchasni aspekty i tekhnolohii u zakhysti roslyn [The effect of microhumyn biological preparation on seed quality of spring barley varieties. Modern aspects and technologies in plant protection]: materialy Mizhnarodnoi naukovopraktychnoi internet-konferentsii, 24 lystopada 2022 roku, Poltava. 104–106 [in Ukrainian].
5. Volkohon, V. V., Nadkernychna, O. V. & Kovalevska, T. M. (2006). Mikrobnii preparaty u zemlerobstvi. Teoriia i praktyka. [Microbial preparations in agriculture. Theory and practice]. Kyiv: Ahrarna nauka, 312 [in Ukrainian].
6. Mamiedova, E. I. & Hyrka, A. D. (2017). Biopreparaty

- yak elementy bioadaptivnoi tekhnolohii vyroshchuvannya yachmeniu yaroho v umovakh pivnichnoho Stepu Ukrainy. Problemy ta shliakhy intensyfikatsii vyrobnytstva produktsii tvarynnytstva [Biopreparations as elements of bioadaptive technology of growing spring barley in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine. Problems and ways of intensifying the production of animal husbandry products]: tezy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii. Dnipro, 282–283 [in Ukrainian].
7. Bahan, A. V., Shakalii, S. M., Yurchenko, S. O. & Chetveryk, O. O. (2023). Formuvannya posivnykh yakosti nasinnia zernobobovykh i zernovykh kultur [Formation of seed qualities of legumes and grain crops]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian innovations*. 7–11 [in Ukrainian].
 8. Yashchenko, L. A. (2015). Produktivnist yachmeniu yaroho za vykorystannia preparatu polimiksobakteryn [Productivity of spring barley with the use of polymyxobacterin]. *Molodyi vchenyi – A young scientist*. 7 (22). 30 [in Ukrainian].
 9. Viniukov, O. O., Korobova, O. M., Bondareva, O. B. & Konovalenko L. I. (2017). Vykorystannia bio- ta ristrehuliuiuchykh preparativ dlia pidvyshchennia produktivnosti ta yakosti zerna yachmeniu yaroho [The use of bio- and re-regulating drugs to increase productivity and grain quality of spring barley]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya – Balanced nature management*. 3. 46–50 [in Ukrainian].
 10. Hyrka, A. D., Viniukov, O. O., Andreichenko, O. H. & Kulyk I. O. (2012). Vplyv biopreparativ i rehulatoriv rostu na produktivnist roslyn yachmeniu yaroho holozernoho ta plivchastoho v umovakh pivnichnoho Stepu [The influence of biologics and growth regulators on the productivity of spring bare-grain and membrane barley plants in the conditions of the Northern Steppe]. *Biuleten Instytutu silskoho hospodarstva stepovoi zony NAAN Ukrainy – Bulletin of the Institute of Agriculture of the Steppe Zone of the National Academy of Sciences of Ukraine*. 3. 65–68 [in Ukrainian].
 11. Chaikovska, L. O. (2011). Efektyvnist poiednanoho vykorystannia biopreparativ na osnovi fosfatmobilizuvannykh bakterii ta mineralnykh dobryv pry vyroshchuvanni zernovykh na pivdni Ukrainy [Effectiveness of the combined use of biological preparations based on phosphate-mobilizing bacteria and mineral fertilizers in the cultivation of cereals in the south of Ukraine]. *Silskohospodarska mikrobiolohiia – Agricultural microbiology*. 13. 52–58 [in Ukrainian].
 12. Makukha, O. V. (2019). Vplyv biopreparativ na rist i rozvytok sortiv yachmeniu yaroho v umovakh pivdnia Ukrainy [The influence of biological preparations on the growth and development of spring barley varieties in the conditions of southern Ukraine]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk – Taurian Scientific Bulletin*. 108. 63–71 [in Ukrainian].
 13. Horshchar, O. A., Horshchar, V. I. & Okselenko, O. M. (2015). Vplyv biopreparatu Albit na rozvytok khvorob v period vehetatsii yachmeniu yaroho ta yoho vrozhaist [The effect of Albit biological preparation on the development of diseases during the growing season of spring barley and its yield]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk – Taurian Scientific Bulletin*. 92. 9–14 [in Ukrainian].
 14. 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., Шафорост Л.Ю., Омелич М.В. Ефективність застосування біопрепарату Альбіт для підвищення продуктивності сортів ячменю ярого**
- Мета.** Мета досліджень полягала у вивченні ефективності впливу біопрепарату Альбіт на елементи структури врожаю та рівень урожайності сортів ячменю ярого.
- Методи.** Використовували польові (дослідження рівня урожайності), лабораторні (визначення елементів структури врожаю) та статистичні (обробка результатів досліджень) методи. Об'єкт досліджень – три сорти ячменю дворядного ярого української селекції: Водограй, Дорідний і Патрицій. Схема досліду включала такі варіанти: без обробки (контроль); передпосівна обробка насіння біопрепаратом Альбіт; передпосівна обробка насіння + позакореневе підживлення біопрепаратом Альбіт. Досліджували наступні показники – висоту рослини, довжину колоса, кількість зерен у колосі, масу зерна з колоса, масу 1000 зерен, урожайність. Статистична обробка результатів досліджень включала проведення дисперсійного аналізу за допомогою програми «Statistica».
- Результати.** За результатами досліджень виділити варіант передпосівної обробки насіння + позакореневе підживлення рослин біопрепаратом Альбіт. Найбільш високорослим відмічено сорт Дорідний – 77,5 см, а найменш низькорослим – сорт Патрицій (67,2 см). За довжиною колоса виділено сорт Патрицій – 11,7 см. Найбільша озерненість колоса ячменю ярого відмічена у сорту Водограй – 28,9 зерен. Найбільшою масою зерна з колоса характеризувався сорт ячменю ярого Патрицій (1,16 г). Крупне і виповнене зерно ячменю ярого було відмічено також у сорту Патрицій (45,4 г).
- Висновки.** За елементами структури врожаю та рівнем урожайності ячменю ярого виділено варіант досліду комплексної обробки біопрепаратом Альбіт. Високим продуктивним потенціалом характеризувався сорт ячменю ярого Патрицій.
- Ключові слова:** передпосівна обробка насіння, позакореневе підживлення рослин, урожайність, кількість зерен у колосі, маса зерна з колоса, маса 1000 зерен.
- Bahan A.V., Shakalii S.M., Shaforost L.Yu., Omelych M.V. Effectiveness of using the biological preparation Albit to increase the productivity of spring barley varieties**
- Purpose.** The purpose of the research was to study the effectiveness of the biological preparation Albit on the elements of the crop structure and the yield level of spring barley varieties.
- Methods.** Field (research of yield level), laboratory (determination of elements of the crop structure) and statistical (processing of research results) methods were used. The object of research is three varieties of two-row spring barley of Ukrainian selection: Vodogray, Doridnyi and Patrityi. The scheme of the experiment included the following options: no treatment (control); pre-sowing treatment of seeds with biological preparation Albit; pre-sowing

treatment of seeds + foliar fertilization with biological preparation Albit. The following parameters were studied: plant height, ear length, number of grains in an ear, weight of grain from an ear, weight of 1000 grains, yield. Statistical processing of research results included dispersion analysis using the «Statistica» program.

Results. Based on the results of the research, select the option of pre-sowing seed treatment + foliar feeding of plants with the biological preparation Albit. The Doridniy variety was noted as the tallest – 77.5 cm, and the Patrytsii variety (67.2 cm) was the least short. According to the length of the ear, the Patritsii variety was distinguished – 11.7 cm. The highest grain size of the spring barley ear

was noted in the Vodogray variety – 28.9 grains. The spring barley variety Patritsii (1.16 g) was characterized by the largest mass of grain from an ear. A large and full grain of spring barley was also noted in the Patricia variety (45.4 g).

Conclusions. According to the elements of the crop structure and the yield level of spring barley, an experiment option of complex treatment with the biological preparation Albit was selected. The spring barley variety Patritsii was characterized by high productive potential.

Key words: pre-sowing treatment of seeds, foliar feeding of plants, productivity, number of grains in an ear, weight of grain from an ear, weight of 1000 grains.

ВРОЖАЙНІСТЬ СУЧАСНИХ СОРТІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ В УМОВАХ КІРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ

БАРАБОЛЯ О.В. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

orcid.org/0000-0002-5563-8445

Полтавський державний аграрний університет

ЯНОВСЬКИЙ Р.О. – аспірант

orcid.org/0009-0009-9254-3603

Полтавський державний аграрний університет

Постановка проблеми. Пшениця м'яка озима (*Triticum aestivum* L.) є найважливішою культурою в світі поряд з рисом (*Oryza sativa* L.), кукурудзою (*Zea mays* L.) і соєю (*Glycine max* (L.) Merr.). Зерно пшениці призначене для споживання людиною (забезпечує близько 20 % потреб людини в калоріях) та на корм тваринам. Після переробки його використовують для виробництва борошна, круп, макаронних і хлібобулочних виробів або як добавку до інших харчових продуктів і кормів для тварин [1–3].

В той же час, глобальні зміни клімату призводять до зростання інтенсивності та частоти екстремальних погодних явищ, таких як високо- та низькотемпературні стреси, підвищення хмарності та злив, посух і повеней, мають значний вплив на агроекологічне середовище, а також на ріст, розвиток і врожайність культур [4, 5]. Пшениця чутлива до зміни клімату, оскільки світло та температура є основними факторами навколишнього середовища, що впливають на процес розвитку культури [6]. Численні дослідження показали, що зміна клімату має загальний негативний вплив на врожайність пшениці м'якої озимої, оскільки змінено процес розвитку, виробничий потенціал і використання кліматичних ресурсів цією культурою [7–10]. Набуває актуальності створення сортів пшениці з високим адаптивним потенціалом, важливою складовою якого є зимостійкість, яка визначається комплексом ознак, що дозволяють рослинам перезимувати. Значною мірою зимостійкість визначається генними системами, які контролюють тривалість яровизації, реакцію фотоперіоду та морозостійкість [11].

Окрім того, зростання чисельності населення в світі та розповсюджене використання зерна зернових культур для харчових цілей і кормів породжує необхідність збільшення його виробництва [12]. Серед зернових культур зерно пшениці м'якої озимої є стратегічною сировиною у світовій продовольчій економіці [13], тому дослідження, спрямовані на визначення сучасних і перспективних сортів, мають ключове значення для отримання високих урожаїв цієї культури зі сприятливими показниками якості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Актуальність досліджень щодо пшениці м'якої озимої полягає у тому, що це основна зернова культура в Україні, до якої існують надзвичайно високі вимоги щодо сортового складу, основними з яких є технологічність сорту та його властивість збереження генетичної

здатності для формування великого врожаю зерна за несприятливих умов. Успішне поєднання врожайності, якості, посухо- та зимостійкості, стійкості до різних хвороб забезпечують перспективність використання нових сортів цієї культури [14].

Згідно з дослідженнями [15–17], врожайність сорту пшениці м'якої озимої на всіх етапах утворення була й є визначальною та комплексною ознакою, яка залежить від багатьох генетичних факторів і змін навколишнього середовища. Успішна селекція залежить від інформації про генетичну мінливість і асоціації морфологічних агрономічних ознак з урожаєм зерна [18]. Селекційна практика підтверджує, що навіть у випадках, коли новий сорт має певні цінні господарські ознаки, однак не є конкурентоспроможним за показниками врожайності з іншими сортами, його не залучають у виробництво.

Потенціал нових сортів, підвищений сучасним рівнем селекційної роботи, можна досягнути, вирощуючи їх у певних ґрунтово-кліматичних умовах, що дозволяють одержати високі врожаї відповідної якості [19]. При цьому, сучасні сорти озимої пшениці характеризуються високою екологічною пластичністю, стійкістю до хвороб та якістю зерна [20, 21]. Однак, для кожного регіону необхідно відібрати такі сорти, біоекологічні особливості яких повністю відповідають природним умовам ареалу [21, 22].

Пшениця м'яка озима вирощується на всій території України, тому особливості ґрунтово-кліматичних умов зони й абіотичні фактори навколишнього середовища (температура, рівень зволоження) впливають на врожайність сортів. Так, станом на 21.11.2023 р. до Реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні, внесено 748 сортів пшениці м'якої озимої [23]. За результатами кваліфікаційної експертизи на придатність до поширення для всіх зон рекомендовано 282 сорти, з яких: 111 – для Степу і Лісостепу, 185 – для Полісся та Лісостепу, 14 – для Полісся та Степу, 96 – для Степу, 59 – для Лісостепу, 56 – для Полісся [24].

Зміна ґрунтово-кліматичних умов протягом останніх десятиліть, наявність сільськогосподарських підприємств різного економічного потенціалу призвели до виникнення проблеми технологічності сортів пшениці м'якої озимої, що, зазвичай, полягає в отриманні максимально можливої врожайності за умови несприятливого температурного режиму, погіршення вологозабезпеченості та природної родючості ґрунтів, зменшення

обсягів внесення органічних і мінеральних добрив виробниками [14].

Згідно з даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН, завдяки підвищенню ефективності використання сортів щорічно додатково виробляється більше 20 % продукції землеробства. Узагальнені розрахунки демонструють, що в Україні недобір зерна саме з цієї причини щорічно перевищує 3,0–3,5 млн т. В той же час, сорт є порівняно найдешевшим і доступним засобом збільшення якості зерна та врожайності, під час формування яких значний вплив здійснюють спадковість, ґрунтово-кліматичні й агротехнічні умови. Доведено, що новий комплексно стійкий сорт пшениці озимої може дати приріст урожаю від 0,01–0,015 до 2–3 т/га зерна [17, 25, 26]. Таким чином, визначення врожайності сучасних сортів пшениці м'якої озимої за певних умов вирощування наразі є надзвичайно актуальним.

Метою дослідження було визначити врожайність сучасних сортів пшениці м'якої озимої за певних ґрунтово-кліматичних умов Кіровоградської області. Для досягнення мети дослідження було вирішено наступні завдання:

1. Дослідити погодні умови років дослідження щодо їх сприятливості для вирощування пшениці м'якої озимої.

2. Встановити врожайність дослідних сортів пшениці м'якої озимої за роки досліджень (2021–2023 рр.).

3. Проаналізувати врожайність дослідних сортів пшениці м'якої озимої відносно стандарту та з урахуванням впливу погодних умов.

Матеріали та методика досліджень. Польові досліді проведено протягом 2021–2023 рр. на дослідному полі СФГ «Любава» (Кіровоградська область, Олександрійський район, смт. Петрове), що розміщується у північному Степу України. Ґрунтовий покрив – чорнозем звичайний середньогумусний з високим вмістом азоту (N) та дуже високим – фосфору (P) і калію (K).

Природна родючість (якість) ґрунтів оцінюється на рівні 80–87 балів [27].

У дослідженні застосована методика дослідної справи [28] з урахуванням науково-практичних рекомендацій щодо вирощування пшениці м'якої озимої [29–31]. Для польових дослідів використана загальноприйнята агротехніка для сівби пшениці м'якої озимої в умовах даної агрокліматичної зони. Посів культури проведено рядковим способом з нормою висіву 3,5 млн схожих насінин на 1 га та шириною міжрядь 15 см у такі строки: 15 вересня (2021 р.), 20 вересня (2022 р.), 23 вересня (2023 р.). Попередник – горох. Удобрення здійснено двічі: під час основного внесення восени – діаміфоскою (150 кг/га); весною – сульфат амонієм (130 кг/га) й аміачною селітрою (250 кг/га).

Досліди реалізовано з використанням трьох сучасних сортів і одного сорту стандарту (табл. 1).

Клімат зони – помірно континентальний. У період проведення дослідів 2021–2023 рр. метеорологічні умови виявилися неоднотипними, однак загалом сприятливими для культивування пшениці м'якої озимої. Протягом вегетаційного періоду фіксувались коливання температур повітря та кількості опадів (рис. 1 і 2).

Для повної характеристики метеорологічних умов розраховано гідротермічний коефіцієнт зволоження (ГТК) Г. Т. Селянінова, як одного з чинників, що безпосередньо впливає на врожайність [32, 33]:

$$ГТК = \frac{R}{0,1 \sum T},$$

де R – сума опадів у період за температури вище 10 °С, мм; $\sum T$ – сума активних температур, що вище 10 °С, °С.

За розрахунками ГТК можна зробити висновок (рис. 3): значення менше 0,4 – дуже сильна посуха; 0,4–0,5 – сильна посуха; 0,6–0,7 – середня посуха; 0,8–0,9 – слабка посуха; 1,0–1,5 – достатньо волого; більше 1,5 – надмірно волого.

Таблиця 1

Характеристика дослідних сортів пшениці м'якої озимої

Назва сорту, рік реєстрації	Група стиглості, тривалість періоду вегетації, діб	Рекомендована зона вирощування	Висота рослин, см	Потенціал врожайності, т/га	Маса 1000 зернин, г	Вміст білка, %	Стійкість до хвороб, балів	Стійкість до стресових факторів
Подільська ¹ (стандарт), 2003	Середньо-ранній, 300–310	Степ, Лісостеп, Полісся	95–99	7,0–13,7	44–46	13,5–14,7	8	7–8
Перепілка ² , 2016	Ранньо-стиглий, 272–280	Степ, Лісостеп, Полісся	83–87	8,9–11,4	39–42	14,1–14,5	6	7–9
Мудрість одеська ² , 2015	Середньо-ранній, 283–285	Степ, Лісостеп	106–115	7,6–11,5	42–45	13,3–14,6	5–6	8–9
Щедрість одеська ² , 2014	Середньо-ранній, 265–282	Степ, Лісостеп	82–86	8,0–12,5	43–48	12,6–13,8	6–9	7–9

Примітки: 1 – оригінатори: Інститут фізіології рослин і генетики НАН, Миронівський інститут пшениці ім. В. М. Ремесла НААНУ; 2 – оригінатор: Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовицтва НААН України.

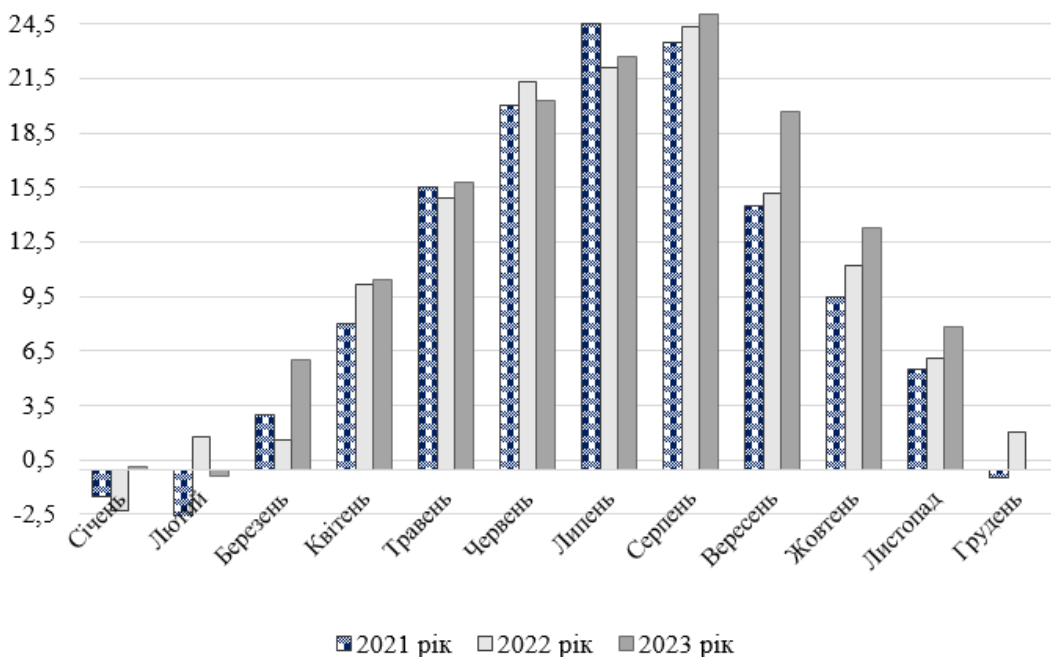


Рис. 1. Температурний режим у смт. Петрове Кіровоградській області, 2021–2023 рр., С
Примітка: дані за листопад 2023 р. наведені на 21.11.2023 р.

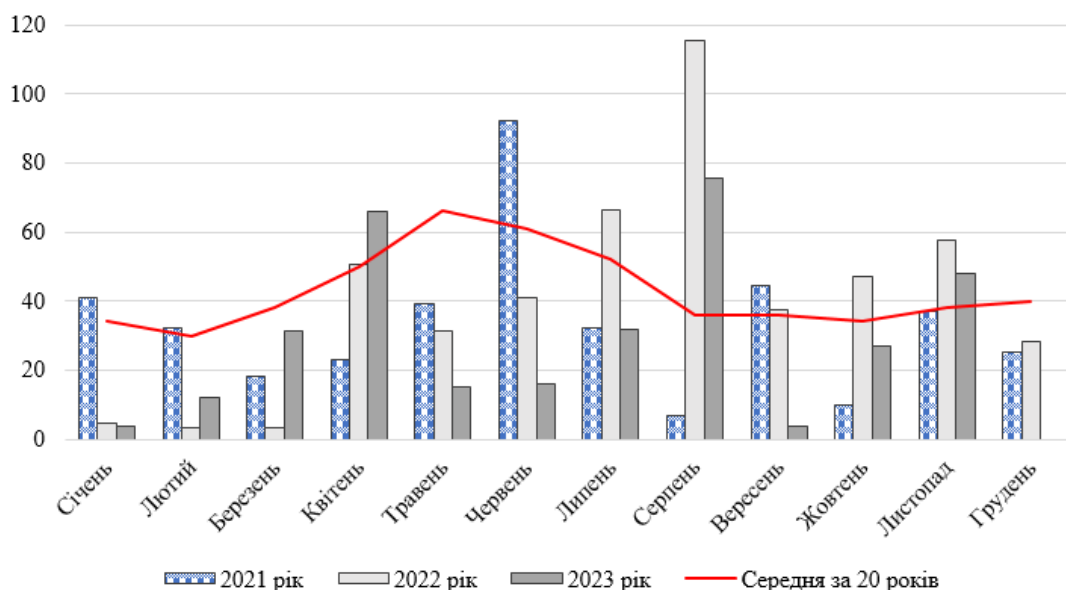


Рис. 2. Кількість опадів у смт. Петрове Кіровоградській області, 2021–2023 рр., мм
Примітка: дані за листопад 2023 р. наведені на 21.11.2023 р.

Взагалі, погодні умови 2020/2021 рр. були сприятливими для вирощування пшениці м'якої озимої з незначними відхиленнями навіть за умови пізнього відновлення вегетації, що обумовлено повільним розвитком активних весняних процесів через періодичні й інтенсивні похолодання впродовж березня [34]. Значний запас вологи, що утворився протягом зими, та достатні опади протягом травня–червня (у період формування та наливу зерна) забезпечили високу врожайність.

Погодні умови 2021/2022 рр. теж можна охарактеризувати як достатньо сприятливі для вирощування пшениці м'якої озимої, однак осінь була доволі посушливою, що не дозволило в повній мірі підготуватися рослинам до перезимівлі. Недостатність вологи взимку та на початку весни дещо затримали розвиток рослин, а середня посуха у травні–червні сприяли зменшенню врожайності відносно попереднього періоду.

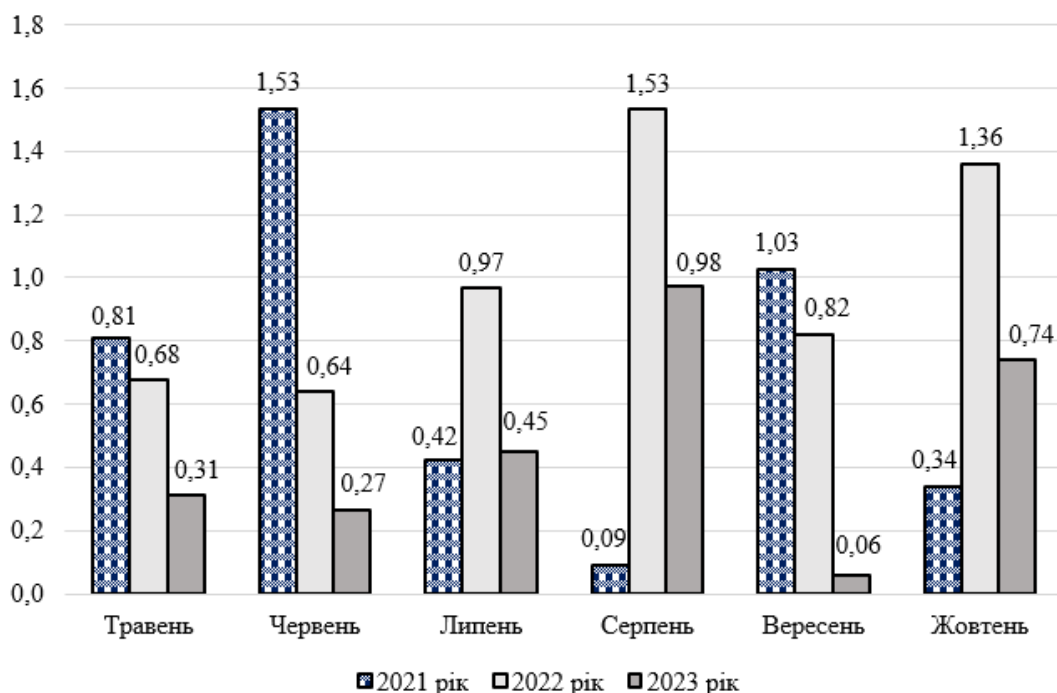


Рис. 3. Індекс ГТК для смт. Петрове Кіровоградській області, 2021–2023 рр., мм

Осінь 2022 р. була доволі сприятливою за кількістю опадів і температурним режимом, що у сукупності з теплою зимою та достатньою кількістю опадів навесні забезпечили більш сприятливі умови 2022/2023 рр. для вирощування пшениці м'якої озимої.

Результати досліджень. Вирощування сучасних сортів пшениці м'якої озимої в умовах Кіровоградської області забезпечило сприятливі умови для їх росту та розвитку, що дозволило отримати добре сформовані рослини (рис. 4–7).

Урожайність дослідних сортів пшениці м'якої озимої за роками та в середньому наведена у табл. 2.

Урожайність пшениці м'якої озимої змінювалась протягом періоду дослідів залежно від сортів і погодних умов. Так, найбільшу середню врожайність отримано у сорту Мудрість одеська (97,9 ц/га), що на 46,0 % більше за сорт Подолянка (67,0 ц/га), на 11,9 % – за сорт Щедрість одеська (90,4 ц/га) та на 8,3 % – за сорт Перепілка (87,5 ц/га).

Відносно інших сучасних сортів Щедрість одеська та Перепілка доцільно відзначити їх більшу врожайність за стандарт на 30,5 і 34,9 % відповідно, що свідчить про їх більшу придатність для вирощування в умовах північного Степу. При цьому, найбільшу потенційну врожайність з цих сортів має Щедрість одеська (8,0–12,5 т/га, табл. 1), тоді як середню – Перепілка (8,9–11,4 т/га). Таким чином, лише сорт Мудрість одеська зміг більше за інші реалізувати свою генетично потенційну врожайність (7,6–11,5 т/га, табл. 1).

Відносно впливу погодних умов на врожайність дослідних сортів пшениці м'якої озимої необхідно відзначити, що найбільш сприятливими були 2020/2021 рр. Так, урожайність сорту Подолянка становила 71,3 ц/га,

тоді як сучасні сорти виявили значно більший показник: Щедрість одеська – на 26,8 % (90,4 ц/га), Перепілка – на 31,6 % (90,4 ц/га), Мудрість одеська – 43,6 % (102,4 ц/га). В цілому, протягом зазначеного періоду врожайність пшениці м'якої озимої дослідних сортів знаходилась у межах 71,3 і 102,4 ц/га.

Погодні умови 2021/2022 рр. призвели до зменшення врожайності всіх сортів дослідних сортів пшениці м'якої озимої, а найбільше – сорту Подолянка (на 10,2 ц/га або 14,3 %). Найбільш стійким до погодних коливань виявився сорт Щедрість одеська, врожайність якого зменшилась на 5,7 ц/га (6,3 %) відносно попереднього року. Найбільш врожайним у цьому періоді залишився сорт Мудрість одеська з показником 93,5 ц/га, що на 8,9 ц/га (8,7 %) менше за попередній рік. Зниження же врожайності сорту Перепілка становило 7,6 ц/га (8,1 %) і становило 86,2 ц/га. Отже, протягом цього періоду врожайність пшениці м'якої озимої знаходилась у межах 61,1 і 93,5 ц/га.

Згідно з даними табл. 2 погодні умови 2022/2023 рр. забезпечили більшу врожайність, ніж за попередній період, однак меншу, ніж у 2020/2021 рр. Так, найбільший приріст урожайності в 7,6 ц/га (12,4 %) забезпечив сорт Подолянка, тоді як його загальна врожайність була найменшою (68,7 ц/га). Дещо менше погодні умови вплинули на врожайність сорту Перепілка (5,0 ц/га або 5,8 %) та забезпечило її рівень у 91,2 ц/га, що 32,8 % вище за стандарт. Найбільш врожайним і в цьому періоді залишився сорт Мудрість одеська з показником 97,8 ц/га, що на 4,3 ц/га (4,6 %) більше за 2022 р., однак менше на 4,6 ц/га (4,5 %) за показник 2021 р. Найменший вплив погодні умови спричинили на врожайність сорту Щедрість одеська – збільшення на 2,6 ц/га (3,1 %), що забезпечило її рівень у 87,3 ц/га.



Рис. 4. Рослини пшениці м'якої озимої сортів Мудрість одеська, Щедрість одеська та Перепілка (зліва направо)



Рис. 5. Рослини пшениці м'якої озимої сортів Мудрість одеська



Рис. 6. Рослини пшениці м'якої озимої сорту Щедрість одеська



Рис. 7. Рослини пшениці м'якої озимої сорту Перепілка

Таблиця 2

Урожайність пшениці м'якої озимої дослідних сортів в умовах, середнє за 2021–2023 рр., ц/га

Сорт	2021 р.	2022 р.	2022 р. до 2021 р.	2023 р.	2023 р. до 2022 р.	Середня врожайність
Подільська (стандарт)	71,3	61,1	-10,2	68,7	7,6	67,0
Перепілка	93,8	86,2	-7,6	91,2	5,0	90,4
Мудрість одеська	102,4	93,5	-8,9	97,8	4,3	97,9
Щедрість одеська	90,4	84,7	-5,7	87,3	2,6	87,5

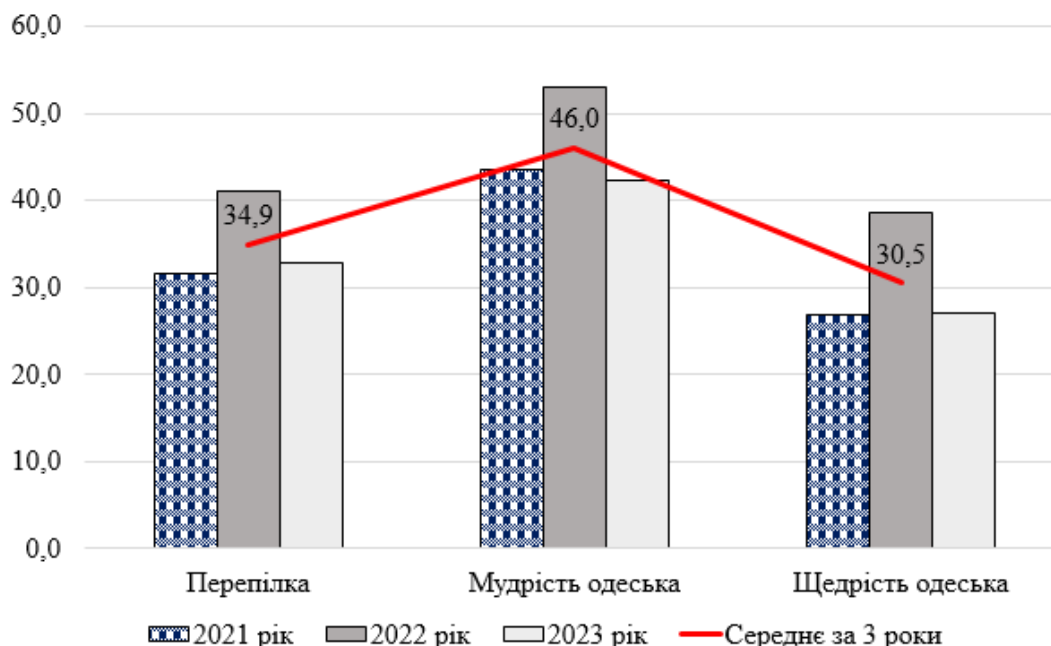


Рис. 8. Динаміка врожайності сучасних сортів пшениці м'якої озимої відносно стандарту, 2021–2023 рр., %

Також доцільно відмітити, що погодні умови найбільше вплинули на сорт Подолянка (від 12,6 до 14,3 %), а найменше – на сорт Щедрість одеська (від 3,1 до 6,3 %). Врожайність за іншими сучасними сортами – Перепілка та Мудрість одеська – протягом 2021–2023 рр. коливалась в межах 5,8–8,1 % і 4,6–8,7 % відповідно.

Отже, кожен із сучасних дослідних сортів виявився більш врожайним, ніж стандартний сорт (рис. 8), особливо сорт Мудрість одеська – в середньому на 46,0 % за роки досліджень. При цьому Перепілка та Щедрість одеська засвідчили значну перевагу за рівнем врожайності, що перевищує стандарт на 34,9 і 30,5 % відповідно.

Таким чином, з урахуванням проведеного дослідження доцільно зауважити, що використання сучасних сортів пшениці м'якої озимої в умовах Кіровоградської області є більш ефективним – забезпечуються більший врожай і стресостійкість. Найбільшу врожайність отримано за сортом Мудрість одеська, що свідчить про перспективність його вирощування.

Висновки. Обґрунтовано, що вирощування сучасних сортів пшениці м'якої озимої (Перепілка, Мудрість одеська та Щедрість одеська) в умовах північного Степу дозволяє отримати більший врожай зерна та зменшити його втрати від несприятливих погодних умов. За роки досліджень найбільшу врожайність отримано за сортом Мудрість одеська – 93,5–102,4 ц/га. Врожайність сорту Перепілка (86,2–93,8 ц/га) була в середньому на 7,7 % нижче за показник сорту Мудрість одеська та більше за стандарт на 34,9 %. Сорт Щедрість одеська забезпечив отримання врожаю на рівні 84,7–90,4 ц/га, що в середньому на 10,6 % менше за сорт Мудрість одеська та на 30,5 % більше за сорт Подолянка.

Перспективи подальших досліджень передбачатимуть вивчення індивідуальної продуктивності сучасних сортів пшениці м'якої озимої в умовах північного Степу України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Tschamtkke T., Clough Y., Wanger T.C., Jackson L., Motzke I., Perfecto I., Vandermeer J., Whitbread A. Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. *Biological Conservation*. 2012. Vol. 151. P. 53–59. DOI: j.biocon.2012.01.068
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. Vol. 8, e66428. DOI: 10.1371/journal.pone.0066428
3. Бараболя О.В., Татарко Ю.В., Антоновський О.В. Вплив сортових особливостей зерна пшениці озимої на якість хлібопекарських властивостей. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. № 4. С. 21–27. DOI: 10.31210/visnyk2020.04.02
4. Gawęda D., Haliniarz M. Grain yield and quality of winter wheat depending on previous crop and tillage system. *Agriculture*. 2021. Vol. 11 (2), 133. DOI: 10.3390/agriculture11020133
5. Писаренко В.М., Писаренко П.В., Писаренко В.В., Горб О.О., Чайка Т.О. Посухи в контексті змін клімату України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. № 1. С. 139–146. DOI: 10.31210/visnyk2019.01.18
6. Hellemans T., Landschoot S., Dewitte K., Van Bockstaele F., Vermeir P., Eeckhout M., Haesaert G. Impact of crop husbandry practices and environmental conditions on wheat composition and quality: A Review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2018. Vol. 66. P. 2491–2509. DOI: 10.1021/acs.jafc.7b05450

7. Arora N.K. Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions. Lucknow: Springer, 2019. DOI: 10.1007/s42398-019-00078-w
8. Balabukh V.O., Odnoletok L.P., Krivoshein O.O. Influence of climate change on productivity of winter wheat in Ukraine during the vegetation cycle. *Geographical Aspects of Hydroecological Research*. 2017. Vol. 3 (46). P. 72–85.
9. Korkhova M., Mykolaichuk V. Influence of weather conditions on the duration of interphysical periods and yield of durum winter wheat. *Scientific Horizons*. 2022. Vol. 25, No. 2. P. 36–46. DOI: 10.48077/scihor.25(2).2022.36-46
10. Kaya Y., Akcura M. Effects of genotype and environment on grain yield and quality traits in bread wheat (*T. aestivum* L.). *Food Science and Technology*. 2014. Vol. 34. P. 386–393. DOI: 10.1590/fst.2014.0041
11. Pirykh A.V., Yurchenko T.V., Hudzenko V.M., Demydov O.A., Kovalyshyna H.M., Humeniuk O.V., Kyrylenko V.V. Features of modern winter wheat varieties in terms of winter hardiness components under conditions of Ukrainian Forest-Steppe. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2021. Vol. 12 (1). P. 153–159. DOI: 10.15421/022123
12. Жемела Г.П., Бараболя О.В., Татарко Ю.В., Антоновський О.В. Вплив сортових особливостей на якість зерна пшениці озимої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. № 3. P. 32–39. DOI: 10.31210/visnyk2020.03.03
13. Ткаченко К.В., Варченко О.М. Аналіз структури виробництва зернових культур у сільськогосподарських підприємствах України. *Економіка та управління АПК*. 2014. № 2. С. 134–140.
14. Солодушко М.М. Урожайність та адаптивний потенціал сучасних сортів пшениці м'якої озимої в умовах Північного Степу. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2014. № 3 (24). С. 61–66.
15. Лифенко С.П., Ериняк М.І., Нарган Т.П., Наконечний М.Ю. Нові сорти озимої м'якої пшениці інтенсивного типу для степової та лісостепової зон, особливості їх агротехніки та насінництва. *Посібник українського хлібороба*. Київ, 2010. С. 243–245.
16. Орлюк А.П., Гончарова К.В. Адаптивний і продуктивний потенціал пшениці : монографія. Херсон: Айлант, 2002. 276 с.
17. Уліч Л.І., Лісікова В.М. Сорти пшениці озимої для інтенсивних технологій. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2006. № 3. С. 103–108. DOI: 10.21498/2518-1017.3.2006.67724
18. Korkhova M., Smirnova I., Panfilova A., Bilichenko O. Productivity of winter wheat depending on varietal characteristics and pre-sowing treatment of seeds with biological products. *Scientific Horizons*. 2023. Vol. 26 (5). С. 65–75.
19. Заєць С.О., Музика В.Є., Нижегороденко В.М., Рудік О.Л. Оцінка адаптивної здатності та стабільності сортів пшениці озимої м'якої за різних умов вологозабезпеченості півдня України. *Зрошуване землеробство*. 2021. Вип. 76. С. 17–21. DOI: 10.32848/0135-2369.2021.76.3
20. Montesinos-López O.A., Baenziger P.S., Eskridge K.M., Little R.S., Martínez-Cruz E., Franco-Perez E. Analysis of genotype-by-environment interaction in winter wheat growth in organic production system. *Emirates Journal of Nutrition and Agriculture*. 2018. Vol. 30 (3). С. 212–223. DOI: 10.9755/ejfa.2018.v30.i3.1643
21. Korkhova M., Smirnova I., Drobitchko A. Influence of irrigation and weather conditions on the duration of interphase periods of winter wheat varieties. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*. 2022. Vol. 26 (3). С. 55–65.
22. Babenko L.M., Hospodarenko H.M., Rozhkov R.V., Pariy Y.F., Pariy M.F., Babenko A.V., Kosakivska I.V. Triticum spelta Origin, biological characteristics and perspectives for use in breeding and agriculture. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2018. Vol. 9 (2). С. 250–257. DOI: 10.15421/021837
23. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні (станом на 21.11.2023 р.). URL: <https://minagro.gov.ua/storage/app/uploads/public/655/c86/4ba/655c864ba6806355230507.xlsx>.
24. Присяжнюк Л.М., Хоменко Т.М., Ляшенко С.О., Мельник С.І. Показники продуктивності нових сортів пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.) залежно від факторів вирощування. *Plant Varieties Studying and protection*. 2022. Vol. 18, No 4. С. 273–282. DOI: 10.21498/2518-1017.18.4.2022.273989
25. Вовкодав В.В., Гончар О.М., Захарчук О.В., Климович М.Ю. Значення сорту у підвищенні ефективності зернового господарства. *Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН*. Київ: ЕКМО, 2004. С. 154–157.
26. Трибель С.О. Стійкі сорти : проблеми і перспективи. *Карантин і захист рослин*. 2005. № 5. С. 3–5.
27. Агрохімічна карта ґрунтів України. URL: <https://superagronom.com/karty/agrohimichna-karta-ukrainy>.
28. Дідора В.Г., Смаглій О.Ф., Ермантраут Е.Р. Методика наукових досліджень в агрономії : навч. посіб. Київ: ЦУЛ, 2013. 264.
29. Довідник з вирощування озимої пшениці / В.Г. Влох та ін. Львів: Українські технології, 1998. 149 с.
30. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф., Івашук П.В. Зерновиробництво. Львів: Українські технології, 2008. 624 с.
31. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур ; 4-те вид., випр. і доп. Львів: Українські технології, 2014. 1040 с.
32. Гідротермічний коефіцієнт зволоження. URL: <https://superagronom.com/slovnik-agronoma/gidrotermichniy-koefitsiyent-zvolozhennya-id20236>.
33. Власенко В.А., Осьмачко О.М. Характеристика врожайності комерційних сортів пшениці м'якої озимої різного еколого-генетичного походження в умовах північно-східного Лісостепу України. *Вісник ЖНАЕУ. Сер. Рослинництво, плодоовочівництво та кормовиробництво*. 2016. № 1 (53). С. 158–167.
34. Україна: метеорологічні умови третьої декади березня 2021 року. URL: <https://www.apk-inform.com/uk/meteocond/1518872>.

REFERENCES:

1. Tschardtke, T., Clough, Y., Wanger, T.C., Jackson, L., Motzke, I., Perfecto, I., Vandermeer, J., & Whitbread, A. (2012). Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. *Biological Conservation*, 151 (1), 53–59. DOI: j.biocon.2012.01.068

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, e66428. DOI: 10.1371/journal.pone.0066428
3. Barabolia, O.V., Tatarko, Yu.V., & Antonovskiy, O.V. (2020). Vplyv sortovykh osoblyvostei zerna pshenytsi ozymoi na yakist khlibopekarskykh vlastyvostei [The influence of variety features of winter wheat grain on the quality of bakery properties]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii – Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 4, 21–27. DOI: 10.31210/visnyk2020.04.02 [in Ukrainian].
4. Gawęda, D., & Haliniarz, M. (2021). Grain yield and quality of winter wheat depending on previous crop and tillage system. *Agriculture*, 11 (2), 133. DOI: 10.3390/agriculture11020133
5. Pisarenko, V.M., Pisarenko, P.V., Pisarenko, V.V., Horb, O.O., & Chaika, T.O. (2019). Posukhy v konteksti zmin klimatu Ukrayiny [Droughts in the context of climate change in Ukraine]. *Visnyk Poltavskoyi Derzhavnoyi ahrarnoyi akademii – Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 1, 134–146. DOI: 10.31210/visnyk2019.01.18 [in Ukrainian].
6. Hellemans, T., Landschoot, S., Dewitte, K., Van Bockstaele, F., Vermeir, P., Eeckhout, M., & Haesaert, G. (2018). Impact of crop husbandry practices and environmental conditions on wheat composition and quality: A Review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66 (11), 2491–2509. DOI: 10.1021/acs.jafc.7b05450
7. Arora N.K. (2019). *Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions*. Lucknow: Springer. DOI: 10.1007/s42398-019-00078-w
8. Balabukh, V.O., Odnoletok, L.P., & Krivoshein, O.O. (2017). Influence of climate change on productivity of winter wheat in Ukraine during the vegetation cycle. *Geographical Aspects of Hydroecological Research*, 3 (46), 72–85.
9. Korkhova, M., & Mykolaichuk, V. (2022). Influence of weather conditions on the duration of interphysical periods and yield of durum winter wheat. *Scientific Horizons*, 25 (2), 36–46. DOI: 10.48077/scihor.25(2).2022.36-46
10. Kaya, Y., & Akcura, M. (2014). Effects of genotype and environment on grain yield and quality traits in bread wheat (*T. aestivum* L.). *Food Science and Technology*, 34, 386–393. DOI: 10.1590/fst.2014.0041
11. Pirykh, A.V., Yurchenko, T.V., Hudzenko, V.M., Demydov, O.A., Kovalyshyna, H.M., Humeniuk, O.V., & Kyrylenko, V.V. (2021). Features of modern winter wheat varieties in terms of winter hardiness components under conditions of Ukrainian Forest-Steppe. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 12 (1), 153–159. DOI: 10.15421/022123
12. Zhemela, H.P., Barabolia, O.V., Tatarko Yu.V., & Antonovskiy, O.V. (2020). Vplyv sortovykh osoblyvostei na yakist zerna pshenytsi ozymoi [The effect of variety peculiarities on winter wheat grain quality]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii – Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 3, 32–39. DOI: 10.31210/visnyk2020.03.03 [in Ukrainian].
13. Tkachenko, K.V., & Varchenko, O.M. (2014). Analiz struktury vyrobnytstva zernovykh kultur u silskohospodarskykh pidpriemstvakh Ukrainy [Analysis of the structure of grain production in agricultural enterprises of Ukraine]. *Ekonomika ta upravlinnia APK – AIC Economics and Management*, 2, 134–140 [in Ukrainian].
14. Solodushko, M.M. (2014). UrozhainisSolodushko M.M. Urozhainist ta adaptivnyi potentsial suchasnykh sortiv pshenytsi miakoi ozymoi v umovakh Pivnichnoho Stepu [Yield and adaptive potential of modern varieties of soft winter wheat in the Northern Steppe conditions]. *Sortovyvchennia ta okhorona prav na sorty roslyn – Plant Varieties Studying and Protection*, (24), 61–66 [in Ukrainian].
15. Lyfenko, S.P., Eryniak, M.I., Narhan, T.P., & Nakonechnyi, M.Iu. (2010). Novi sorty ozymoi miakoi pshenytsi intensyvnoho typu dla stepovoi ta lisostepovoi zon, osoblyvosti yikh ahrotekhniki ta nasinnystva [New sorts of intensive type winter bread wheat for steppe and forest steppe areas; peculiarities of agro-technique and seed-raising]. *Posibnyk ukrainskoho khliboroba – Ukrainian farmer's guide*. Kyiv, 243–245 [in Ukrainian].
16. Orliuk, A.P., & Honcharova, K.V. (2022). *Adaptivnyi i produktyvnyi potentsial pshenytsi : monohrafiia* [Adaptive and productive potential of wheat: monograph]. Kherson: Ailant [in Ukrainian].
17. Ulych, L.I., & Lisikova, V.M. (2006). Sorty pshenytsi ozymoi dla intensyvnykh tekhnolohii [Varieties of winter wheat for intensive technologies]. *Varietal research and protection of rights to plant varieties – Plant varieties studying and protection*, 3, 103–108. DOI: 10.21498/2518-1017.3.2006.67724 [in Ukrainian].
18. Korkhova, M., Smirnova, I., Panfilova, A., & Bilichenko, O. (2023). Productivity of winter wheat depending on varietal characteristics and pre-sowing treatment of seeds with biological products. *Scientific Horizons*, 26 (5), 65–75.
19. Zaiets, S.O., Muzyka, V.Ie., Nyzheholenko, V.M., & Rudik, O.L. (2021). Otsinka adaptivnoi zdatnosti ta stabilnosti sortiv pshenytsi ozymoi miakoi za riznykh umov volohozabezpechenosti pivdnia Ukrainy [Evaluation of adaptability and stability of soft winter wheat varieties under different conditions of moisture supply in the South of Ukraine]. *Zroshuvane zemlerobstvo – Irrigated farming*, 76, 17–21. DOI: 10.32848/0135-2369.2021.76.3 [in Ukrainian].
20. Montesinos-López, O.A., Baenziger, P.S., Eskridge, K.M., Little, R.S., Martínez-Cruz, E., & Franco-Perez, E. (2018). Analysis of genotype-by-environment interaction in winter wheat growth in organic production system. *Emirates Journal of Nutrition and Agriculture*, 30 (3), 212–223. DOI: 10.9755/ejfa.2018.v30.i3.1643
21. Korkhova, M., Smirnova, I., & Drobitko, A. (2022). Influence of irrigation and weather conditions on the duration of interphase periods of winter wheat varieties. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 26 (3), 55–65.
22. Babenko, L.M., Hospodarenko, H.M., Rozhkov, R.V., Paryi, Y.F., Paryi, M.F., Babenko, A.V., & Kosakivska, I.V. (2018). Triticum spelta Origin, biological characteristics and perspectives for use in breeding and agriculture. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 9 (2), 250–257. DOI: 10.15421/021837
23. Derzhavnyi reiestr sortiv roslyn, prydatnykh dla poshyrennia v Ukraini (stanom na 21.11.2023) [State register of plant varieties suitable for distribution in Ukraine]. URL: <https://minagro.gov.ua/storage/app/uploads/>

- public/655/c86/4ba/655c864ba6806355230507.xlsx [in Ukrainian].
24. Prysiazniuk, L.M., Khomenko, T.M., Liashenko, S.O., & Melnyk, S.I. (2022). Pokaznyky produktyvnosti novykh sortiv pshenytsi miakoi ozymoi (*Triticum aestivum* L.) zalezno vid faktoriv vyroshchuvannya [The growing factors impact the productivity of new soft winter wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties]. *Plant Varieties Studying and protection*, 18 (4), 273–282. DOI: 10.21498/2518-1017.18.4.2022.273989 [in Ukrainian].
 25. Vovkodav, V.V., Honchar, O.M., Zakharchuk, O.V., & Klymovych, M.Iu. (2004). Znachennia sortu u pidvyshchenni efektyvnosti zernovoho hospodarstva [The value of the variety in increasing the efficiency of grain farming]. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu zemlerobstva UAAN – Collection of scientific works of the Institute of Agriculture of UAAS*. Kyiv: EKMO, 154–157. [in Ukrainian].
 26. Trybel, S.O. (2005). Stiiki sorty : problemy i perspektyvy [Resistant varieties: problems and prospects]. *Karantyn i zakhyst Roslyn – Quarantine and Plant Protection*, 5, 3–5 [in Ukrainian].
 27. Ahrokhimichna karta gruntiv Ukrainy [Agrochemical soil map of Ukraine]. URL: <https://superagronom.com/karty/agrokhimichna-karta-ukrainy> [in Ukrainian].
 28. Didora, V.H., Smahlii, O.F., & Ermantraut, E.R. (2013). *Metodyka naukovykh doslidzhen v ahronomii : navchalnyi posibnyk [Methodology of scientific research in agronomy: study guide]*. Kyiv: Tsentri uchbovoi literatury [in Ukrainian].
 29. Vlokh, V.H., Bomba, M.Ya., Lykhochvor, V.V., Babiak, M.V., & Kotsupyr, D.P. (1998). *Dovidnyk z vyroshchuvannya ozymoi pshenytsi [Handbook on the cultivation of winter wheat]*. Lviv: Ukrainski tekhnolohii [in Ukrainian].
 30. Lykhochvor, V.V., Petrychenko, V.F., & Ivashchuk, P.V. (2008). *Zernovyrobnytstvo [Grain production]*. Lviv: Ukrainski tekhnolohii [in Ukrainian].
 31. Lykhochvor, V.V., & Petrychenko, V.F. (2014). *Roslynnytstvo. Tekhnolohii vyroshchuvannya silskohospodarskykh kultur [Technologies for growing agricultural crops]*. Lviv: Ukrainski tekhnolohii [in Ukrainian].
 32. Hidrotermichniy koefitsient zvolozhennia [Hydrothermal moisture coefficient]. URL: <https://superagronom.com/slovník-agronoma/gidrotermichnyi-koefitsient-zvolozhennia-id20236> [in Ukrainian].
 33. Vlasenko, V.A., & Osmachko, O.M. (2016). Kharakterystyka vrozhaivosti komertsiiynykh sortiv pshenytsi miakoi ozymoi riznoho ekoloho-henetychnoho pokhodzhennia v umovakh pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrainy [The characteristics of yield of soft winter wheat commercial sorts of different ecological-genetic origin under the conditions of north-east forest Steppe of Ukraine]. *Visnyk ZhNAEU – Visnyk ZNAU*, 1 (53), 158–167 [in Ukrainian].
 34. Ukraina: meteorologichni umovy tretoi dekady bereznia 2021 roku [Ukraine: meteorological conditions of the third decade of March 2021]. URL: <https://www.apk-inform.com/uk/meteocond/1518872> [in Ukrainian].

Бараболя О.В., Яновський Р.О. Врожайність сучасних сортів пшениці м'якої озимої в умовах Кіровоградської області

Пшениця м'яка озима є найважливішою культурою в світі, однак зерно якої призначене для споживання людиною та на корм тваринам. Глобальні зміни клімату призводять до зростання інтенсивності та частоти екстремальних погодних явищ, тоді як ця культура є чутливою до них. Отже, постає актуальність використання сортів пшениці м'якої озимої з високим адаптивним потенціалом, важливою складовою якого є зимостійкість. **Метою дослідження** було визначити врожайність сучасних сортів пшениці м'якої озимої за певних ґрунтово-кліматичних умов Кіровоградської області. **Методи.** Польові досліді проведено у 2021–2023 рр. в умовах північного Степу України з використанням загальноприйнятої агротехніки для сівби пшениці м'якої озимої сучасних сортів (Перепілка, Мудрість одеська, Щедрість одеська) та стандартного сорту Подолянка. У період проведення дослідів метеорологічні умови виявилися неоднотипними, однак загалом сприятливими для культивування пшениці м'якої озимої. **Результати.** Встановлено, що врожайність пшениці м'якої озимої змінювалась протягом періоду дослідів залежно від сортів і погодних умов. Найбільшу середню врожайність отримано у сорту Мудрість одеська (97,9 ц/га), що на 46,0 % більше за сорт Подолянка (67,0 ц/га), на 8,3 % – за сорт Щедрість одеська (90,4 ц/га) та на 11,9 % – за сорт Перепілка (87,5 ц/га). Врожайність пшениці м'якої озимої дослідних сортів у 2021 р. знаходилась у межах 71,3–102,4 ц/га, у 2022 р. – 61,1–93,5 ц/га, тоді як у 2023 р. – 68,7–97,8 ц/га. Найменший вплив погодних умов на врожайність було зафіксовано у сорту Щедрість одеська (3,1–6,3 %), а найбільший – у сорту Подолянка (12,6–14,3 %). **Висновки.** За роки досліджень найбільш врожайним виявився сорт Мудрість одеська – 93,5–102,4 ц/га. Врожайність сорту Перепілка (86,2–93,8 ц/га) була в середньому на 7,7 % нижче за сорт Мудрість одеська та більше за стандарт на 34,9 %. Сорт Щедрість одеська забезпечив отримання врожаю в 84,7–90,4 ц/га, що в середньому на 10,6 % менше за сорт Мудрість одеська та на 30,5 % більше за сорт Подолянка.

Ключові слова: Перепілка, Мудрість одеська, Щедрість одеська, Подолянка, врожай, погодні умови.

Barabolia O.V., Yanovskyi R.O. Yield capacity of modern soft winter wheat varieties in the conditions of Kirovohrad region

Soft winter wheat is the most important crop in the world as its grain is used for human food and animal feed. Global climate changes lead to the increase of the intensity and frequency of extreme weather phenomena, while this crop is sensitive to them. Thus, the topicality arises of using soft winter wheat varieties having a high adaptive potential, an important component of which is the tolerance to winter conditions. **The purpose of the research** was to determine the yield capacity of modern soft winter wheat varieties under definite soil and climatic conditions of Kirovohrad region. **Methods.** Field experiments were conducted in 2021–2023 in the Northern Steppe of

Ukraine applying generally accepted agronomical practice for sowing soft winter wheat of modern varieties (Perepilka, Mudrist Odeska, Shchedrist Odeska) and Podolianka standard variety. **Results.** During the period of conducting the experiments, the meteorological conditions turned out to be not the same, however, in general, they were favorable for soft winter wheat cultivation. It was established that during the experiments, the yield capacity of soft winter wheat changed depending on varieties and weather conditions. Mudrist Odeska variety had the highest average yield (97.9 hundredweight/ha), which was by 46.0 % more than Podolianka variety (67.0 hundredweight/ha), by 8.3 % than Shchedrist Odeska (90.4 hundredweight/ha), and by 11.9 % more than Perepilka variety (87.5 hundredweight/ha). The yield capacity of soft winter wheat experimental varieties in 2021 was within 71.3–102.4 hundredweight/ha, in

2022 – 61.1–93.5 hundredweight/ha, while in 2023 the yield capacity was 68.7–97.8 hundredweight/ha. The least effect of weather conditions on the yield was fixed in Shchedrist Odeska variety (3.1–6.3 %), and largest – in Podolianka variety (12.6–14.3 %). **Conclusions.** During the years of the experiments, Mudrist Odeska variety turned out to be the most high-yielding – 93.5–102.4 hundredweight/ha. The yield capacity of Perepilka variety (86.2–93.8 hundredweight/ha) on the average, was by 7.7 % lower than of Mudrist Odeska variety and by 34.9 % higher than that of the standard. Shchedrist Odeska variety had the yield of 84.7–90.4 hundredweight/ha, which, on the average, was by 10.6 % lower than Mudrist Odeska variety and by 30.5 % higher than Podolianka variety.

Key words: Perepilka, Mudrist Odeska, Shchedrist Odeska, Podolianka, yield, weather conditions.

НАУКОВІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЖИТА ОЗИМОГО

БОРОВИК С.О. – аспірант

orcid.org/0009-0001-2872-4858

Державний біотехнологічний університет

Постановка проблеми. Жито озиме – культура, що забезпечує протягом кількох століть повноцінне харчування багатьох країн світу. Озиме жито – зернова культура, яка має велике значення, особливо в районах, де обмежений обробіток озимої пшениці через ґрунтово-кліматичні умови, що дозволяє віднести цю сільськогосподарську культуру до групи культур найменшого ризику при її вирощуванні. Вирощують його переважно на зерно, а також на зелений корм (часто у сумішках з озимою викою, озимим ріпаком) [1]. Озиме жито в нашій країні є другою важливою після пшениці культурою. Продовольча цінність його визначається значним вмістом в зерні білків (12,8%) та вуглеводів (69,1%) [2].

Жито краще інших культур пристосоване до ґрунтів з невисокою природною родючістю. Біологічні особливості цієї культури такі, що воно краще, ніж ярі зернові, використовує ґрунтову вологу осіннього і ранньовесняного періодів, менш піддається впливу літньої посухи. Тому жито може слугувати культурою в багатьох регіонах України [3].

На даний час скорочення посівних площ під житом, особливо в сучасних умовах не виправдане, так як воно є одним з резервів покращення структури посівних площ серед зернових і збільшення валових зборів зерна за рахунок впровадження у виробництво нових сортів та гібридів. Природа одарила озиме жито рядом відмінних якостей: воно володіє високою споживчою цінністю і універсальністю використання, а також може гарно окупити затрати навіть в несприятливих ґрунтово-кліматичних умовах [4].

Тому вивчення особливостей технології вирощування жита озимого є актуальною темою, задля підвищення рівня врожайності культури та зростання прибутків виробників.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Жито у виробництві – більш молода культура, ніж пшениця або ячмінь. Велике значення цієї культури визначається його здатністю формувати високі врожаї в менш сприятливих для інших зернових культур природно-кліматичних умовах.

Нині жито культивують близько 60 країн. Перші місця в рейтингу найбільших виробників посідають представники Європейського Союзу, Східної Європи, Азії та Північної Америки. Район вирощування простягнувся від півночі Німеччини через Польщу, Україну, Білорусь. Також жито вирощується в Канаді, США, Аргентині, Туреччині, Казахстані та Китаї.

Так, згідно даних Міністерства аграрної політики та продовольства України аграрії всіх областей України намололи 33,7 млн тонн нового врожаю. Станом на перший тиждень вересня 2023 зернових культур зібрано

29 млн 309 тис. тонн, площа збору складає 6697 тис. га, врожайність – 43,8 ц/га. Щодо жита, то воно відображається в розрізі інших зернових та зернобобових культур і складає: обмолочено 271 тис. га, намолочено 807,2 тис. тонн [5].

Аграрії всіх областей України активно сіють ріпак та розпочали сівбу озимих на зерно. Станом на початок вересня вже посіяно 699,7 тис. га озимих, з яких ріпаку – 654,9 тис. га та 44,8 тис. га зернових (пшениці – 42,5 тис. га, ячменю – 1,2 тис. га та жита – 1,1 тис. га) (рис. 1) [6].

Водночас через недостатню увагу агробізнесу держави на ринок жита та застарілу базу виробництва поки що нічого не стимулює аграріїв збільшувати площі посівів із-за неможливості зберегти конкурентну спроможність в рентабельності і ліквідності серед інших культур (наприклад пшениці).

Отже як бачимо, жито, що безумовно є цінною культурою, має значний потенціал розвитку в Україні. Для цього потрібне впровадження інноваційних технологій вирощування, заміну старої техніки, удосконалення наявних або ж винайдення більш високопродуктивних сортів зерна жита і звісно ж стимулювання та підтримка виробництва жита з боку агробізнесу [7,8].

Мета статті. Метою роботи є аналіз даних літературних джерел щодо впливу технології вирощування на урожайність жита озимого та огляд перспективних ідей щодо підвищення урожайності даної культури.

Результати досліджень. Жито (*Secale cereale*) – різновид *vulgaris*, до якого належать усі культурні форми жита. Посівне жито є одним з близько 5 видів роду жито (*Secale*). Воно може мати диплоїдний або тетраплоїдний набір хромосом ($2n=14$, $2n=28$). Вид об'єднує понад 40 різновидностей.

Жито посівне – однорічна трав'яниста рослина. Як кормову рослину вирощують також культурне багаторічне жито, одержане А.І. Державіним при схрещуванні дикого багаторічного жита з однорічним культурним посівним житом [9].

Процес формування жита виду *S. cereale* L. Був тривалим, обумовлений низкою біологічних особливостей цієї рослини. З них головна – це менша, ніж у пшениці, вимогливість до умов зростання. Крім того, жито за морфологічними і біологічними особливостями має деякі переваги перед озимою пшеницею і озимим ячменем, в посівах яких формувалося жито.

При просуванні озимої пшениці і озимого ячменю з півдня на північ, схід, захід і у високогірні райони з ними, природно, потрапляло в ці зони сорнопольове жито виду *S. segetale* L. Завдяки невибагливості і витривалості воно поступово витискало пшеницю в північних і високогірних

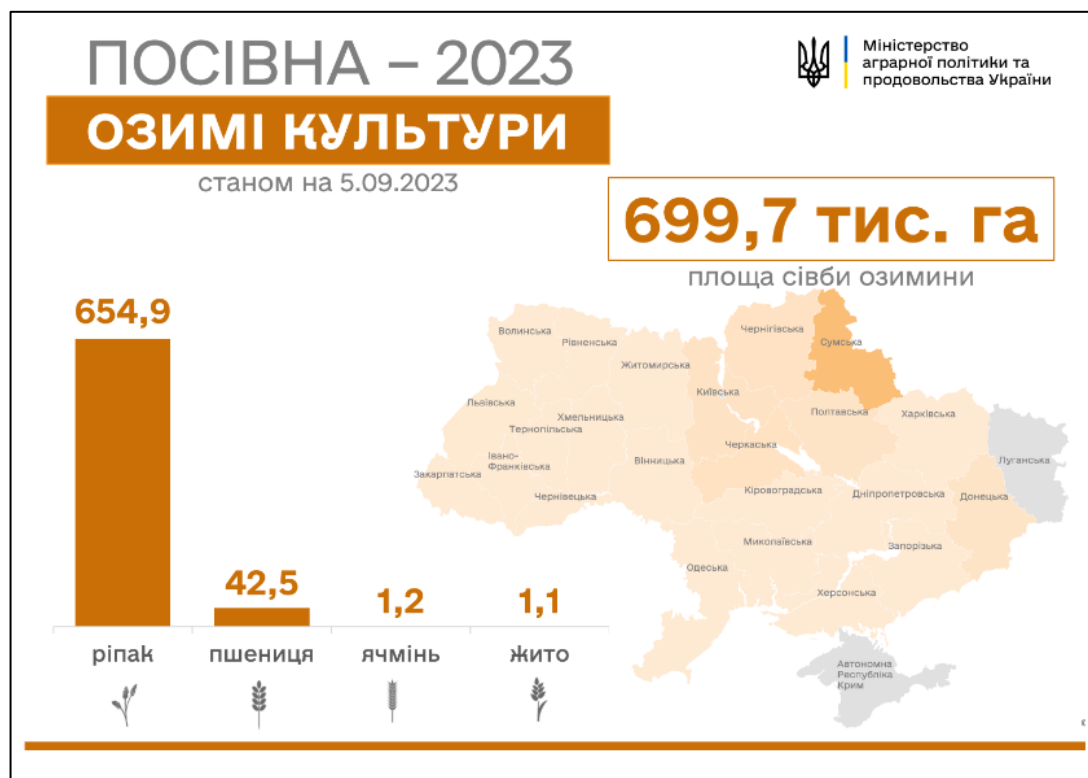


Рис. 1. Посівна кампанія озимих культур 2023 року станом на 05.09.23

районах і саме ставало культурною рослиною. Отже, сучасне культурне посівне жито – це той матеріал, який століттями відбирався з сорнопольового жита.

Стебло рослин озимого жита являє собою порожнисту соломину висотою до 1–1,5 м, в дикорослих видів – до 1,8 м і більше, та складається з 5–7 міжвузлів. Ріст стебла у озимого жита інтеркалярного типу, відбувається міжвузлями, відповідно, наймолодшою ростовою тканиною є основа міжвузля. Стебло рослин озимого жита має прямостоячу форму, опущене під вагою колоса. Стебло і листя має зелений колір, але завдяки восковому нальоту здається сизими. Вже при дозріванні колір стебла змінюється від сіро-зеленого до золотисто-жовтого на стадії дозрівання [10].

Жито – типова перехресно запильна рослина довгого світлового дня. Пилок переноситься повітрям. Сприятливою для запилення є тиха тепла погода при достатній вологості повітря. У жарку погоду при низькій вологості повітря пилок втрачає життєздатність. Неприятливою для запилення є вітряна і дощова погода [11].

До тепла жито пред'являє помірні вимоги. Насіння починаю проростати при температурі 1–2 °С, сході з'являються на поверхні ґрунту при 4–5 °С. Для нормального розвитку рослин восени сума ефективних температур від сходів до припинення осінньої вегетації повинна скласти 400–500°. Для повного циклу розвитку скоростиглих сортів потрібний 1000–1700°, середньостиглих – 1200–1800°, пізньостиглих – 1300–1900° [12].

Посівне жито відзначається добре розвинутою кореневою системою, яка проникає у ґрунт на глибину до

1,5–2 м і завдяки високій фізіологічній активності легко засвоює з ґрунту поживні речовини з важкорозчинних сполук [13].

При врожайності 4 т/га, жито залишає після себе в ґрунті 12 т/га біомаси у вигляді соломи та кореневих решток, що в сумі становить майже 100 кг азоту на гектар, рано звільняє поле, що дає можливість зменшити забур'яненість агротехнічними методами, а також залишає більше часу для розкладу коріння та рослинних решток до посіву наступної культури. Як попередник, жито озиме сприяє зменшенню витрат на обробіток ґрунту, придбання азотних добрив і засобів захисту рослин для вирощування наступної культури [14].

Намагаючись знайти «ідеальний» сорт, і пояснюється така велика їх кількість на полях нашої країни. Сьогодні виробництву потрібні сорти не тільки з високим потенціалом продуктивності, а й з стабільною урожайністю за різних умов вирощування. Тому, ведеться інтенсивний пошук нових високопродуктивних сортів жита озимого, адаптованих до конкретних умов вирощування, стресових факторів природного середовища, дія яких спостерігається все частіше і відчувається більш гостро. Залежно від напрямку використання та передбачуваного регіону вирощування сортів у процесі селекції відбирається вихідний матеріал з відповідними ознаками. З цією метою в Національному центрі генетичних ресурсів рослин України (НЦГРРУ) формуються ознакові та генетичні колекції за цінними господарськими ознаками [15].

Сучасні сорти та гібриди відрізняються високою урожайністю, стійкістю проти вилягання, хвороб і шкід-

ників. Їх перевагами є: висока зимостійкість, менша вибагливість до умов вирощування, менша чутливість до кореневої гнилі, нематод, стійкість до твердої та летючої сажок, більш висока посухостійкість. На 2019 рік у Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні, було занесено 40 сортів (гібридів, синтетиків) жита озимого (21 сорт вітчизняної селекції та 19 сортів іноземної селекції) [8].

Технологія вирощування кожної сільськогосподарської культури буде ефективною за умов гармонійного поєднання в системі ґрунтово-кліматичного потенціалу зони – рівень родючості ґрунту – попередник – сорт – строк сівби – норма висіву – збалансована система живлення та фітосанітарний стан агрофітоценозу – раціональний обробіток ґрунту й збір урожаю [16].

Для одержання високого і екологічно збалансованого врожаю зерна озимого жита надзвичайно важливе значення має певне поєднання поживного режиму з основними складовими технології його вирощування, зокрема з найбільш ефективними, менш ресурсо- і енергозатратними способами основного обробітку ґрунту.

Згідно досліджень Шевченка М.В., існує доцільність впровадження в польовій сівозміні суцільного чизельного обробітку на 33–35 см і введення у структуру посівних площ в якості фітосанітарного поліпшення полів чисті пари і посіви жита озимого [17].

Стале функціонування системи органічного землеробства не можливе без застосування агротехнологій, які б покращували показники ґрунтової родючості. Тому, необхідність впровадження ґрунтозахисних агротехнологій у органічному виробництві є незаперечною, хоча й має певні застереження щодо боротьби з бур'янами [18].

Відомо, що рівень засмічення орного шару насінням і органами вегетативного розмноження бур'янів належить до біологічних показників родючості, оскільки сегетальна рослинність здатна суттєво обмежити реалізацію високого потенціалу продуктивності культур за будь-якої системи землеробства. Найдієвішим засобом контролю за сегетальною рослинністю у посівах є обробіток ґрунту. Так, перехід на безполицеві способи обробітку призводить до збільшення забур'яненості. Тому перевага надається системам обробітку, що базуються на полицевому і різноглибинному обробітках, які передбачають періодичне обертання скиби. Це дозволяє ефективно знищувати бур'яни, що вегетують, та глибоко загортати у ґрунт їх насіння. Як наслідок, більшість сегеталів, що проростають майже з поверхні ґрунту, за глибокого приорювання потрапляють у несприятливі для цього умови. І лише на полях з високою культурою землеробства, а також після попередників, які залишають чисте поле від бур'янів (льон, картопля, горох), рекомендується застосовувати безполицевий основний обробіток [19].

Проаналізувавши більшість літературних джерел, можна дійти висновку, що найкращими попередниками для озимого жита інтенсивного типу є багаторічні трави на один укіс, озимі та кукурудза на зелений корм і силос, вико-вівсяні суміші на зелений корм і сіно, горох на зерно, озима пшениця. Добрими попередниками є ріпак, гречка, ранні сорти картоплі.

Запровадження сівозмін сприяє: росту врожайності сільськогосподарських культур і поліпшенню якості продукції; збереженню та відтворенню родючості ґрунтів, регулюванню балансу органічних речовин і мінеральних елементів живлення; нагромадженню, збереженню та раціональному використанню вологи; уникненню або послабленню явища ґрунтової; зменшенню забур'янення, обмеженню розвитку та поширенню шкідників і збудників хвороб сільськогосподарських культур; раціональному використанню всіх земельних угідь, матеріальних і трудових ресурсів та технологічних засобів упродовж вегетаційного періоду; збереженню довкілля на безпечному рівні.

Наукові принципи побудови сівозмін передбачають правильний підбір попередників та оптимальне поєднання одновидових культур із дотриманням допустимої періодичності їх повернення на одне й те ж саме поле. За такої побудови сівозміни вони, перш за все, виконують основну біологічну функцію – фітосанітарну, і дозволяють максимально зменшити обсяги застосування хімічних засобів захисту рослин [20].

Ефективним способом забезпечення збалансованого живлення рослин і усунення явища дефіциту тих чи інших мікроелементів є позакореневе листкове підживлення, передусім, у фазі інтенсивного росту і розвитку, а також за стресових ситуацій, таких як посуха, низькі температури тощо, коли листкове підживлення є практично єдиним способом забезпечення рослин необхідними поживними речовинами.

Озиме жито вимогливіше від озимої пшениці до забезпечення мікроелементами. Щоб отримати врожай 30–40 ц/га і вище, їх внесення є обов'язковим. Особливо добре жито реагує на внесення мікроелементів на ґрунтах з низьким їх вмістом. Борні добрива вносять на дерново-підзолистих, дерново-глеєвих, торфових та сірих лісових ґрунтах. На цих же ґрунтах, легких за механічним складом (супіщаних і піщаних), необхідно застосовувати мідні добрива. Якщо восени не внесено або внесено недостатньо фосфору і калію, перше підживлення рано навесні проводять нітроаммофоскою у нормі 2–4 ц/га.

Цікавими є результати дослідження Гнатюк Т. О. та Дідора В. Г., які вважають найкращим варіантом на посівах жита озимого для отримання високого врожаю – внесення гною та мінеральну систему удобрення. Відповідно даних, за три роки досліджень вирощування жита озимого найкращі результати за врожайністю отримано на варіантах застосування органічної системи (гній) та (сидерат), а також мінеральної системи та органічно-мінеральної систем [21].

Варто зазначити, що між ростом рослин і поглинанням поживних речовин протягом усього періоду вегетації і проходження культурою відповідних фенофаз існує тісний кореляційний взаємозв'язок, тому управління процесом своєчасного надходження поживних речовин в рослини впродовж вегетації та впливу різних видів добрив та препаратів на цей процес, має велике значення для рентабельності виробництва кожної культури [22].

У кожному господарстві час сівби жита необхідно уточнювати з урахуванням особливостей сорту, воло-

гості ґрунту, попередника, погодних умов. Наприклад, раніше слід висівати диплоїдні сорти, жито, яке розміщуватиметься після гірших попередників. З урахуванням конкретних умов вирощування озиме жито краще зимує при сівбі в такі строки: у західних областях України – II декада вересня; на Поліссі – I декада вересня; у Лісостепу – II декада вересня; у Степу – II–III декада вересня.

Посів в дуже ранні терміни підсилює також ураження хворобою ламкості стебел. Жито, посіяне в ранішні терміни, в значно більшій мірі вимагає застосування фунгіцидів для боротьби з хворобами, чим пізні посіви [23].

Відомо, що система захисту посівів жита від шкідників та хвороб за органічної технології ґрунтується на агротехнічних, профілактичних і біологічних методах. Так, захист посівів від бур'янів в системі органічного виробництва може проводитися агротехнічними заходами (культивування чи напівпар), а також за використання післяжнивних посівів сидератів із хрестоцвітних, що мають сильний алелопатичний вплив на сегетальну рослинність [24].

Одним із більш безпечних засобів захисту рослин з перевагами ресурсозбереження, окупності, екологічності та технологічності є впровадження у технологію вирощування сортів застосування протруйників насіння [25]. Значного недобору і втрат врожаю жита можуть спричинити хвороби, серед яких найбільш поширеними є: сажкові та іржаві хвороби, кореневі гнилі, ріжки, різні види плямистостостей, а також бактеріальні й вірусні захворювання.

Умовами, по даним вітчизняних досліджень, що мали сприяння для розвитку та поширенню септоріозу листя впродовж вегетації рослин жита озимого була температура повітря в межах 14–25 °С, наявність частого чергування днів теплих і вологих, які мали відносну вологість повітря більш ніж 80 %.

Сучасними дослідженнями доказано, що задля підвищення стійкості рослин проти вірусних хвороб та дії інших організмів, що мають шкідливу дію на рослини озимого жита ефективним буде заходом застосування разом з протруєнням чи інкрустацією обробка мікроелементами та регуляторами росту рослин.

Щодо забур'яненості посівів, цікавими видаються дослідження Будьонного В. Ю., який стверджує, що в умовах Лісостепу диференційована система основного обробітку ґрунту, яка включає варіанти полицевого та безполіцевого способів обробітку має значні переваги у зменшенні забур'яненості посівів. Алелопатична дія кореневих виділень під час росту і розвитку рослин жита озимого та застосування безполіцевого способу основного обробітку сприяє зменшенню потенційної забур'яненості ґрунту в шарі 0–10 см майже в три рази, що гарантує слабкий рівень забур'яненості посівів наступної культури та дозволяє рекомендувати впровадження біологічного методу контролювання чисельності бур'янів [26].

Жито озиме є одним із біологічних методів контролювання забур'яненості. Тож, вирощуючи озиме жито, відбувається очищення поля від бур'янів, деяких шкідників і навіть, нематод, але земля буде малоприсадо-

ною для вирощування злаків наступного року. Тобто ті культури, які виділяють у ґрунт токсичні речовини, непридатні для повторного вирощування, оскільки наступний посів буде й надалі накопичувати рівень колінів, який стане отруйним навіть для самого агресора [27, 28].

Жито озиме здійснює активну алелопатичну дію лише протягом активної вегетації. У подальшому, якщо строки збирання розтягуються, то можемо спостерігати активний ріст сегетальної рослинності, яке не впливає на врожайність основної культури. Це забезпечує біологічний метод контролювання забур'яненості в посівах жита [28].

Висновки. Таким чином, охарактеризувавши вище основні елементи технології вирощування жита озимого, стає зрозуміло, що вирощування сільськогосподарської культури буде ефективним за умов гармонійного поєднання в системі ґрунтово-кліматичного потенціалу зони, зокрема підтримання рівня родючості ґрунту, дотримання сівозміни і обрання кращих попередників, правильний вибір сорту чи гібриду, дотримання строків сівби та норми висіву, забезпечення збалансованої системи живлення та підтримання фітосанітарного стану агрофітоценозу. Поєднавши всі ці елементи, ми маємо можливість отримати як найкращі урожаї та прибутки, так і збереження ґрунтів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Костюкевич Т. К., Бортник М. В. Оцінка мінливості врожайності жита озимого в умовах Хмельницької області. *Сільськогосподарські науки*. 2018. С. 83–85.
2. Лука М. Агрокліматична оцінка тепло- і вологозабезпеченості озимого жита в районі станції Кременець Тернопільської області. Матеріали студентської наукової конференції Одеського державного екологічного університету: 23–26 квітня 2018 р. С. 17.
3. Журавель С. В. Сучасні органічні технології вирощування жита озимого в короткоротаційній сівозміні зони Полісся. *Sciences of Europe*. № 109. 2023. С. 4. DOI: 10.5281/zenodo.7560267
4. Манько К. М. Урожайність та якість зерна жита озимого залежно від елементів технології вирощування в умовах східної частини Лісостепу України: автореф. дис... канд. с.-г. наук: Харків. 2011. 20 с.
5. Жнива-2023: В Україні намолочено 33,7 млн тонн зернових та олійних культур. Міністерство аграрної політики та продовольства України. URL: <https://minagro.gov.ua/news/zhniva-2023-v-ukrayini-namolocheno-337-mln-tonn-zernovih-ta-olijnih-kultur> (дата звернення: 23.10.2023).
6. В Україні розпочалася сівба озимих культур. Міністерство аграрної політики та продовольства України. URL: <https://minagro.gov.ua/news/v-ukrayini-rozpochalasya-sivba-ozimih-kultur> (дата звернення: 23.10.2023).
7. Скарбенчук Я. Р., Наконечна К. В. Стан та перспективи розвитку ринку жита в Україні. Конкурентоспроможність аграрного сектору в умовах функціонування зони вільної торгівлі з Європейським Союзом. 2021. С. 122–124.
8. Білявська Л. Г., Білявський Ю. В. Сучасний стан насінництва жита озимого в Україні. *Вісник*

- Полтавської державної аграрної академії. № 2. 2021. С. 67–73.
9. Слюсар І. Т., Єзерковський А. В. Вирощування жита озимого за органічного виробництва на осушуваному торфо-глейовому ґрунті. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. № 89 (1) 2016. С. 37–43.
 10. Костюкевич Т. К. Оцінка продуктивності посівів озимого жита в умовах зміни клімату в Житомирській області: матеріали VII міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні питання аграрної науки», м. Умань, 2019. С. 60–63.
 11. Рябовол Я. С., Рябовол Л. О. Визначення температурного режиму для формування активної колекції вихідного селекційного матеріалу жита озимого. *Агробіологія*. № 1. 2017. С. 68–73.
 12. Максимов М. Г. Тритикале та озиме жито. *Агроогляд*. 2014. № 1. С. 9–12.
 13. Вольвач О. В., Орлик Д. В. Дослідження впливу агрометеорологічних умов на формування біомаси посіву озимого жита в Одеській області. 2018. С. 46–49.
 14. Єгоров Д. К. Теорія і практика використання ефекту гетерозису у жита озимого. Селекція і насінництво. № 108. 2015. С. 44–53.
 15. Ярош А. В. Роль генетичного різноманіття жита озимого у створенні високоадаптивних сортів та гібридів. Генетичні ресурси рослин. Посібник Українського хлібороба. науково-практичний збірник. Т. 1. 2015. С. 81–83.
 16. Кордін О. І. Озиме жито – майбутнє за гібридами. *Агроном*. 2009. № 3. С. 116–119.
 17. Шевченко М. В. Вплив способів обробітку ґрунту на забур'яненість посівів культур польової сівозміни в Лівобережному Лісостепу України. Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика : зб. тез доп. II Міжнар. Наук. Інтернет-конф., м. Тернопіль: ЗУНУ, 2020. С. 202–204.
 18. Carr P. Guest Editorial: Conservation Tillage for Organic Farming. *Agriculture*. № 7 (3). P.19. 2017. doi: 10.3390/agriculture7030019.
 19. Кравчук М. М. Забур'яненість посівів жита озимого залежно від способів обробітку ґрунту в умовах переходу до органічного землеробства. *Науковий горизонт*. № 01 (86). 2020. С. 39–45.
 20. Гнатюк Т. О., Красуцький О. М. Вплив сівозмінного фактору за різних погодних умов на продуктивність культур сівозміни. Органічне виробництво і продовольча безпека : зб. матеріалів доп. учасн. IV Міжнар. наук.-практ. конф., Житомир, 2016. С. 241–246.
 21. Gnatiuk T. O., Didora V. H. Вплив різних систем удобрення на продуктивність жита озимого у короткоротаційній сівозміні. *Науковий вісник НЛТУ України*. № 8.8. 2018. С. 37–39.
 22. Gunes A., Karagoz K., Turan M., Kotan R., Yildirim E., Cakmakci R. Fertilizer efficiency of some plant growth promoting rhizobacteria for plant growth. *Research Journal of Soil Biology*. № 7. 2015. P. 28–45. doi: 10.3923/rjsb.2015.28.45.
 23. Солодушко М. Продуктивність озимих зернових колосових культур залежно від попередників та строків сівби в зоні Степу. *Бюлетень Інституту сільськогосподарства степової зони НААН України*. № 8. 2015. С. 87–91.
 24. Nelson K. A., Smeda R. J., Smoot R. L. Spring-interseeded winter rye seeding rates influence weed control and organic soybean yield. *International Journal of Agronomy*. Vol. 2011. P. 1–7. doi: <https://doi.org/10.1155/2011/571973>.
 25. Манько К. Реакція сортів і гібридів жита на норми висіву залежно від фонів удобрення та протруювання. *Агроном*. 2012. № 4. С. 63–66.
 26. Будьонний В. Ю., Башкатова Г. М. Потенційна забур'яненість ґрунту під час вирощування жита озимого. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. Серія «Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання». 2019. Вип.2. С. 123–132.
 27. Омелюта В. П., Григорович І. В., Чабан В. С. Облік шкідників і хвороб сільськогосподарських культур / за ред. В. П. Омелюти. К.: Урожай, 1986. 286 с.
 28. Поліщук В. О. Вплив органічних технологій на продуктивність та фітосанітарний стан жита озимого зони Полісся України. *Карантин і захист рослин*. №.9–10. 2018. С. 5–8.

REFERENCES:

1. Kostyukievych, T. K., Bortnyk, M. V. (2018). Otsinka minlyvosti vrozhaivosti zhyta ozymoho v umovakh Khmelnytskoi oblasti [Evaluation of the variability of the yield of winter rye in the conditions of the Khmelnytskyi region], *Silskohospodarski nauky* [Agricultural sciences]. [in Ukrainian].
2. Luka, M. (2018). Ahroklimatychna otsinka teplo- i volohozabezpechenosti ozymoho zhyta v raioni stantsii Kremenets Ternopilskoi oblasti [Agroclimatic assessment of heat and moisture availability of winter rye in the area of Kremenets station, Ternopil region], *Materialy studentskoi naukovoï konferentsii Odeskoho derzhavnogo ekolohichnoho universytetu* [Materials of the student scientific conference of the Odessa State Ecological University]. [in Ukrainian].
3. Zhuravel, S. V. (2023). Suchasni orhanichni tekhnolohii vyroshchuvannya zhyta ozymoho v korotkorotatsiinii sivozmini zony Polissia [Modern organic technologies for growing winter rye in short-rotation crop rotation in the Polissia zone], *Sciences of Europe*. [in Ukrainian].
4. Manko, K. M. (2011). Urozhaivist ta yakist zerna zhyta ozymoho zalezchno vid elementiv tekhnolohii vyroshchuvannya v umovakh skhidnoi chastyny Lisostepu Ukrainy [Yield and grain quality of winter rye depending on the elements of cultivation technology in the conditions of the eastern part of the Forest-Steppe of Ukraine]. (Extended abstract of candidate's thesis). *Xarkiv*. [in Ukrainian].
5. Ministerstvo ahrarnoi polityky ta prodovolstva Ukrainy. (2023, September 8). Zhnyva-2023: V Ukraini namolocheno 33,7 mln tonn zernovykh ta oliinykh kultur [Harvest-2023: 33.7 million tons of grain and oil crops were threshed in Ukraine]. URL: <https://minagro.gov.ua/news/zhnyva-2023-v-ukrayini-namolocheno-337-mln-tonn-zernovih-ta-olijnih-kultur> [in Ukrainian].
6. Ministerstvo ahrarnoi polityky ta prodovolstva Ukrainy. (2023, September 5). V Ukraini rozpochalasiv sivba ozymykh kultur [Sowing of winter crops has begun in Ukraine]. URL: <https://minagro.gov.ua/news/v-ukrayini-rozpochalasiv-sivba-ozymih-kultur> [in Ukrainian].

7. Skarbenchuk, Ya. R., Nakonechna, K. V. (2021). Stan ta perspektyvy rozvytku rynku zhyta v Ukraini. Konkurentospromozhnist ahrarynoho sektoru v umovakh funktsionuvannya zony vilnoi torhivli z Yevropeiskym Soiuzom [State and prospects of development of the rye market in Ukraine. Competitiveness of the agricultural sector in the conditions of the functioning of the free trade zone with the European Union]. [in Ukrainian].
8. Biliavska, L. H., Biliavskiy, Yu. V. (2021). Suchasnyi stan nasinnytstva zhyta ozymoho v Ukraini [The current state of winter rye seed production in Ukraine], *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarynoi akademii*, 2, 67–63. [in Ukrainian].
9. Sliusar, I. T., Yezerkovskiy, A. V. (2016). Vyroshchuvannya zhyta ozymoho za orhanichnoho vyrobnytstva na osushuvanomu torfo-hleiovomu gruntі [Cultivation of winter rye under organic production on drained peat-clay soil], *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva* [Collection of scientific works of the Uman National University of Horticulture]. Uman. [in Ukrainian].
10. Kostyukievych, T. K. (2019). Otsinka produktyvnosti posiviv ozymoho zhyta v umovakh zminy klimatu v Zhytomyrskii oblasti [Assessment of the productivity of winter rye crops in the conditions of climate change in the Zhytomyr region], *Aktualni pytannia ahrarynoi nauky*, materialy VII mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii [Actual issues of agrarian science, materials of the VII international scientific and practical conference]. Uman, [in Ukrainian].
11. Riabovol, Ya. S., Riabovol, L. O. (2017). Vyznachennia temperaturnoho rezhymu dlia formuvannya aktyvnoi kolektsii vykhidnoho selektsiynoho materialu zhyta ozymoho [Determination of the temperature regime for the formation of an active collection of the initial breeding material of winter rye], *Ahrobiolohiia* [Agrobiology]. [in Ukrainian].
12. Maksymov, M. H. (2014). Trytykale ta ozyme zhyto [Triticale and winter rye], *Ahroohliad* [Agrooglyad]. [in Ukrainian].
13. Volvach, O. V., Orlyk, D. V. (2018). Doslidzhennia vplyvu ahrometeorolohichnykh umov na formuvannya biomasy posivu ozymoho zhyta v Odeskii oblasti [Study of the influence of agrometeorological conditions on the formation of biomass of winter rye sowing in Odesa region]. [in Ukrainian].
14. Iehorov, D. K. (2015). Teoriia i praktyka vykorystannya efektu heterozyosu u zhyta ozymoho [Theory and practice of using the effect of heterosis in winter rye], *Selektsiia i nasinnytstvo* [Breeding and seed production]. [in Ukrainian].
15. Yarosh, A. V. (2015). Rol henetychnoho riznomanittia zhyta ozymoho u stvorenni vysokoadaptyvnykh sortiv ta hibrydiv [The role of genetic diversity of winter rye in the creation of highly adaptive varieties and hybrids], *Henetychni resursy roslyn*. Posibnyk Ukrainskoho khliboroba. nauково-praktychnyi zbirnyk [Genetic resources of plants. Handbook of the Ukrainian farmer]. [in Ukrainian].
16. Kordin, O. I. (2009). Ozyme zhyto – maibutnie za hibrydamy [Winter rye is the future of hybrids], *Ahronom* [Agronomist]. [in Ukrainian].
17. Shevchenko, M. V. (2020). Vplyv sposobiv obrobittu gruntu na zaburianenist posiviv kultur polovoї sivozminy v Livoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [The influence of tillage methods on weediness of crops of field crop rotation in the Left Bank Forest Steppe of Ukraine], *Suchasnyi stan nauky v silskomu hospodarstvi ta pryrodokorystuvanni: teoriia i praktyka* : zb. tez dop. [The modern state of science in agriculture and nature management: theory and practice]. Ternopil. [in Ukrainian].
18. Carr, P. (2017). Guest Editorial: Conservation Tillage for Organic Farming. *Agriculture*. doi: 10.3390/agriculture7030019.
19. Kravchuk, M. M. (2020). Zaburianenist posiviv zhyta ozymoho zalezno vid sposobiv obrobittu gruntu v umovakh perekhodu do orhanichnoho zemlerobstva [The pollution of winter rye crops depending on the methods of soil cultivation in the conditions of the transition to organic farming], *Naukovi horyzonty* [Scientific horizons]. [in Ukrainian].
20. Hnatiuk, T. O., Krasutskiy, O. M. (2016). Vplyv sivozminnoho faktoru za riznykh pohodnykh umov na produktyvnist kultur sivozminy [The influence of the crop rotation factor under different weather conditions on the productivity of crop rotation crops], *Orhanichne vyrobnytstvo i prodovolcha bezpeka* : zb. materialiv dop. uchasn. IV Mizhnar. nauk.-prakt. konf [Organic production and food safety: coll. additional materials participation IV International science and practice conference]. Zhytomyr. [in Ukrainian].
21. Gnatiuk, T. O., Didora, V. H. (2018). Vplyv riznykh system udobrennia na produktyvnist zhyta ozymoho u korotkorotatsiynii sivozmini [The influence of different fertilization systems on the productivity of winter rye in short-rotation crop rotation], *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy* [Scientific bulletin of NLTU of Ukraine]. [in Ukrainian].
22. Gunes, A., Karagoz, K., Turan, M., Kotan, R., Yildirim, E., & Cakmakci, R. (2015). Fertilizer efficiency of some plant growth promoting rhizobacteria for plant growth. *Research Journal of Soil Biology*. doi: 10.3923/rjsb.2015.28.45.
23. Solodushko, M. (2015). Produktyvnist ozymykh zernovykh kolosovykh kultur zalezno vid poperednykiv ta strokiv sivby v zoni Stepu [Productivity of winter grain ear crops depending on predecessors and sowing dates in the Steppe zone], *Biuletyn Instytutu silskoho hospodarstva stepovoї zony NAAN Ukrainy* [Bulletin of the Institute of Agriculture of the Steppe Zone of the National Academy of Sciences of Ukraine]. [in Ukrainian].
24. Nelson, K. A., Smeda, R. J., Smoot, R. L. (2011). Spring-interseeded winter rye seeding rates influence weed control and organic soybean yield. *International Journal of Agronomy*. doi: https://doi.org/10.1155/2011/571973.
25. Manko, K. (2012). Reaktsiia sortiv i hibrydiv zhyta na normy vysivu zalezno vid foniv udobrennia ta protruiuvannya [The reaction of rye varieties and hybrids to sowing rates depending on the background of fertilization and fertilization], *Ahronom* [Agronomist]. [in Ukrainian].
26. Budonnyi, V. Yu., Bashkatova, H. M. (2019). Potentsiina zabur'yanenist gruntu pid chas vyroshchuvannya zhyta ozymoho [Potential weediness of the soil during the cultivation of winter rye], *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarynoho universytetu*. Seriya «Roslynnytstvo, selektsiia i nasinnytstvo, plodoovochivnytstvo i zberhannia» [Bulletin of Kharkiv National Agrarian University].

- Series "Plant production, selection and seed production, fruit growing and storage]. Kharkiv. [in Ukrainian].
27. Omeliuta, V. P., Hryhorovych I. V., & Chaban V. S. (1986). Oblik shkidnykiv i khvorob silskohospodarskykh kultur [Registration of pests and diseases of agricultural crops], za red. V. P. Omeliuty. K. : Urozhai. [in Ukrainian].
28. Polishchuk, V. O. (2018). Vplyv orhanichnykh tekhnologiy na produktyvnist ta fitosanitarnyi stan zhyta ozymoho zony Polissia Ukrainy [The impact of organic technologies on the productivity and phytosanitary status of winter rye in the Polissia zone of Ukraine], *Karantyn i zakhyst roslyn* [Quarantine and plant protection]. [in Ukrainian].

Боровик С.О. Наукові основи технології вирощування жита озимого

Мета. Проаналізувати літературні джерела вітчизняних та зарубіжних науковців, щодо впливу технології вирощування на урожайність жита озимого та провести огляд перспективних ідей щодо підвищення урожайності даної культури.

Методи. Синтез, аналіз, порівняльний метод.

Результати. В статті наведено результати аналізу даних літературних джерел щодо особливостей вирощування жита озимого. З'ясовано, що жито є цінною культурою та має значний потенціал розвитку в Україні, особливо в районах, де обмежений обробіток озимої пшениці через ґрунтово-кліматичні умови, що дозволяє віднести цю сільськогосподарську культуру до групи культур найменшого ризику при її вирощуванні. Основні посівні площі під житом зайняті диплоїдними сортами й гібридами, та на незначних площах вирощують тетраплоїдне жито.

Встановлено, що сучасні сорти та гібриди характеризуються високою урожайністю, стійкістю проти вилягання, хвороб та шкідників. Максимальне розкриття потенціалу жита озимого відбувається за умов дотримання всіх елементів технології вирощування даної культури. За рахунок інтенсифікації землеробства та використання високопродуктивних сортів можна підвищити врожайність на 1 т/га і більше. Крім підвищення урожайності, сучасні сорти та гібриди також підвищують якісні показники вирощеної продукції: вміст білка та вуглеводів у зерні.

Висновки. Ефективне вирощування жита озимого можливе за умов гармонійного поєднання в системі ґрунтово-кліматичного потенціалу зони таких елементів, як:

підтримання рівня родючості ґрунту, дотримання сівозміни і обрання кращих попередників, правильний вибір сорту чи гібриду, дотримання строків сівби та норми висіву, забезпечення збалансованої системи живлення та підтримання фітосанітарного стану агрофітоценозу.

Ключові слова: сівозміна, родючість ґрунту, сівба, система живлення, захист посіву, збирання врожаю.

Borovyk S.O. Scientific basis of winter rye cultivation technology

Goal. To analyze the literary sources of domestic and foreign scientists regarding the influence of cultivation technology on the yield of winter rye and to conduct an overview of promising ideas for increasing the yield of this crop.

Methods. Synthesis, analysis, comparative method.

Results. The article presents the results of the analysis of data from literary sources regarding the peculiarities of winter rye cultivation. It is found that rye is a valuable crop and has a significant potential for development in Ukraine, especially in areas where the cultivation of winter wheat is limited due to soil and climatic conditions, which allows this agricultural crop to be classified as one of the crops with the lowest risk in its cultivation. Main rye planting areas are occupied by diploid varieties and hybrids, while tetraploid rye is cultivated on minor acreage.

It has been established that modern varieties and hybrids are characterized by high yield potential, resistance to lodging, diseases and pests. The maximum disclosure of the potential of winter rye occurs under the conditions of compliance with all elements of the technology of cultivation this crop. Due to the intensification of agriculture and the use of high-yielding varieties, it is possible to increase the yield by 1 ton per hectare or more. In addition to increased yields, modern varieties and hybrids also increase the quality indicators of the grown products: the content of protein and carbohydrates in grain.

Conclusions. Effective cultivation of winter rye is possible under the conditions of a harmonious combination in the system of the soil and climatic potential of the zone such elements as: maintaining the level of soil fertility, observing crop rotation and choosing the best predecessors, the correct choice of variety or hybrid, observing the sowing dates and sowing norms, ensuring a balanced nutrition system and maintaining the phytosanitary state of agrophytocenosis.

Key words: crop rotation, soil fertility, sowing, nutrition system, crop protection, harvesting.

ФОРМУВАННЯ БІОМЕТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОСЛИН ТА ВРОЖАЙНОСТІ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ПОЗАКОРЕНЕВИХ ПІДЖИВЛЕНЬ В УМОВАХ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

ІЩЕНКО В.А. – доктор сільськогосподарських наук,
заступник директора з наукової роботи
orcid.org/0000-0002-7640-5659

Інститут сільського господарства Степу Національної академії аграрних наук України
КОЗЕЛЕЦЬ Г.М. – кандидат сільськогосподарських наук, завідувач лабораторії
orcid.org/0000-0001-7765-9506

Інститут сільського господарства Степу Національної академії аграрних наук України
ГУБАРЄВ О.Д. – аспірант
orcid.org/0009-0002-7243-8688

Державна установа Інститут зернових культур
Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. У формуванні продуктивності с.-г. культур важливе значення відіграють кліматичні умови [1]. Варіювання виробництва зерна ячменю в Степу за роками пов'язано із нестійким і недостатнім зволоженням та високими температурами в період вегетації [2].

Урожайність ячменю ярого за останні десятиріччя зросла за рахунок впровадження нових сортів [3], потенціал продуктивності яких 8,0–9,0 т/га [4]. При дотриманні технології вирощування в умовах Степу можна стабільно отримувати врожай 3,0–4,0 т/га, а в роки із задовільним вологозабезпеченням – 5,0–6,0 т/га [5]. При цьому, потенціал сортів у виробництві використовується лише на 40–50% [6], а в окремі роки знижується до 25–30 %. Збільшення продуктивності ячменю можливе за рахунок підвищення адаптивного потенціалу посівів при впровадженні відповідних технологій вирощування [7].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В інтенсивних технологіях одним із факторів підвищення врожайності та якості сільськогосподарської продукції є використання макро- і мікродобрив [8–12].

Важливим агротехнічним заходом забезпечення рослин макро- і мікроелементами впродовж вегетації є саме позакореневі підживлення [13]. Використання елементів живлення через листки є значно ефективнішим порівняно з їх засвоєнням із внесених у ґрунт [2]. Позакореневі підживлення посівів ячменю ярого є ефективним прийомом підвищення врожайності, оскільки стимулюють процеси росту на початкових стадіях органогенезу та створюють сприятливі умови для формування елементів індивідуальної продуктивності рослин [14].

В умовах нестійкого зволоження Степу збільшити врожайність ячменю можливо за рахунок впровадження нових сортів та елементів інтенсифікації технологій вирощування. Одним із пріоритетних напрямів вирішення питання нестачі чи недоступності макро- та мікроелементів із ґрунту є оптимізація живлення ячменю шляхом позакореневого підживлення рослин в критичні фази росту і розвитку рослин.

Мета статті – провести аналіз та порівняння урожайності та елементів індивідуальної продуктивності під впливом позакореневих підживлень макро- та мікро-

добривами при вирощуванні ячменю ярого в умовах Північного Степу.

Матеріал і методи досліджень. Дослідження з вивчення впливу позакореневих підживлень макро- та мікродобривами на формування врожаю ячменю проводили в Інституті сільського господарства Степу НААН. Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем звичайний середньогумусний глибокий важкосуглинковий. Вміст гумусу в орному шарі ґрунту становить 3,97 %, азоту, що гідролізується – 10,8 мг на 100 г ґрунту, рухомого фосфору та калію – 6,9 та 14,4 мг на 100 г ґрунту відповідно, рН – 5,9. Вміст бору становить 1,57 мг; марганцю – 9,8 та цинку – 0,64 мг на 100 г ґрунту. За вмістом азоту ґрунту, на яких проводили дослідження відносять до II класу (низький), фосфору – III класу (середня); калієм – V класу (висока забезпеченість). Технологія вирощування ячменю ярого крім питань, які поставлені на вивчення, загальноприйнята для зони. Мінеральні добрива вносили локально при сівбі $N_{10}P_{10}K_{10}$. Площа облікової ділянки становила 20 м², повторність у дослідках – триразова. Для обґрунтування умов формування урожайності та показників якості зерна ячменю ярого проводили обліки, спостереження, лабораторні дослідження відповідно до діючих національних стандартів та існуючих загальноприйнятих методик.

Результати досліджень. Погодні умови – один з найважливіших факторів формування продуктивності сільськогосподарських культур, які щорічно змінюються порівняно до багаторічних показників як в бік покращення, так і погіршення умов вегетації рослин, від чого, в значній мірі, залежить рівень їх урожайності. На ріст і формування продуктивності рослин зернових колосових культур впливає цілий комплекс факторів – погодні умови впродовж вегетації та рівень забезпечення продуктивною вологою. Характерною особливістю погодних умов останніх років є зростання нерівномірності розподілу кількості опадів за місяцями, тенденція до збільшення їх екстремального характеру у вигляді злив. У період активної вегетації рослин ячменю ярого зростає також частота посух, що створює несприятливі умови для росту рослин та формування врожаю. Показники середньомісячної температури повітря і суми

опадів за квітень – липень, є основними складовими теплового та водного балансів при вирощуванні ячменю ярого. Погодні умови вегетаційного періоду ячменю ярого в 2020–2022 рр. були контрастними і по різному впливали на формування стеблостою на ранніх етапах органогенезу, елементи індивідуальної продуктивності рослин і кінцеву врожайність. У 2020 р. в квітні ГТК був 0,27, травні 2,00, в червні 0,28 та липні – 0,52 відповідно, а за період вегетації – 0,73, тобто загалом зволоження було недостатнім для розвитку рослин, особливо на ранніх етапах органогенезу та в період формування і наливу зерна. Погодні умови вегетаційного періоду ячменю ярого у 2021 р. були сприятливими для росту і розвитку рослин і ГТК у квітні становив 0,88, травні 1,68, в червні 1,68 та липні – 0,96 відповідно, а за період вегетації – 1,45. У 2022 р. в квітні ГТК був 1,74, травні 1,04, в червні 0,76 та липні – 0,22 відповідно, тобто зволоження було сприятливим для розвитку рослин та в період формування зерна і не незадовільним під час наливу і дозрівання.

Важливе питання у формування високопродуктивних посівів є визначення можливості максимального накопичення рослинами органічної речовини в процесі фотосинтезу. Важливим є створення таких умов для росту і розвитку рослин, за яких листовий апарат міг би функціонувати з найвищою продуктивністю.

Застосування позакоренових підживлень макро- та мікродобривами позитивно впливало на площу листової поверхні рослин ячменю ярого, при сівбі після різних попередників. В середньому за 2020–2022 рр. більшою площею листової поверхні у фазу колосіння характеризувались рослини ячменю ярого після попередника соя – 40,1 тис. м²/га, а після пшениці озимої, соняшнику та кукурудзи на зерно вона становила 37,4; 38,2 та 37,9 тис. м²/га, або була меншою на 2,7; 1,9 та 2,2 тис. м²/га (табл. 1).

Ячмінь ярий суттєво реагував на внесення макро- та мікродобрив при застосуванні позакоренових підживлень, як при сівбі після кращих, так і гірших попередників. Застосування позакоренових підживлень сприяло поступовому підвищенню площі листової поверхні рос-

лин за фазами розвитку і на час колосіння при сівбі після сої вона була більшою на 1,8–4,3 тис. м²/га (4,7–11,4 %); після пшениці озимої – 0,9–3,1 тис. м²/га (2,5–8,6 %); після соняшнику – 1,0–3,6 тис. м²/га (2,9–10,1 %); після кукурудзи на зерно – 1,4–3,8 тис. м²/га (4,0–10,6 %) відповідно. В середньому за 2020–2022 рр. найбільше значення фотосинтезуючої поверхні ячменю ярого після попередника соя 41,9 тис. м²/га встановлено у варіанті внесення добрив Карбамід (10 кг/га) + Сульфат магнію (2 кг/га); після пшениці озимої та кукурудзи на зерно – 38,7 і 39,2 тис. м²/га, Карбамід (10 кг/га) + Сульфат магнію (2 кг/га) + Авангард Р зернові (2 л/га); після соняшнику – 39,7 тис. м²/га, Карбамід (5 кг/га) + Сульфат магнію (2 кг/га) + Авангард Р зернові (2 л/га).

У формуванні врожайності ячменю ярого значну роль відіграє продуктивне кушення, при цьому важливим є те, щоб бічні стебла були синхронно розвинені з головним. Дослідженнями виявлено, що кількість продуктивних стебел на час збирання ячменю ярого залежала від попередників і в середньому за 2020–2022 рр. після сої вона становила 578 шт./м², а за сівбі після пшениці озимої вона була меншою на 142 шт./м² (24,6 %), соняшнику – 91 шт./м² (15,8 %), кукурудзи на зерно – на 144 шт./м² (24,9 %). За рахунок застосування позакоренових підживлень макро- та мікродобривами можливо створити належні умови для збереження та формування більшої кількості стебел порівняно з контролем (418 шт./м²) на 47–101 шт./м² або 11,3–24,1 % (рис. 1). Кількість продуктивних стебел перед збиранням на одиниці площі відповідала біологічним особливостям сорту і знаходилась у прямій залежності від кількості опадів та родючості ґрунту. в середньому за 2020–2022 рр. досліджень, використання позакоренових підживлень макро- і мікродобривами сприяло покращенню умов живлення рослин, що позитивно вплинуло на кількості продуктивних стебел і після попередника соя вона була більшою на 21–130 шт./м² (4,1–25,2 %), пшениці озимої – на 34–102 шт./м² (9,1–27,5 %), соняшнику – на 37–128 шт./м² (9,1–31,6 %) та кукурудзи зерно – на 50–80 шт./м² (13,2–21,1 %). На контролі даний показник становив 515, 373, 406 та 377 шт./м² відповідно.

Таблиця 1

Площа фотосинтетичної поверхні рослин ячменю ярого залежно від умов вирощування (2020–2022), тис. м²/га

Позакоренові підживлення	Попередник			
	Соя	Пшениця озима	Соняшник	Кукурудза на зерно
Контроль	37,6	35,6	36,1	35,4
Карбамід (5 кг/га)	39,5	36,5	37,1	36,8
Карбамід (10 кг/га)	39,9	37,1	37,9	37,9
Сульфат магнію (2 кг/га)	39,7	37,2	38,3	38,1
Авангард Р зернові (2 л/га)	39,4	37,1	37,9	38,4
Карбамід (5 кг/га) + Сульфат магнію (2 кг/га)	40,4	38,5	37,7	39,1
Карбамід (10 кг/га) + Сульфат магнію (2 кг/га)	41,9	38,2	39,6	38,2
Карбамід (5 кг/га) + Сульфат магнію (2 кг/га) + Авангард Р зернові (2 л/га)	41,0	37,6	39,7	37,9
Карбамід (10 кг/га) + Сульфат магнію (2 кг/га) + Авангард Р зернові (2 л/га)	41,5	38,7	39,5	39,2

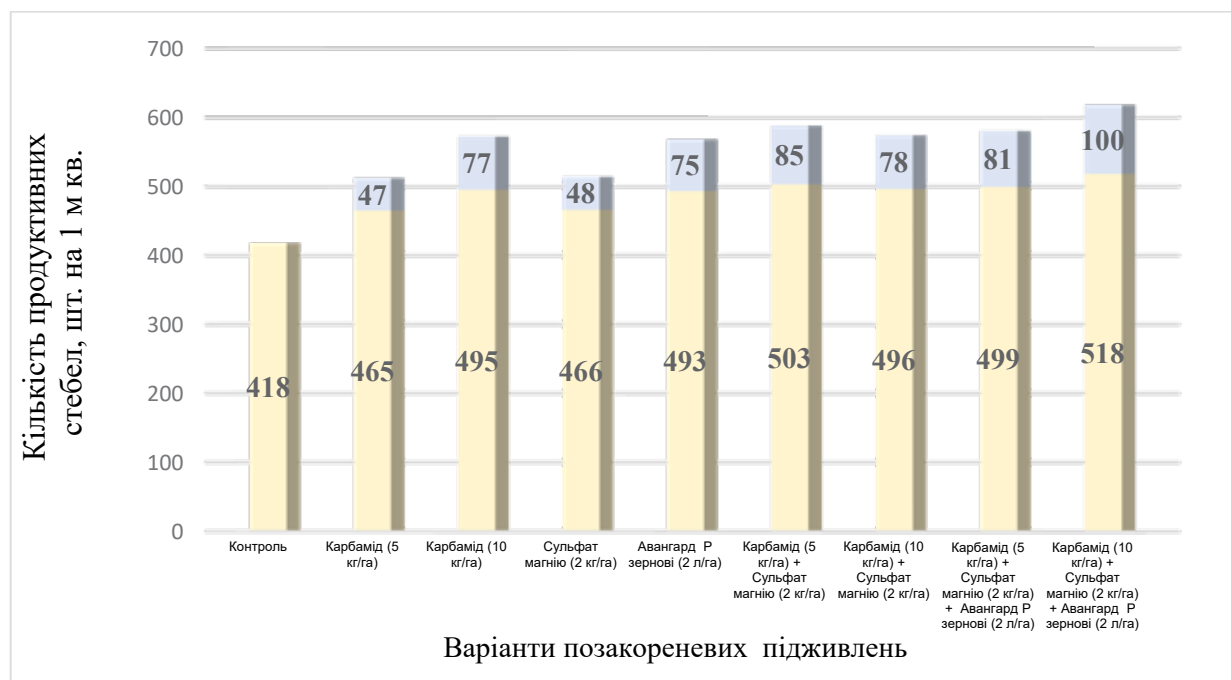


Рис. 1. Вплив позакоренових підживлень макро- та мікродобривами на формування густоти продуктивного стеблості (2020–2022), шт./м²

Варіювання кількості продуктивних стебел при сівбі після сої в роки досліджень становило $V=4,9\text{--}13,5$; після пшениці озимої – $V=5,3\text{--}13,1$; після кукурудзи на зерно – $V=7,4\text{--}16,1$; після соняшнику – $V=7,4\text{--}10,7$.

Важливим завданням технології вирощування ячменю ярого є підвищення адаптивного потенціалу новостворених сортів. Урожайність культури досить тісно пов'язана з відповідними агрокліматичними умовами вирощування. Одним із резервів підвищення врожайності та стійкості ячменю ярого до несприятливих чинників довкілля було використання макро- та мікродобрив для позакоренових підживлень у фазі кушіння, коли закладались елементи продуктивності колоса та рослин. В середньому за варіантами дослідження урожайність ячменю ярого на фоні без підживлень становила 3,65 т/га, а за їх використання приріст склав 0,25–0,46 т/га або 6,9–12,5 % (рис. 2).

При вирощуванні ячменю ярого варіювання рівня вологозабезпечення посівів та температурний режим – один з найважливіших факторів формування продуктивності культури, оскільки вони значною мірою впливали на проходження процесів росту і розвитку рослин в онтогенезі. Після попередника соя на контролі врожайність ячменю ярого була на рівні 4,77 т/га. Застосування позакоренових підживлень рослин у фазі кушіння сприяло підвищенню врожайності на 0,22–0,58 т/га (4,6–12,1 %). При сівбі ячменю ярого після пшениці озимої приріст врожаю від використання позакоренових підживлень становив від 0,24 т/га до 0,44 т/га (7,9–14,2 %), за показника контролю 3,09 т/га. Після соняшнику на контролі врожайність була 3,66 т/га, тоді як застосування макро- та мікродобрив забезпечили її підвищення на 0,24–0,68 т/га (6,6–18,7 %). Після кукурудзи на зерно ячмінь ярий формував врожай на рівні

3,09 т/га. Застосування позакоренових підживлень рослин Карбамідом 5 кг/га та 10 кг/га, а також Сульфатом магнію (2 кг/га) та їх поєднання у фазі кушіння сприяло підвищенню врожайності на 0,22–0,46 т/га або 7,1–15,0 % (табл. 2).

При вирощуванні ячменю ярого після попередника соя вищу урожайність 5,35 т/га отримали у варіанті застосування Карбамід (10 кг/га) + Сульфат магнію (2 кг/га), після пшениці озимої – 3,53 т/га при внесенні Авангард Р зернові (2 л/га), соняшнику – 4,34 т/га, Карбамід (5 кг/га) + Сульфат магнію (2 кг/га) + Авангард Р зернові (2 л/га); кукурудзи на зерно – 3,55 т/га у варіанті Сульфат магнію (2 кг/га).

Висновки. В умовах нестійкого зволоження Північного Степу застосування позакоренових підживлень макро- та мікродобривами сприяло покращенню умов живлення рослин, що позитивно вплинуло на площу листової поверхні та густоту продуктивного стеблості рослин ячменю ярого. Ефективність позакоренових підживлень залежала від форми добрив та потреби в макро- та мікроелементах при сівбі після різних попередників. Розмах варіювання R (max-min) урожайності ячменю по варіантах підживлень при сівбі після сої склав 0,46–1,09 т/га за коефіцієнта варіації $V = 3,2\text{--}6,3$ %, після пшениці озимої – 0,44–0,96 т/га і 4,9–10,3 %, після соняшнику – 0,54–1,03 т/га і 3,9–9,0 % та кукурудзи на зерно – 0,40–0,68 т/га і 3,6–9,0 %. Вищу урожайність 5,35 т/га після сої отримали у варіанті підживлення Карбамід (10 кг/га) + Сульфат магнію (2 кг/га), після пшениці озимої – 3,53 т/га при внесенні Авангард Р зернові (2 л/га), соняшнику – 4,34 т/га, Карбамід (5 кг/га) + Сульфат магнію (2 кг/га) + Авангард Р зернові (2 л/га); кукурудзи на зерно – 3,55 т/га у варіанті Сульфат магнію (2 кг/га).

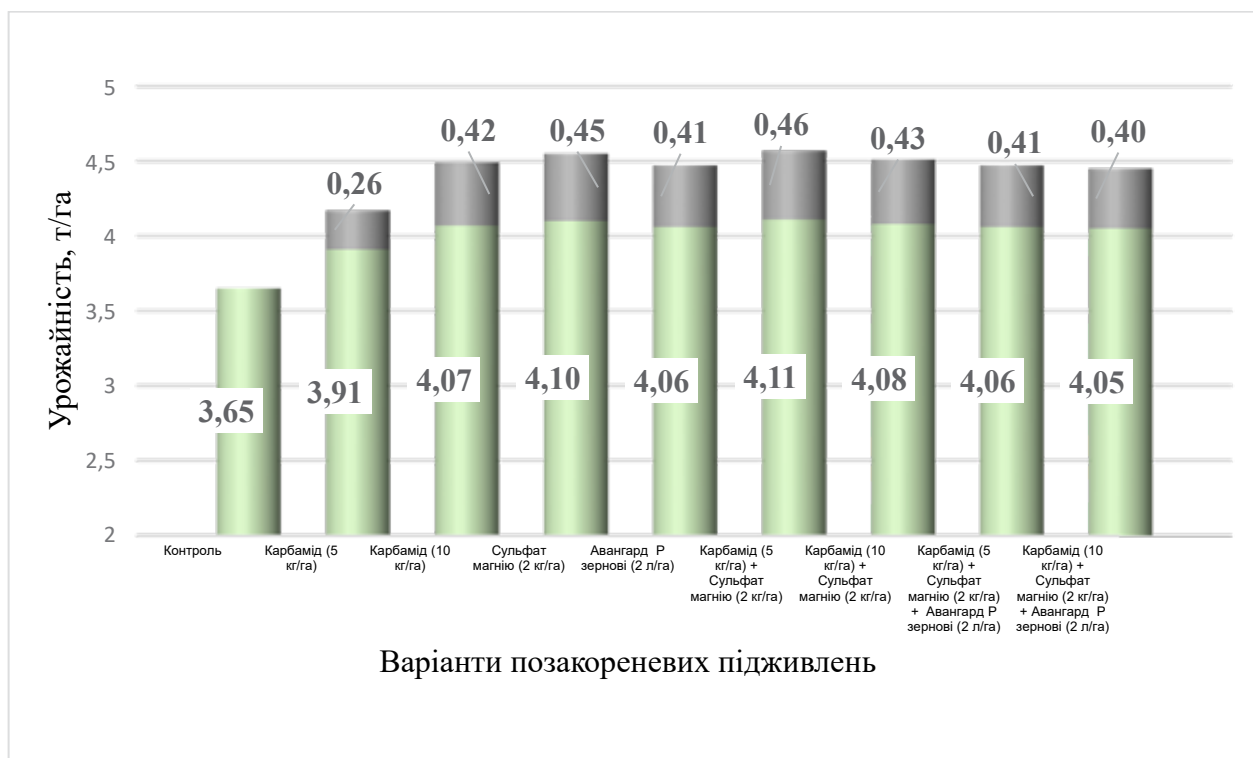


Рис. 2. Значення позакореневих підживлень у формуванні продуктивності посівів ячменю ярого (2020–2022), т/га

Таблиця 2

Вплив позакореневих підживлень та попередників на урожайність ячменю ярого (2020–2022), т/га

Позакореневі підживлення (фактор В)	Попередник (фактор А)			
	Соя	Пшениця озима	Соняшник	Кукурудза на зерно
Контроль	4,77	3,09	3,66	3,09
Карбамід (5 кг/га)	4,99	3,34	3,90	3,40
Карбамід (10 кг/га)	5,27	3,47	4,09	3,46
Сульфат магнію (2 кг/га)	5,12	3,49	4,21	3,55
Авангард Р зернові (2 л/га)	5,10	3,53	4,30	3,30
Карбамід (5 кг/га) + Сульфат магнію (2 кг/га)	5,21	3,46	4,31	3,46
Карбамід (10 кг/га) + Сульфат магнію (2 кг/га)	5,35	3,33	4,30	3,35
Карбамід (5 кг/га) + Сульфат магнію (2 кг/га) + Авангард Р зернові (2 л/га)	5,19	3,41	4,34	3,31
Карбамід (10 кг/га) + Сульфат магнію (2 кг/га) + Авангард Р зернові (2 л/га)	5,27	3,39	4,13	3,42
НІР ₀₅ (2020 р.) фактору А= 0,10; фактору В=0,16; фактору АВ=0,31				
НІР ₀₅ (2021 р.) фактору А= 0,11; фактору В=0,17; фактору АВ=0,34				
НІР ₀₅ (2022 р.) фактору А= 0,13; фактору В=0,20; фактору АВ=0,40				

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Nelson G. C., Valin H., Sands R. D., Havlik P., Ahammad H., Deryng D., Elliott J., Fujimori S., Hasegawa T., Heyhoe E. Climate change effects on agriculture: *Economic responses to biophysical shocks*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 2014. № 111. P. 3274–3279.
- Касаткіна Т. О., Гамаюнова В. В. Перспективи та особливості вирощування ячменю ярого на Півдні України. *Наукові горизонти*. 2018. № 7–8 (70). С. 131–138.
- Ahlemeyer J., Friedt W. Winter weizener trägein Deutsch land Stabil Auf Hohem Niveau – Welchen Einfluss Hat Der Züchtung sfortschritt; DLG Agro Food Medien GmbH: Bonn, Germany. 2012. P. 38–41.
- Козелець Г. М., Іщенко В. А., Гирка А. Д., Лукомська А. В. Науково-практичні рекомендації

- виращування ячменю ярого в умовах нестійкого зволоження Північного Степу. Кропивницький: Ін-т сіл. госп-ва Степу НААН, 2020. 48 с.
- Расевич В. В., Шагурська Н. В. Продуктивність та економічна ефективність вирощування ярого ячменю в умовах центрального Лісостепу за різних обробітків ґрунту. *Землеробство*. 2019. Вип. 2 (97). С. 15–22.
 - Гирка А. Д., Гирка Т. В., Кулик І. О., Андрейченко О. Г. Сортова реакція рослин ячменю ярого на зміну погодних умов. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2012. Випуск 12. С. 34–40.
 - Гірко В. С., Гірко О. В. Агроєкологічні принципи формування інтенсивних агроценозів сільськогосподарських культур у різних кліматичних зонах України. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2006. № 3. С. 55–63.
 - Canellas, L. P., Olivares, F. L., Aguiar, N. O., Jones, D. L., Nebbioso, A., Mazzei, P. & Piccolo, A. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*. 2015. № 196. P. 15–27. doi:10.1016/j.scienta.2015.09.013.
 - Aguiar, N. O., Medici, L. O., Olivares, F. L., Dobbs, L. B., Torre-Netto, A., Silva, S. F., Novotny, E. H. & Canellas, L. P. Metabolic profile and antioxidant responses during drought stress recovery in sugarcane treated with humic acids and endophytic diazotrophic bacteria. *Annals of Applied Biology*. 2016. № 168(2). P. 203–213. doi: 10.1111/aab.12256.
 - Naujokienė, V., Šarauskis, E., Lekavičienė, K., Adamavičienė, A., Buragienė, S. & Kriaučiūnienė, Z. The influence of bio preparations on the reduction of energy consumption and CO₂ emissions in shallow and deep soil tillage. *Science of the Total Environment*. 2018. № 626. P. 1403–1413. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.01.190.
 - Tripathi, D. K., Singh, S., Swati, S., Sanjay, M., Chauhan, D. K. & Dubey, N. K. Micronutrients and their diverse role in agricultural crops: advances and future prospective. *Acta Physiologiae Plantarum*. 2015. № 37 (7). P. 1–14. doi: 10.1007/s11738-015-1870-3.
 - Noreen, S., Fatima, Z., Ahmad, S., Athar, H.-U.-R. & Ashraf, M. Foliar application of micronutrients in mitigating abiotic stress in crop plants (Book Chapter). *Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance*. 2018. P. 95–117. doi: 10.1007/978-981-10-9044-8_3.
 - Hyrka, A. D., Tkach, I. D., Sydorenko, Yu. Ya., Bochevar, O. V., Iliencko, O. V., & Mamiedova, E. I. The spring barley yield and grain quality formation in dependence of growth regulators and fertilizers use. *Grain Crops*. 2017. 1(1). С. 59–65.
 - Berg H. Ефективність проведення позакореневого підживлення ячменю ярого новим видом добрива за різних рівнів мінерального живлення в умовах Західного Лісостепу. *Вісник Львівського національного аграрного університету*. 2020. № 24. С. 190–192.
 - menyu yaroho na Pivdni Ukrayiny [Prospects and features of growing spring barley in the South of Ukraine]. *Naukovi horyzonty – Scientific horizons*, 7–8 (70), 131–138 [in Ukrainian].
 - Ahlemeyer, J., & Friedt, W. (2012). Winter weizener trägein Deutsch land Stabil Auf Hohem Niveau – Welchen Einfluss Hat Der Züchtung sfortschritt; DLG Agro Food Medien GmbH: Bonn, Germany. P. 38–41
 - Kozelets, H.M., Ishchenko, V.A., Hyrka, A.D., & Lukomska, A.V. (2020). *Naukovo-praktychni rekomendatsiyi vyroshchuvannya yachmenyu yaroho v umovakh nestiykoho zvolozhennya Pivnichnoho Stepu [Scientific and practical recommendations for growing spring barley in conditions of unstable moisture in the Northern Steppe]*. Kropyvnytsky: In-t sil. hosp-va Stepu NAAN, 48 [in Ukrainian].
 - Rasevych, V.V., & Shahurska, N.V. (2019). Produktivnist ta ekonomichna efektyvnist vyroshchuvannya yaroho yachmenyu v umovakh tsentralnoho Lisostepu za riznykh obrobityv ґрунту [Productivity and economic efficiency of growing spring barley in the conditions of the central forest-steppe under different soil treatments]. *Zemlerobstvo – Agriculture*, 2 (97), 15–22 [in Ukrainian].
 - Hyrka, A.D., Hyrka, T.V., Kulyk, I.O., & Andreychenko, O.H. (2012). Sortova reaktsiya roslin yachmenyu yaroho na zminu pohodnykh umov [Varietal response of spring barley plants to changes in weather conditions]. *Visnyk TSNZ APV Kharkivskoyi oblasti – Bulletin of the Center for APV of the Kharkiv region*, 12, 34–40 [in Ukrainian].
 - Hirko, B.C., & Hirko, O.V. (2006). Ahroekolohichni pryntsyipy formuvannya intensyvykh ahrotsenoziv silskohospodarskykh kultur u riznykh klimatychnykh zonakh Ukrayiny [Agroecological principles of the formation of intensive agrocenoses of agricultural crops in different climatic zones of Ukraine]. *Sortovyvchennya ta okhrona prav na sorty Roslyn – Varietal research and protection of rights to plant varieties*, 3, 55–63 [in Ukrainian].
 - Canellas, L.P., Olivares, F.L., Aguiar, N.O., Jones, D.L., Nebbioso, A., Mazzei, P., & Piccolo, A. (2015). Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 15–27. doi:10.1016/j.scienta.2015.09.013
 - Aguiar, N.O., Medici, L.O., Olivares, F.L., Dobbs, L.B., Torre-Netto, A., Silva, S.F., Novotny, E.H., & Canellas, L.P. (2016). Metabolic profile and antioxidant responses during drought stress recovery in sugarcane treated with humic acids and endophytic diazotrophic bacteria. *Annals of Applied Biology*, 168(2), 203–213. doi: 10.1111/aab.12256
 - Naujokienė, V., Šarauskis, E., Lekavičienė, K., Adamavičienė, A., Buragienė, S., & Kriaučiūnienė, Z. (2018). The influence of bio preparations on the reduction of energy consumption and CO₂ emissions in shallow and deep soil tillage. *Science of the Total Environment*, 626, 1403–1413. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.01.190
 - Tripathi, D.K., Singh, S., Swati, S., Sanjay, M., Chauhan, D.K., & Dubey, N.K. (2015). Micronutrients and their diverse role in agricultural crops: advances and future prospective. *Acta Physiologiae Plantarum*, 37 (7), 1–14. doi: 10.1007/s11738-015-1870-3
 - Noreen, S., Fatima, Z., Ahmad, S., Athar, H.-U.-R., & Ashraf, M. (2018). Foliar application of micronutrients in mitigating abiotic stress in crop plants (Book Chapter).

REFERENCES:

- Nelson, G.C., Valin, H., Sands, R.D., Havlík, P., Ahammad, H., Deryng, D., Elliott, J., Fujimori, S., Hasegawa, T., & Heyhoe, E. (2014). Climate change effects on agriculture: *Economic responses to biophysical shocks*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 111, 3274–3279
- Kasatkina, T.O., & Hamayunova, V.V. (2018). Perspektivy ta osoblyvosti vyroshchuvannya yach-

- Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance*, 95–117. doi: 10.1007/978-981-10-9044-8_3
13. Hyrka, A.D., Tkalic, I.D., Sydorenko, Yu.Ya., Bochevar, O.V., Iliencko, O.V., & Mamiedova, E.I. (2017). The spring barley yield and grain quality formation in dependence of growth regulators and fertilizers use. *Grain Crops*, 1(1), 59–65
 14. Veba, N. (2020). Efektyvnist provedennya pozakorenevoho pidzhyvlennya yachmenyu yaroho novym vydom dobryva za riznykh rivniv mineralnogo zhyvlennya v umovakh Zakhidnoho Lisostepu [Effectiveness of foliar fertilization of spring barley with a new type of fertilizer at different levels of mineral nutrition in the conditions of the Western Forest Steppe]. *Visnyk Lvivskoho natsionalnogo ahrarynogo universytetu – Bulletin of the Lviv National Agrarian University*, 24, 190–192 [in Ukrainian].

Іщенко В.А., Козелець Г.М., Губарєв О.Д.
Формування біометричних показників рослин та врожайності ячменю ярого залежно від позакоренових підживлень в умовах Північного Степу України

Мета. Провести аналіз та порівняння урожайності та елементів індивідуальної продуктивності під впливом позакоренових підживлень макро- та мікродобривами при вирощуванні ячменю ярого в умовах Північного Степу. **Методи.** Дослідження проводилися в Інституті сільського господарства НААН продовж 2020–2022 рр. Вивчався вплив позакоренових підживлень макро- та мікродобривами на формування біометричних показників рослин та врожай ячменю ярого. Технологія вирощування загальноприйнята для зони Степу. Польові дослідження виконано відповідно до загальноприйнятих методик. **Результати.** У результаті досліджень встановлено, що позакоренові підживлення макро- та мікродобривами сприяли покращенню умов живлення рослин, що позитивно вплинуло на площу листової поверхні та густоту продуктивного стеблостою рослин ячменю ярого. Ефективність позакоренових підживлень залежала від форми добрив та потреби в макро- та мікроелементах при сівбі після різних попередників. **Висновки.** В умовах нестійкого зволоження Північного Степу вищу урожайність 5,35 т/га після сої отримали у варіанті підживлення Карбамід (10 кг/га) + Сульфат магнію (2 кг/га), після пшениці озимої – 3,53 т/га при внесенні Авангард Р зернові (2 л/га), соняшнику – 4,34 т/га, Карбамід (5 кг/га) + Сульфат магнію (2 кг/га) + Авангард Р зернові (2 л/га); кукурудзи на зерно – 3,55 т/га у варіанті Сульфат магнію (2 кг/га). Розмах варіювання R (max-

min) урожайності ячменю по варіантах підживлень при сівбі після сої склав 0,46–1,09 т/га за коефіцієнта варіації $V = 3,2\text{--}6,3\%$, після пшениці озимої – 0,44–0,96 т/га і 4,9–10,3 %, після соняшнику – 0,54–1,03 т/га і 3,9–9,0 % та кукурудзи на зерно – 0,40–0,68 т/га і 3,6–9,0 %.

Ключові слова: ячмінь ярий, густота стеблостою, площа листової поверхні, урожай зерна, розмах варіювання.

Ishchenko V.A., Kozelets H.M., Gubarev O.D.
Formation of plant biometric indicators and yield of spring barley depending on foliar fertilization in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine

Purpose. To conduct an analysis and comparison of productivity and elements of individual productivity under the influence of foliar fertilizing with macro- and microfertilizers when growing spring barley in the conditions of the Northern Steppe. **Methods.** Research was conducted at the Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences during 2020–2022. The impact of foliar fertilizing with macro- and microfertilizers on the formation of biometric indicators of plants and the yield of spring barley was studied. The growing technology is generally accepted for the Steppe zone. Field research was carried out in accordance with generally accepted methods. **Results.** As a result of the research, it was established that foliar top dressing with macro- and microfertilizers contributed to the improvement of plant nutrition conditions, which positively affected the leaf surface area and the density of productive spring barley plants. The effectiveness of foliar fertilization depended on the form of fertilizers and the need for macro- and microelements when sowing after various predecessors. **Conclusions.** In the conditions of unstable moistening of the Northern Steppe, a higher yield of 5.35 t/ha after soybeans was obtained in the option of feeding Urea (10 kg/ha) + Magnesium sulfate (2 kg/ha), after winter wheat – 3.53 t/ha when applying Avangard R for grain (2 l/ha), sunflower – 4.34 t/ha, Urea (5 kg/ha) + Magnesium sulfate (2 kg/ha) + Avangard R for grain (2 l/ha); corn for grain – 3.55 t/ha in the magnesium sulfate variant (2 kg/ha). The range of variation R (max-min) of the yield of barley according to the top dressing options when sowing after soybeans was 0.46–1.09 t/ha with the coefficient of variation $V = 3,2\text{--}6,3\%$, after winter wheat – 0.44–0.96 t/ha (4.9–10.3%), after sunflower – 0.54–1.03 t/ha (3.9–9.0%) and corn for grain – 0.40–0.68 t/ha (3.6–9.0%).

Key words: spring barley, stem density, leaf surface area, grain yield, range of variation.

БЕЗВІДХОДНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ КАВУНА НА НАСІННЯ

КНИШ В.І. – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0002-1598-6867

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

ШАБЛЯ О.С. – кандидат економічних наук
orcid.org/0000-0002-2669-0711

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

МЕЛЬНИК С.Т. – менеджер з продажу ЗЗР
orcid.org/0009-0007-4111-2710

Товариство з обмеженою відповідальністю «Сингента» Україна

Постановка проблеми. Фактори, що визначають результативність рослинництва на неполивних землях, умовно можна розділити на три основні групи. До них відносяться чинники, що забезпечують формування високого врожаю, реалізацію біологічного потенціалу сільськогосподарської культури.

Перша група факторів, яка найбільше впливає на урожайність – це сортові властивості культури, її потенціал продуктивності, стійкості проти хвороб і шкідників, несприятливих погодних умов. Сорт забезпечує до 40% врожаю. Друга група факторів – добрива, які формують четверту частину врожаю. Третя група факторів, яка забезпечує майже третину врожаю, – це дотримання високої якості механізованих технологічних операцій [1].

Завдяки високоврожайному сорту, навіть за відсутності добрив, на основі високоякісної роботи техніки можна реалізувати більшу частину біопотенціалу будь-якої сільськогосподарської культури, в той час, як за низької якості роботи та недосконалії технології ця величина реалізації складає лише 50–60%. Відомо, що насіннєвий матеріал є носієм властивостей генотипу, тому завданням наших досліджень стало розроблення технології отримання високоякісного насіння кавуна з мінімально можливими енергетичними та ресурсними витратами.

При виділенні насіння кавуна практично вся вирощена продукція, а це 97–99% – відходи. Зрідка кірка кавуна та сік використовується для силосування соломи та сухої кукурудзи з подальшим використанням на корм худобі. Разом з тим, ця продукція досить цінна у енергетичному і харчовому відношенні.

На насінницькі цілі кавуном в Україні щорічно засівають до 2,5–3,0 тис. га, а це за середньої урожайності 10 т/га у відходи йде близько 25 тис. тон подрібнених плодів, що містять майже 2 тис. тон цукру та інших цінних речовин [2]. За майже піввіковий період існування ПДСДС ІВПіМ НААН були розроблені технології утилізації побічної продукції кавуна при виробництві насіння за трьома напрямками використання: харчовому, кормовому та технічному [14, 15, 16]. Враховуючи, що процес утилізації продукції кавуна при виробництві насіння відпрацьований у достатній мірі, наші дослідження були присвячені удосконаленню технології вирощування кавуна на насіння на основі ресурсо- та енергозбереження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За узагальненими даними для чорноземних ґрунтів південного Степу України діапазон зміни щільності при обробітку ґрунту становить 1,1–1,6 г/см³, а під час сівби 1,1–1,3 г/см³ [4]. Співвідношення цих даних з показниками оптимальної щільності під основні сільськогосподарські культури свідчить, що застосовувані агротехнічні заходи, як правило, формують орний і посівний шари, які дещо відрізняються за щільністю від оптимального стану. В розпушеному шарі ґрунту активніше відбувається перебіг мікробіологічних процесів, внаслідок чого в ґрунті нагромаджуються в доступній для рослин формі поживні речовини.

Агрофізичні умови вирощування рослин можна регулювати, вибираючи той чи інший спосіб обробітку ґрунту. Чим водостійкіша ґрунтова структура, ретельніше і глибше оброблений ґрунт, менша його щільність, тим більша його здатність поглинати вологу атмосферних опадів. За даними Медведєва В.В. [3], для чорнозему південного водопроникність водостійких агрегатів крупніше 1 мм значно більша, ніж не водостійких такого ж розміру і розміром менше 1 мм. При збільшенні їх розміру з 1 мм до 7 мм водопроникність зменшується. Найбільша вона при умові, що структурна фракція має розмір 2–3 мм.

Ефективність того чи іншого прийому обробітку щодо створення водного режиму ґрунту визначається не тільки водопроникністю, а й тим як нагромаджена ґрунтом волога в ньому зберігається і витрачається. Найменшою здатністю до випаровування відзначається орний шар, складений із водостійких агрегатів розміром від 0,5 до 3,0 мм. Швидкість випарування води з ґрунту такого структурного складу в літній день становить 11,5 г з 100 см² за добу, у той час як ґрунт складений із брилих часток розміром від 10 до 50 мм, випаровує вологу за тих же умов із швидкістю 28,2 г на 100 см² поверхні [4].

Із водним розчином ґрунту тісно пов'язаний і його повітряний режим. Дослідженнями [5,6] встановлено, що потреби рослин у кисні цілком задовольняються тоді, коли в ґрунті не менше 12–15% його об'єму зайнято повітрям, якщо ж більше 20%, відбувається його швидке висушування, а при величинах, менших 10% і особливо 8%, спостерігається кисневе голодування рослин.

Для формування високого врожаю кавуна велике значення має схема посіву та площа живлення рослин. В умовах півдня України для кавуна середньої групи стиглості рекомендованою площею живлення рослин є 2 м², при цьому схема посіву може бути різною, найбільш поширені з них – 1,4×1,4 м; 1,8×1,1 м; 2,1×1,0 м; 2,8×0,7 м, 3,5×0,6 м та ін. Кавун досить пластична культура, яка до відомих меж не реагує на конфігурацію площі живлення, тобто, співвідношення – відстань між рослинами в ряду та ширина міжряддя не повинно перевищувати 1:9 [7].

Використання добрив в комплексі з високою агротехнікою підвищує врожайність та якість плодів та прискорює дозрівання кавуна. Дослідами різних науково-дослідних установ встановлені оптимальні дози внесення добрив під кавун. Ними визначено, що ступінь ефективності добрив залежить від ґрунтово-кліматичних умов, рівня агротехніки та виду добрив. В дослідях Херсонської селекційної дослідної станції баштанництва, проведених О.Я. Кашеєвим, Ревком А.С. [2] з кавуном, встановлено, що оптимальною дозою добрив є $N_{60}P_{90}K_{60}$. Така доза добрив вноситься суцільним способом врозкид і є рекомендованою для чорноземних супіщаних ґрунтів півдня України. Дослідженнями було підтверджено висновки стосовно рекомендованої дози мінеральних добрив під кавун і способу їх внесення на неполивних землях та доведена ефективність локального способу внесення мінеральних добрив у нормах, що є меншими в 2–3 рази від рекомендованої дози [13].

Мета досліджень. Дослідити агрофізичні та агрохімічні властивості ґрунту, перебіг фізіологічних процесів у рослинах кавуна під дією окремих елементів та технології вирощування в цілому, визначити їх вплив на підвищення якості насіння. Розробити безвідходну технологію вирощування кавуна на насіння для незрошуваних умов південного Степу України.

Матеріали та методи досліджень. Методи досліджень – польовий – для визначення урожаю, біометричних обліків та вимірювань; лабораторний – аналіз якості плодів і насіння, вмісту основних елементів мінерального живлення у ґрунті; економічно-математичний – оцінка економічної ефективності досліджуваних елементів та технології в цілому; математично-статистичний – проведення дисперсійного аналізу та статистичного обробітку результатів дослідів.

Досліди проводились в польовій сівозміні Державного підприємства «Дослідне господарство «Великі Клини ПДСДС ІВПіМ НААН», розташованого в Голопристанському районі, Херсонської області.

Територія ДГ відноситься до Олешківського природно-сільськогосподарського району, який розташований на піщаних аренах борової тераси р. Дніпро. Ґрунти представлені чорноземом південним осолоділим малогумусним супіщаним. Характерна особливість цих ґрунтів значна потужність гумусового профілю – до 76 см при вмістові гумусу до 1,0%. Основною ґрунтоутворюючою породою є лесовидні суглинки легкого гранулометричного складу: від супіщаного до піщано-легкосуглинкового.

Агрометеорологічні умови весняного періоду 2016–2019 років були не надто сприятливими для одержання сходів, росту та розвитку рослин кавуна. Так, за весняний період 2016 року кількість опадів склала 83,1 мм, аналогічний період 2017 року – 71,4 мм, 2018 року – 47,7 мм, 2019 року – 53,3 мм, при нормі 101 мм. Опади весною випадали досить нерівномірно, що часто не дозволяло накопичити до часу сівби кавуна достатню кількість вологи. Якщо у березні кількість опадів складала від 25,6 до 27,8 мм при нормі 26 мм, то у квітні – 4,8–38,0 мм при нормі 33 мм та у травні 11,7–39,1 мм при нормі 42 мм. Причому, після сухого квітня, у травні більша кількість опадів випадала тільки у третій декаді, тому масові сходи майже кожен рік отримували на початку червня. Літній період у роки проведення досліджень, поряд з дещо вищим від середньобаторічного температурним режимом, характеризувався незначною кількістю опадів. Загалом за літній період 2016 року сумарна кількість опадів склала 77,9 мм, за 2017 рік – 36,7 мм, за 2018 рік – 62,5 мм, за 2019 рік – 90,2 мм, при нормі 132 мм, тобто у 2016–2019 роках опадів випадало на 41,8–95,3 мм менше, ніж у середньому за багаторічними даними для цього періоду року (табл. 1).

Науково дослідна робота проводилась в багатофакторному польовому досліді, який закладався щорічно за незмінною схемою на нових ділянках згідно загальноприйнятих методик та рекомендацій [7, 9] за використання кавуна сорту Альянс.

Схема дослідів:

Фактор А – Основний обробіток ґрунту: а) глибокий обробіток (25–27 см) (контроль); б) мілкий обробіток (12–14 см); в) мілкий обробіток (12–14 см) + щілювання (40–45 см).

Фактор В – Рівень мінерального живлення: а) без добрив (контроль); б) рекомендована доза суцільно ($N_{60}P_{90}K_{60}$); в) 1/3 від рекомендованої дози – локально ($N_{20}P_{30}K_{20}$).

Фактор С – площа живлення рослин: а) 1,5 м²; б) 2,0 м² (контроль); в) 2,5 м².

Площа дослідної ділянки 126 м², облікової – 100 м², повторність дослідів чотирикратна. Загальна площа під дослідом 1,36 га.

Результати досліджень. Встановлено, що щільність орного шару ґрунту підготовленого під посів кавуна залежить від способу основного обробітку ґрунту. Найменша середня щільність орного шару (0–30 см), тобто за умовами найбільш сприятлива для вирощування кавуна, була за глибокого основного обробітку ґрунту, що становила від 1,29 до 1,31 г/см³. Щілювання на глибину 40–45 см, що проводилось на фоні мілкого обробітку ґрунту, сприяло покращенню показників щільності орного шару, порівняно з тільки мілким обробітком, де ці показники становили, відповідно, 1,32 та 1,36 г/см³ (табл. 2).

Таким чином, агротехнічний прийом з щілювання ґрунту, який проводиться на фоні мілкого обробітку, сприяє зменшенню щільності орного шару ґрунту, порівняно з одним лише мілким обробітком, проте поступається у цьому відношенні глибокому способу основного обробітку ґрунту.

Таблиця 1

Агromетeоролoгічні умови в роки проведення досліджень

Місяць	Температура повітря, °C					Опади, мм				
	2016	2017	2018	2019	Середньо-багато-річна	2016	2017	2018	2019	Середньо-багато-річна
Січень	-3,9	-2,6	- 3,8	- 4,0	- 3,0	21,4	28,4	16,6	8,8	33
Лютий	-1,6	-2,0	- 1,4	-0,6	- 1,8	14,7	30,8	31,7	16,9	31
Березень	4,4	2,4	4,2	2,4	2,3	27,8	25,9	26,6	25,6	26
Квітень	10,4	13,2	9,7	11,5	10,0	8,2	5,9	9,4	4,8	33
Травень	15,3	20,8	17,2	18,2	16,0	47,1	39,6	11,7	22,9	42
Червень	21,3	23,4	20,6	22,9	19,9	32,0	20,1	29,7	15,7	45
Липень	22,5	26,6	23,4	24,6	21,9	6,4	16,6	30,6	67,9	49
Серпень	24,2	23,6	23,9	24,2	21,3	39,5	0	2,2	6,6	38
Вересень	19,0	19,1	16,3	17,0	16,4	12,5	1,6	0	64,2	40

Джерело: дані Бехтерської метеостанції

Таблиця 2

Щільність складення орного шару ґрунту у посівах кавуна, г/см³

Основний обробіток ґрунту	Площа живлення, м ²	Перед посівом кавуна				Фаза досягання плодів			
		0-10	10-20	20-30	0-30	0-10	10-20	20-30	0-30
Глибокий (контроль)	1,5	1,24	1,28	1,34	1,29	1,34	1,42	1,48	1,41
	2,0	1,26	1,28	1,37	1,30	1,38	1,43	1,47	1,43
	2,5	1,27	1,30	1,36	1,31	1,39	1,42	1,46	1,42
Мілкий	1,5	1,25	1,35	1,47	1,36	1,35	1,49	1,53	1,46
	2,0	1,25	1,35	1,47	1,36	1,35	1,49	1,57	1,47
	2,5	1,24	1,37	1,47	1,36	1,35	1,47	1,55	1,46
Мілкий + щілювання	1,5	1,24	1,33	1,41	1,32	1,36	1,44	1,48	1,43
	2,0	1,25	1,31	1,40	1,32	1,37	1,43	1,50	1,43
	2,5	1,27	1,32	1,40	1,33	1,36	1,46	1,49	1,44

Джерело: власні дослідження

До фази досягання плодів кавуна відбувалось закономірне ущільнення ґрунту в орному шарі, проте найменшою щільністю складення була відмічена у варіантах з глибоким способом основного обробітку ґрунту, що становила у середньому 1,41–1,43 г/см³. Дещо більшою щільністю ґрунту була у варіантах з щілюванням – 1,43–1,44 г/см³. Найбільш ущільненим у фазу досягання плодів виявився орний шар ґрунту у варіантах з мілким способом основного обробітку ґрунту.

У роки проведення досліджень формування вологозапасів в полі відведеному під посів кавуна відбувалось, як в осінньо-зимовий період, так і за рахунок опадів весняного періоду. Так, на прикладі типового 2019 року, перед сівбою кавуна запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту становили від 114,6 мм за глибокого обробітку ґрунту до 90,2 мм – за мілкого обробітку ґрунту. Найменші запаси продуктивної вологи в метровому шарі були накопичені при проведенні мілкого основного обробітку ґрунту, які склали від 90,2 до 94,2 мм, тоді як при щілюванні від 110,2 до 112,2 мм.

Щілювання ґрунту сприяло не лише кращому накопиченню вологи, а й більш раціональному її використанню рослинами кавуна. При майже рівних запасах

продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту у варіантах з глибоким основним обробітком (контроль) та мілким основним обробітком + щілюванням, у фазу досягання плодів майже вдвічі більша кількість продуктивної вологи залишалась у ґрунті у варіанті з щілюванням ґрунту (15,7 мм проти 29,1 мм).

Дослідження впливу основного обробітку ґрунту на сумарне споживання вологи рослинами кавуна свідчить, що найвищим цей показник був у контролі (глибокий обробіток), який становив від 1871 до 1957 м³/га, залежно від рівня мінерального живлення та площі живлення рослин. Тоді як за мілкого обробітку ґрунту сумарне споживання вологи рослинами кавуна було 1672–1719 м³/га, тобто глибокий обробіток ґрунту сприяв тому, що кількість вологи використана з одиниці площі на формування урожаю була у середньому на 200 м³/га більшою, ніж за мілкого.

Визначення коефіцієнта водоспоживання при отриманні насіння кавуна свідчить, що найменшу кількість ґрунтової вологи, що склала 16,4 м³ на 1 кг насіння, було використано у варіанті з мілким основним обробітком + щілюванням ґрунту, внесенням мінеральних добрив у дозі N₂₀P₃₀K₂₀ та за площі живлення рослин кавуна

1,5 м². За цього ж способу основного обробітку ґрунту та дози мінеральних добрив, але за площі живлення рослин 2,0 м² та 2,5 м² коефіцієнт водоспоживання склав, відповідно, 18,0 м³/кг та 17,7 м³/кг.

Досліджувані фактори дослідів впливали на вміст поживних речовин у орному шарі ґрунту. Найбільша кількість нітратного азоту перед сівбою кавуна містилася у варіантах з рекомендованим рівнем мінерального живлення. Так, внесення рекомендованої дози мінеральних добрив дозволило підвищити вміст нітратного азоту з 2,8–3,6 до 11,4–12,4 мг/кг абсолютно сухого ґрунту. Дещо менша кількість нітратного азоту в орному шарі ґрунту перед сівбою кавуна була зафіксована за ресурсощадного рівня мінерального живлення, тобто там де рекомендована доза мінеральних добрив зменшувалась утримі і вносились локально у зону рядка – відповідно, до 9,6–11,6 мг/кг абсолютно сухого ґрунту.

У динаміці вмісту сполук рухомого фосфору у ґрунті загалом відмічено аналогічні закономірності, які були характерними для нітратного азоту.

Перед проведенням першого міжрядного обробітку ґрунту найменш забур'янені виявились посіви кавуна, що вирощувались за проведення глибокого основного обробітку ґрунту, де середня загальна кількість бур'янів, залежно від рівня мінерального живлення, становила від 8,8 до 16,7 шт./м², тоді як за мілкого обробітку від 24,8 до 39,1 шт./м².

Найбільшу площу листків на час досягання кавуна, було сформовано у варіанті з глибоким основним обробітком ґрунту, внесенням мінеральних добрив у рекомендованій дозі та за густоти рослин 6,67 тис. рослин/га (площа живлення 1,5 м²), що становила 11398,8 м²/га. Найменшу площу листової поверхні – 10998,9 м²/га було сформовано у варіанті з мілким основним обробітком ґрунту + щілювання з однаковим рівнем мінерального живлення та густоти рослин.

Найбільшу надземну суху біомасу, з розрахунку на 1 га, на час досягання кавуна, було накопичено у варіанті з глибоким основним обробітком ґрунту, внесенням мінеральних добрив у рекомендованій дозі та за густоти рослин 6,67 тис. росл./га (площа живлення 1,5 м²), що

Таблиця 3

Середній урожай насіння кавуна залежно від основного обробітку ґрунту, мінерального живлення та густоти рослин, кг/га

Основний обробіток ґрунту	Рівень мінерального живлення	Площа живлення, м ²	Роки досліджень				Середній
			2016	2017	2018	2019	
Глибокий (Контроль)	Без добрив	1,5	96,4	40,0	43,6	70,4	62,6
		2,0	84,4	42,0	42,8	64,4	58,4
		2,5	72,6	39,0	54,0	62,6	57,0
	N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀ (к)	1,5	156,9	64,0	84,9	96,9	100,7
		2,0	144,2	70,0	79,7	94,0	97,0
		2,5	132,4	60,0	78,4	92,1	90,7
	N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀	1,5	150,5	56,0	82,6	104,6	98,4
		2,0	132,3	60,0	74,3	96,8	90,8
		2,5	120,2	53,0	71,0	96,0	85,0
Мілкий	Без добрив	1,5	60,5	36,0	39,8	45,5	45,4
		2,0	72,3	38,0	40,7	52,3	50,8
		2,5	60,3	35,0	40,0	43,3	44,6
	N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀ (к)	1,5	90,1	48,0	52,1	60,1	62,6
		2,0	96,4	52,0	50,1	66,4	66,2
		2,5	90,1	44,0	48,6	60,1	60,7
	N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀	1,5	72,2	40,0	51,0	62,2	56,3
		2,0	84,4	44,0	49,8	64,4	60,6
		2,5	72,3	40,0	49,0	62,3	55,9
Мілкий + щілювання	Без добрив	1,5	96,1	54,0	57,0	62,2	67,3
		2,0	90,2	61,0	64,1	56,9	68,0
		2,5	72,6	54,0	56,6	52,6	59,0
	N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀ (к)	1,5	120,5	75,0	99,6	88,8	96,0
		2,0	144,2	96,0	109,2	89,9	109,8
		2,5	120,4	92,0	94,5	80,4	96,8
	N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀	1,5	137,3	101,0	126,6	90,9	114,0
		2,0	140,4	88,0	97,7	88,8	103,7
		2,5	108,9	72,0	83,8	78,9	85,9

НІР₀₅ А,В,С – 1,67 кг; АВ,АС,ВС – 2,89 кг; АВС – 5,00 кг.

Джерело: власні дослідження

становила 4599 кг/га. Найменшу кількість надземної сухої біомаси – 4579 кг/га було сформовано у тому ж варіанті основного обробітку ґрунту і густоти рослин кавуна, але при застосуванні ресурсоощадного рівня мінерального живлення.

Зважаючи на кращі умови вирощування, найвищий урожай насіння кавуна, у середньому за роки досліджень, було отримано у варіанті з мілким обробітком ґрунту + щілювання, локальним внесенням мінеральних добрив у дозі $N_{20}P_{30}K_{20}$ та за густоти рослин 6,67 тис. росл./га (площа живлення 1,5 м²), що становив 114,0 кг/га (табл. 3).

Таким чином, застосування мілкого основного обробітку ґрунту, разом із осіннім щілюванням, локальним внесенням мінеральних добрив у дозі $N_{20}P_{30}K_{20}$ за розміщення рослин кавуна з площею живлення 1,5 м², дозволило отримати урожай насіння 114,0 кг/га, що на 17,0 кг/га достовірно більше, ніж у контролі (глибокий основний обробіток ґрунту, внесення $N_{60}P_{90}K_{60}$, площа живлення 2,0 м²). Застосування щілювання ґрунту на глибину 40–45 см на фоні мілкого основного обробітку

ґрунту забезпечило прибавку урожаю насіння кавуна в кількості 43,6 кг/га, порівняно з одним тільки мілким основним обробітком ґрунту.

Застосування різних способів основного обробітку ґрунту під кавун вплинуло не тільки на урожай насіння, але і на його якість. Так, якщо маса 1000 шт. насіння кавуна у варіантах з глибоким та мілким основним обробітком ґрунту + щілювання була майже однаковою, і становила, відповідно, 63,5 г та 64,0 г, то у варіанті з мілким основним обробітком 59,5 г. Аналогічна закономірність відмічена і у відношенні білка, кількість якого у насінні, одержаного з варіантів з глибоким та мілким основним обробітком ґрунту + щілювання була майже однаковою, і становила, відповідно, 17,5 та 18,0%, то у варіанті з мілким основним обробітком 16,7% (табл. 4).

Іншим, не менш впливовим фактором, що визначає якість насіння кавуна, є застосування мінеральних добрив. За відповідного способу основного обробітку ґрунту та аналогічних площ живлення рослин кавуна у досліді, маса 1000 шт. насіння та кількість білка у ньому при застосуванні мінеральних добрив, як у рекомендо-

Таблиця 4

Якісні показники насіння кавуна залежно від досліджуваних факторів

Основний обробіток ґрунту	Площа живлення, м²	Мінеральне живлення	Маса 1000 шт. насіння, г	Схожість, %	Білок (N × 6,25), %
Глибокий (Контроль 1)	1,5	Без добрив	54,0	96	14,6
		N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ (к 3)	63,5	99	18,0
		N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀	60,0	99	17,9
	2,0 (к 2)	Без добрив	56,0	98	14,5
		N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ (к 3)	63,5	100	17,5
		N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀	60,5	99	17,5
	2,5	Без добрив	56,0	97	15,1
		N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ (к 3)	60,0	98	17,0
		N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀	57,0	97	16,1
Мілкий) + щілювання	1,5	Без добрив	55,5	99	14,8
		N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ (к 3)	63,5	100	18,0
		N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀	63,5	98	18,0
	2,0 (к 2)	Без добрив	59,0	97	14,0
		N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ (к 3)	64,0	96	18,0
		N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀	63,5	99	18,0
	2,5	Без добрив	58,0	97	13,5
		N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ (к 3)	62,0	96	17,7
		N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀	62,5	95	17,4
Мілкий	1,5	Без добрив	52,5	98	13,0
		N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ (к 3)	56,5	96	15,8
		N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀	55,0	95	15,6
	2,0 (к 2)	Без добрив	54,0	96	14,5
		N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ (к 3)	59,5	98	16,7
		N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀	57,0	96	16,1
	2,5	Без добрив	53,5	95	14,3
		N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀ (к 3)	56,5	98	15,9
		N ₂₀ P ₃₀ K ₂₀	55,0	96	15,6
Маса 1000 шт. насіння НІР ₀₅ А,В,С – 2,14 г; АВ,АС,ВС – 2,86 г; АВС – 3,08 г. Білок НІР ₀₅ А,В,С – 1,08 %; АВ,АС,ВС – 1,48 %; АВС – 2,10 %.					

Джерело: власні дослідження

ваній, так і ресурсоощадній дозі, були значно вищими, ніж у контролі (без добрив). Встановлено, що за глибокого основного обробітку ґрунту (контроль 1) та площі живлення рослин кавуна 2,0 м² (контроль 2), середня маса 1000 шт. насіння та кількість білка у варіанті без добрив склали, відповідно, 56,0 г та 14,5%, тоді як при внесенні рекомендованої дози мінеральних добрив ці показники становили 63,5 г та 17,5% і при внесенні ресурсоощадної – 60,5 г та 17,5%. Густота стояння рослин кавуна на якісні показники насіння не впливає.

Таким чином, більш якісним за масою 1000 шт. насіння кавуна та кількістю білка у ньому, виявилось насіння, що було отримане за глибокого основного обробітку ґрунту або мілкого основного обробітку + щілювання та внесенні мінеральних добрив у рекомендованій або ресурсоощадній дозах.

Висока закупівельна ціна насіння кавуна (120,0 грн./кг) дозволила забезпечити й високу економічну ефективність вирощування даної культури (розрахунки проведено за цінами і тарифами станом на 01.01.2016 року). Найвищий чистий прибуток при вирощуванні кавуна на насіння, що склав 9590 грн/га, рентабельність виробництва – 234% при найменшій собівартості продукції – 35,9 грн/кг отримано у варіанті з мілким основним обробітком ґрунту + щілювання, внесенням 1/3 рекомендованої дози мінеральних добрив N₂₀P₃₀K₂₀ та розміщенні рослин з площею живлення 1,5 м², тоді як у контролі (глибокий основний обробіток ґрунту, рекомендований рівень мінерального живлення та площа живлення рослин 2,0 м²), відповідно, 7073 грн/га, 155% та 47,1 грн/кг.

Таким чином, економічно доцільним є вирощування кавуна на насіння було за мілкого основного обробітку ґрунту + щілювання, внесення 1/3 рекомендованої дози мінеральних добрив N₂₀P₃₀K₂₀ та розміщення рослин з площею живлення 1,5 м², де чистий прибуток склав 9590 грн/га, рентабельність виробництва 234% при собівартості насіння 35,9 грн./кг.

Висновки. Розроблена безвідходна технологія вирощування кавуна на насіння для незрошуваних умов півдня України, складовими якої є мілкий основний обробіток ґрунту + щілювання на глибину 40–45 см, локальне внесення мінеральних добрив у дозі N₂₀P₃₀K₂₀ та розміщення рослин з площею живлення рослин 1,5 м².

Застосування мілкого основного обробітку ґрунту, разом із осіннім щілюванням, локальним внесенням мінеральних добрив у дозі N₂₀P₃₀K₂₀ за розміщення рослин кавуна з площею живлення 1,5 м², дозволяє отримати урожайність насіння 114,0 кг/га, що на 17,0 кг/га достовірно більше, ніж у контролі (глибокий основний обробіток ґрунту, внесення N₆₀P₉₀K₆₀, площа живлення 2,0 м²). Застосування щілювання ґрунту на глибину 40–45 см на фоні мілкого основного обробітку ґрунту забезпечує прибавку урожаю насіння кавуна в кількості 43,6 кг/га, порівняно з одним тільки мілким основним обробітком ґрунту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ящук А. І., Плужніков В. О., Складєвський М. О., Ручкін О. В. Деякі технологічні аспекти ресурсозбереження в овочівництві. *Вісник Центру наукового*

забезпечення АПВ Харківської області. Наукове видання. Харків. 2006. Випуск № 2. С. 42–45.

2. Баштанні культури / Під редакцією Лимаря А. О. К.: Аграрна наука, 2000. 330 с. С. 132–136.
3. Медведев В. В. Проблема поліпшення агрофізичних властивостей чорноземів у зв'язку з обробітком і удобренням. В кн.: *Як зберегти і підвищити родючість чорноземів* / За ред. Б. С. Носка, Г. С. Чесняка. К.: Урожай, 1984. 200 с. С. 58–66.
4. Єщенко В. О., Калієвський М. В., Накльока Ю. І., Мартинюк І. В. Мінімізація основного обробітку ґрунту та екологізація землеробства. *Таврійський науковий вісник: Науковий журнал.* Херсон: Грін Д. С., 2012. Вип. 79. С. 38–43.
5. Носко Б. С. Шляхи підвищення родючості ґрунтів і ефективності добрив. *Вісник сільськогосподарської науки.* 1975. № 8. С. 32–37.
6. Носко Б. С., Бука А. Я., Дуда Г. Г. Комплекс агрозаходів – основа підвищення родючості та окультурення чорноземів. В кн.: *Як зберегти і підвищити родючість чорноземів* / За ред. Б. С. Носка, Г. С. Чесняка. К.: Урожай, 1984. 200 с., іл. С. 131–154.
7. Лимар А. О., Сніговий В. С. Методика селекційного процесу та проведення польових дослідів з баштанними культурами: *Методичні рекомендації.* Київ: Аграрна наука, 2001. 132 с. С. 29–35.
8. Роїк М. В., Царенко М. К., Лебідь Є. М. та ін. Рослинництво. Особливості функціонування галузі. В кн.: *Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України* / Редкол. М. В. Зубець та ін. К.: Аграрна наука, 2004. 844 с. С. 213–286.
9. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві / За ред. Г. Л. Бондаренка, К. І. Яковенка. Харків: Основа, 2001. 369 с. С. 64–68.
10. Кононенко А. Г., Максимова М. А. Залежність урожаю плодів кавуна Вогник від площі живлення і кількості рослин у гнізді. *Овочівництво і баштанництво.* К.: Урожай, 1976. Вип. 21. С. 26–31.
11. Лимар В. А., Книш В. І., Холодняк О. Г. Пріоритетні напрями селекції та технології вирощування баштанних культур на півдні України. *Овочівництво і баштанництво: науковий збірник.* 2012. № 58. С. 18–26.
12. Кашеев О. Я., Митрофанов Б. О. Про переробку побічної продукції баштанних культур на продовольчі цілі в насінницьких господарствах. *Баштанництво в Україні.* 1994. С. 136–139.
13. Кашеев О. Я. Про напрями досліджень з питань утилізації побічної продукції при виробництві насіння баштанних культур. *Матеріали міжнародної наукової конференції «Селекція і технологія вирощування баштанних культур»*, м. Гола Пристань, 1996. С. 117–119.
14. Лимар А. О., Кашеев О. Я. Одержання спирту-сирцю з соку кавунів у насінницьких господарствах. *Баштанництво в Україні.* 1994. С. 139–143.

REFERENCES:

1. Yashchuk, A.I., Pluzhnikov, V.O., Skliarevskiy, M.O., & Ruchkin, O.V. (2006). Deaki tekhnolohichni aspekty resursozberezhennia v ovochivnytstvi [Some technological aspects of resource conservation in vegetable farming]. *Visnyk Tsentru naukovooho zabezpechennia APV Kharkivskoi oblasti – Bulletin of the Scientific Support Center for Agriculture of Kharkiv Region*, 2, 42–45 [in Ukrainian].

2. Lyamar, A.O. (Ed.). (2000). *Bashtanni kultury* [Tower cultures]. Kyiv: Agrarian Science, 132–136 [in Ukrainian].
3. Medvediev, V.V. (1984). *Problema polipshennia ahrofizychnykh vlastyvostei chornozemiv u zviazku z obrobittom i udobrenniam* [The problem of improving the agrophysical properties of chernozem soils in connection with tillage and fertilization]. In: How to preserve and enhance the fertility of chernozem soils. Kyiv: Urozhai, 58–66 [in Ukrainian].
4. Yeshchenko, V.O., Kaliievskiy, M.V., Nakloka, Yu.I., Martyniuk, I.V. (2012). Minimalizatsiia osnovnoho obrobittu gruntu ta ekolohizatsiia zemlerobstva [Minimization of primary soil tillage and ecologization of farming]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk – Tavriysky Scientific Bulletin*, 79, 38–43 [in Ukrainian].
5. Nosko, B.S. (1975). Shliakhy pidvyshchennia rodiuchosti gruntiv i efektyvnosti dobryv [Ways of increasing soil fertility and fertilizer efficiency]. *Visnyk silskohospodarskoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 8, 32–37 [in Ukrainian].
6. Nosko, B.S., Buka, A.Ya., & Duda, H.H. (1984). *Kompleks ahrozakhodiv – osnova pidvyshchennia rodiuchosti ta okulturennia chornozemiv* [A complex of agricultural measures is the basis of increasing the fertility and cultivation of chernozems]. In the book: How to preserve and increase the fertility of chernozems Kyiv: Urozhai, 131–15. [in Ukrainian]
7. Lyamar, A.O., & Snihoviy, V.S. (2001). *Metodyka selektsiinoho protsesu ta provedennia polovnykh doslidiv z bashtannymy kulturamy* [Methodology of the breeding process and conducting field studies on vegetable crops]. Kyiv: Agrarian Science, 29–35 [in Ukrainian].
8. Roik, M.V., Tsarenko, M.K., Lebid, Ye.M. et al. (2004). *Roslynnytstvo. Osoblyvosti funktsionuvannia haluzi* [Plant growing. Features of the industry functioning]. In: Scientific foundations of agro-industrial production in the Steppe Zone of Ukraine. Kyiv: Agrarian Science, 213–286 [in Ukrainian].
9. Bondarenko, H.L., & Yakovenko, K.I. (Eds.). (2001). *Metodyka doslidnoi spravy v ovochivnytstvi i bashtannnytstvi* [Methodology of experimental work in vegetable farming and horticulture]. Kharkiv: Osnova, 64–68 [in Ukrainian].
10. Kononenko, A.H., & Maksimova, M.A. (1976). Zalezhnist urozhaiu plodiv kavuna Vohnyk vid ploshchi zhyvlennia i kilkosty roslyn u hnizdi [Dependence of the yield of the Ogoniok watermelon on the feeding area and the number of plants in the nest]. *Ovochivnytstvo i bashtannnytstvo – Vegetable and Melon Growing*, 21, 26–31 [in Ukrainian].
11. Lyamar, V.A., Knysh, V.I., & Kholodniak, O.H. (2012). Priorytetni napriamy selektsii ta tekhnologii vyroshchuvannia bashtannykh kultur na pivdni Ukrainy [Priority directions of selection and cultivation technology of vegetable crops in the southern Ukraine]. *Ovochivnytstvo i bashtannnytstvo – Vegetable and Melon Growing*, 58, 18–26 [in Ukrainian].
12. Kashcheiev, O.Ya., & Mitrofanov, B.O. (1994). Pro pererobku pobichnoi produktsii bashtannykh kultur na prodovolchi tsili v nasinnyskykh hospodarstvakh [On the processing of by-products of vegetable crops for food purposes in seed-growing farms]. *Bashtannnytstvo v Ukraini – Melon Growing in Ukraine*, 136–139 [in Ukrainian].
13. Kashcheiev, O.Ya. (1996). Pro napriamky doslidzhen z pytan utylizatsii pobichnoi produktsii pry vyrobnytstvi nasinnia bashtannykh kultur [On the directions of research on the utilization of by-products in the production of vegetable crop seeds]. *Materials of the international scientific conference «Selection and Technology of Vegetable Crop Cultivation»*, Gola Prystan, 117–119 [in Ukrainian].
14. Lyamar, A.O., & Kashcheiev, O.Ya. (1994). Oderzhannia spyrtu-syrtsiu z soku kavuniv u nasinnyskykh hospodarstvakh [Obtaining raw alcohol from watermelon juice in seed farms]. *Bashtannnytstvo v Ukraini – Melon Growing in Ukraine*, 139–143 [in Ukrainian].

Книш В.І., Шабля О.С., Мельник С.Т. Безвідходна технологія вирощування кавуна на насіння

Мета. Дослідити агрофізичні та агрохімічні властивості ґрунту, перебіг фізіологічних процесів у рослинах кавуна під дією окремих елементів та технології вирощування в цілому, визначити їх вплив на підвищення якості насіння. Розробити безвідходну технологію вирощування кавуна на насіння для незрошуваних умов південного Степу України. **Методи.** Польовий, лабораторний, вимірювально-розрахунковий, порівняльний, математично-статистичний аналіз. **Результати.** Встановлено, що найбільші запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту на час сівби кавуна створюються за глибокого основного обробітку ґрунту – від 110,3 мм до 114,6 мм та мілкого обробітку + щільювання – від 110,2 до 112,2 мм. Найменші запаси продуктивної вологи накопичуються при проведенні мілкого основного обробітку ґрунту – від 90,2 до 94,2 мм. Внесення рекомендованої дози мінеральних добрив під кавун за глибокого основного обробітку ґрунту підвищує вміст нітратного азоту з 2,8–3,6 до 11,4–12,4 мг/кг абсолютно сухого ґрунту. Помітне зростання вмісту азоту від застосування рекомендованої дози добрив під кавун, порівняно з варіантом «без добрив» спостерігається за мілкого обробітку та мілкого обробітку + щільювання, відповідно, з 2,1–3,1 до 11,4–13,6 мг та з 1,8–3,5 до 11,6–13,0 мг на кг абсолютно сухого ґрунту. Найменш забур'янені посіви кавуна після глибокого основного обробітку ґрунту, де середня загальна кількість бур'янів, залежно від рівня мінерального живлення, становить від 8,8 до 16,7 шт./м², тоді як засміченість посівів кавуна з мілким основним обробітком ґрунту – від 24,8 до 39,1 шт./м². Щільювання ґрунту на глибину 40–45 см на фоні мілкого основного обробітку ґрунту забезпечує приросту врожаю насіння кавуна 43,6 кг/га, порівняно з одним тільки мілким основним обробітком ґрунту. Найвищий урожай насіння кавуна отримано при застосуванні мілкого основного обробітку ґрунту разом із осіннім щільюванням, локальним внесенням мінеральних добрив у дозі N₂₀P₃₀K₂₀ та за розміщення рослин з площею живлення 1,5 м² – 114,0 кг/га, що на 17,0 кг/га більше, ніж у контролі (глобальний основний обробіток ґрунту, внесення N₆₀P₉₀K₆₀, площа живлення 2,0 м²). За масою 1000 шт. насіння та кількістю білка у ньому кращим за посівними якість є насіння, що отримане за глибокого основного обробітку ґрунту або мілкого основного обробітку + щільювання та внесення мінеральних добрив. Економічно найбільш вигідним вирощування кавуна на насіння є за мілкого основного обробітку ґрунту + щільювання, внесення 1/3 рекомендованої дози мінеральних добрив N₂₀P₃₀K₂₀ та розміщення

рослин з площею живлення $1,5 \text{ м}^2$, де чистий прибуток склав 9590 грн/га, рентабельність виробництва 234% при собівартості насіння 35,9 грн./кг. Розроблено безвідходну технологію вирощування кавуна на насіння в незрошуваних умовах півдня України, складовими якої є мілкий основний обробіток ґрунту + щільювання на глибину 40–45 см, локальне внесення мінеральних добрив у дозі $\text{N}_{20}\text{P}_{30}\text{K}_{20}$, розміщення рослин з площею живлення рослин $1,5 \text{ м}^2$, мінімальні витрати ручної праці у технологічному процесі по догляду за рослинами, механізоване збирання плодів та виділення насіння з них, можливість утилізації побічної продукції. **Висновки.** Встановлено, що на чорноземах південних малогумусних супіщаних в незрошуваних умовах південного Степу України для забезпечення стабільно високих урожаїв насіння кавуна та створення умов для збереження родючості ґрунту, накопичення і раціонального використання вологи ґрунту необхідно застосовувати безвідходну технологію вирощування кавуна на насіння, яка поєднує мілкий основний обробіток ґрунту + щільювання на глибину 40–45 см, локальне внесення мінеральних добрив у дозі $\text{N}_{20}\text{P}_{30}\text{K}_{20}$, розміщення рослин з площею живлення рослин $1,5 \text{ м}^2$, мінімальні витрати ручної праці у технологічному процесі по догляду за рослинами, механізоване збирання плодів та виділення насіння з них, можливість утилізації побічної продукції.

Ключові слова: кавун, насіння, основний обробіток ґрунту, удобрення, площа живлення рослин, урожайність, якість.

Knish V.I., Shablya O.S., Melnyk S.T. Zero-waste technology of watermelon seed cultivation

Purpose. To investigate the agrophysical and agrochemical properties of soil, the course of physiological processes in watermelon plants under the influence of individual elements and cultivation technology as a whole, to determine their impact on improving seed quality. To develop a zero-waste technology for watermelon seed cultivation under non-irrigated conditions in the southern Steppe of Ukraine. **Methods.** Field, laboratory, measurement and calculation, comparative, mathematical-statistical analysis. **Results.** It was established that the highest reserves of productive moisture in the meter soil layer during watermelon sowing are formed with deep primary soil cultivation – from 110.3 mm to 114.6 mm and shallow cultivation + ridge formation – from 110.2 mm to 112.2 mm. The lowest reserves of productive moisture accumulate during shallow primary soil cultivation – from 90.2 mm to 94.2 mm. Applying the recommended dose of mineral fertilizers under watermelon with deep primary soil cultivation increases the nitrate nitrogen content from 2.8–3.6 to 11.4–12.4 mg/kg of absolutely dry soil. Significant increase in nitrogen content from apply-

ing the recommended fertilizer dose under watermelon, compared to the «no fertilizers» variant, is observed for shallow cultivation and shallow cultivation + ridge formation, respectively, from 2.1–3.1 to 11.4–13.6 mg and from 1.8–3.5 to 11.6–13.0 mg per kg of absolutely dry soil. The least weedy watermelon crops are observed after deep primary soil cultivation, where the average total weed count, depending on mineral nutrition levels, ranges from 8.8 to 16.7 pcs./ m^2 , while weed infestation with shallow primary soil cultivation ranges from 24.8 to 39.1 pcs./ m^2 . Ridge formation to a depth of 40–45 cm in combination with shallow primary soil cultivation provides a seed yield increase of 43.6 kg/ha compared to just shallow primary soil cultivation. The highest seed yield was obtained by applying shallow primary soil cultivation together with autumn ridge formation, local application of $\text{N}_{20}\text{P}_{30}\text{K}_{20}$ mineral fertilizers, and planting with a feeding area of 1.5 м^2 – 114.0 kg/ha, which is 17.0 kg/ha more than in the control (deep primary soil cultivation, application of $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{60}$, feeding area of 2.0 м^2). Seeds obtained from deep primary soil cultivation or shallow cultivation + ridge formation and fertilizer application have the best seeding qualities in terms of weight of 1000 seeds and protein content. Economically, the most advantageous cultivation of watermelon for seeds is under shallow primary soil cultivation + ridge formation, applying 1/3 of the recommended dose of $\text{N}_{20}\text{P}_{30}\text{K}_{20}$ mineral fertilizers, and planting with a feeding area of 1.5 м^2 , where the net profit is 9590 UAH/ha, production profitability is 234% with seed cost of 35.9 UAH/kg. A zero-waste technology for watermelon seed cultivation under non-irrigated conditions in the south of Ukraine has been developed, consisting of shallow primary soil cultivation + ridge formation to a depth of 40–45 cm, local application of $\text{N}_{20}\text{P}_{30}\text{K}_{20}$ mineral fertilizers, planting with a plant feeding area of 1.5 м^2 , minimal manual labor costs in the technological process of plant care, mechanized fruit harvesting and seed separation, and the possibility of by-product utilization. **Conclusions.** It was determined that on southern chernozems with low-humus loamy soils under non-irrigated conditions in the southern Steppe of Ukraine, to ensure consistently high watermelon seed yields and create conditions for soil fertility preservation, moisture accumulation, and rational utilization, it is necessary to implement the zero-waste technology of watermelon seed cultivation. This technology combines shallow primary soil cultivation + ridge formation to a depth of 40–45 cm, local application of $\text{N}_{20}\text{P}_{30}\text{K}_{20}$ mineral fertilizers, planting with a plant feeding area of 1.5 м^2 , minimal manual labor costs in the technological process of plant care, mechanized fruit harvesting and seed separation, and the possibility of by-product utilization.

Key words: watermelon, seeds, primary soil cultivation, fertilization, plant feeding area, yield, quality.

ТРАНСФОРМАЦІЯ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО В РЕЗУЛЬТАТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИКОРИСТАННЯ

КОВАЛЬОВ М.М. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0003-4421-8960

Центральноукраїнський національний технічний університет
МЕДВЕДЕВА О.В. – кандидат біологічних наук, доцент
orcid.org/0000-0001-9265-958X

Центральноукраїнський національний технічний університет
КРОПІВНИЙ В.М. – кандидат технічних наук, професор
orcid.org/0000-0002-5313-0226

Центральноукраїнський національний технічний університет
МІРЗАК Т.П.
orcid.org/0000-0003-0830-8854

Центральноукраїнський національний технічний університет

Постановка проблеми. Кількість і склад обмінних катіонів – найважливіші параметри колоїдного комплексу, оскільки співвідношення поглинених катіонів істотно впливають на агрономічні властивості ґрунту та врожайність сільськогосподарських культур. У ґрунтах з абсолютним переважанням кальцію та магнію при їх сприятливому співвідношенні утворюється агрономічно цінна водоміцна структура, покращуються водно-фізичні властивості [1, с. 112]. Сума поглинених катіонів кальцію та магнію в процесі ґрунтоутворення з одного боку зростає за рахунок утворення та накопичення гумусу, з іншого зменшується внаслідок руйнування колоїдної частини ґрунту.

Індикаційними ознаками зміни фізико-хімічних властивостей найчастіше є зниження загального вмісту та якісні зміни гумусу ґрунту. Паралельно з втратами гумусу відбулися зміни у вмісті обмінних катіонів кальцію та магнію. Досить висока сума обмінних кальцію та магнію відзначається у верхніх горизонтах чорнозему типового та поступово зменшується з глибиною паралельно зменшенню гумусу, що свідчить про біологічну акумуляцію органічних колоїдів за рахунок гумусових речовин. Накопичення органічних та органо-мінеральних колоїдів сприяє інтенсивній акумуляції обмінного кальцію в гумусованій частині профілю [2, с. 14].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Високопродуктивне використання земельних ресурсів неможливе без урахування особливостей структурно-агрегатного стану ґрунтів, що визначають фізичні умови ґрунтової родючості. Вміст агрономічно цінних агрегатів розміром 0,25–10 мм сприймається як критерій обґрунтування тих чи інших агротехнічних заходів. У процесі тривалого сільськогосподарського використання чорнозему типового втрачається грудкувато-зерниста структура, зменшується вологемність, водопроникність [3, с. 32].

Основними факторами, що визначають деградаційний характер структурного стану ґрунтів, є зменшення вмісту органічної речовини (дегуміфікація) та ущільнюючого впливу сільськогосподарської техніки [4, с. 7].

Як свідчать проведені дослідження, В.В. Медведєва [5, с. 10], у формуванні структурного стану орних ґрунтів

особлива роль належить сільськогосподарській техніці. З одного боку, ґрунтообробні знаряддя, активно впливають на ґрунт, сприяють розпаду ґрунтової маси на агрегати, але з іншого боку, внаслідок тиску важкої сільськогосподарської техніки відбувається ущільнення ґрунту. У ході такого впливу руйнується структура ґрунту, підвищуються щільність орного та підорного горизонтів, що призводить до погіршення водо- та повітропроникності, зниження нітрифікаційної здатності, і врешті-решт – до зниження врожайності сільськогосподарських культур на 5–20 % і більше. Ущільнення як орного, так і підорних шарів ґрунту носить кумулятивний характер, тобто відбувається накопичення ущільнюючого впливу [6, с. 117; 7, с. 24].

Тому дуже актуальною є проблема комплексного вивчення та оцінки чорнозему на фіксованих об'єктах території.

Мета статті. Метою дослідження – провести порівняльне вивчення та комплексну агроєкологічну оцінку трансформації чорнозему типового Бугзько-Дніпровського міжріччя за тривалого сільськогосподарського використання.

Матеріали та методика досліджень. Для оцінки зміни агроєкологічних властивостей чорнозему типового за 20-річний період використання, восени 2003 року було закладено ґрунтові розрізи, з яких відібрано зразки ґрунту на наступних варіантах:

1. Рілля (розріз 1) – польові сівозміни з переважанням зернових, просапних та кормових культур.

2. Рілля (розріз 2) – овочева сівозміна. На модальній ділянці протягом 50 років оброблявся широкий асортимент овочевих культур: капуста, цибуля, морква, столовий буряк, огірок, томат, рання картопля. Зрошення проводилося дощуванням річковою водою (р. Плетений Ташлик), залежно від погодних умов та культури, що обробляється, за вегетаційний період проводили 3–4 поливи з нормою 300–400 м³/га.

3. Переліг (розріз 3) – травостій представлений різнотравно-злаковою асоціацією. Для отримання коректніших висновків про зміну агроєкологічних властивостей чорнозему типового, порівнювали агроєкосистеми з природною екосистемою.

Усі об'єкти, що порівнюються, знаходяться на незначному видаленні один від одного та сформовані в ідентичних умовах ґрунтоутворення.

Вивчення наслідків антропогенного впливу на чорнозем типовий здійснювалося шляхом проведення польових та лабораторних досліджень. У роботі використовували профільний та порівняно – аналітичний методи. Орні варіанти ґрунтів оцінювалися за рівнем зміни морфологічних, фізичних та фізико-хімічних властивостей порівняно з цілиним аналогом.

У польових умовах проводилися морфологічні описи ґрунтових профілів згідно з загальноприйнятими методиками польової діагностики ґрунтів [8, с. 3].

У лабораторії кафедри загального землеробства ЦНТУ визначено гранулометричний, гранулометричний склад, фізико-хімічні, загальні фізичні, водні властивості ґрунтових зразків за загальноприйнятими методиками [9, с. 7]. Статистична обробка отриманих даних проводилася за методикою дисперсійного аналізу [10, с. 49].

Результати досліджень. На підставі отриманих даних було встановлено, що чорнозем типовий природних екосистем має значну суму обмінних кальцію і магнію до 48,1 мг-екв./100 г у гумусово – акумулятивному горизонті, з глибиною їх вміст поступово зменшується до 29,50 мг-екв./100 г. У ході різного антропогенного навантаження сума поглинених основ кальцію та магнію зазнала суттєвих змін, переважно негативного характеру [11, с. 83]. Втрати кальцію та магнію в чорноземі типовому польової сівозміни у шарі 0–20 см склали близько 15 %, у шарі 0–40 см до 20 %. Для овочевої сівозміни вміст поглинених кальцію та магнію скоротився в 1,2 рази у орному горизонті. Це узгоджується з повсюдною втратою у тих умовах гумусу [12, с. 21]. Зменшення показника суми поглинених катіонів кальцію та магнію можна пояснити винесен-

ням кальцію врожаєм сільськогосподарських культур, тоді як у цілинному варіанті встановлюється відносно рівноважна система. Водночас частка катіонів в обмінному комплексі ріллі залишається на високому рівні, що свідчить про досить стійкий склад колоїдного комплексу ґрунту. Отримані результати узгоджуються з даними представленими у роботах [13, с. 118; 14, с. 31].

У верхній частині профілю чорнозему типового у складі поглинених катіонів переважає обмінний кальцій до 95 % від суми поглинених кальцію і магнію, в нижніх горизонтах збільшується частка магнію (див. рис. 1).

Вміст магнію та досить вузьке співвідношення кальцію до магнію в нижніх горизонтах ґрунтового профілю, мабуть, пояснюється особливостями складу ґрунтоутворюючих порід і міцним його поглинанням мінеральними колоїдами, що утворюються при ґрунтоутворенні, а також меншою активністю цього іона до обміну [15, с. 67]. Співвідношення кальцію до магнію знизилася з 8:1 до 6:1.

До того ж у чорноземах відбувається трансформація як органічної, так і мінеральної частини. Тому частина магнію може звільнитися та переходити з кристалічних решіток мінералів в обмінний стан.

Відомо, що обмінний кальцій накопичується в найбільш гумусованій частині профілю чорнозему типового, насамперед за рахунок біогенних процесів, тоді як вміст обмінного магнію тут незначний і він, як правило, відіграє другорядну роль в обмінних процесах. Можна сказати, що обмінний кальцій виступає як сполучна ланка між гумусовими кислотами та поверхнею ґрунтових частинок. Це супроводжується утворенням органічно-мінеральних адсорбційних комплексів, які відіграють важливу роль у формуванні ґрунтового вого комплексу. Окрім того, обмінні катіони є резервом елементів живлення, так як їх легко поглинають кореневі системи. При

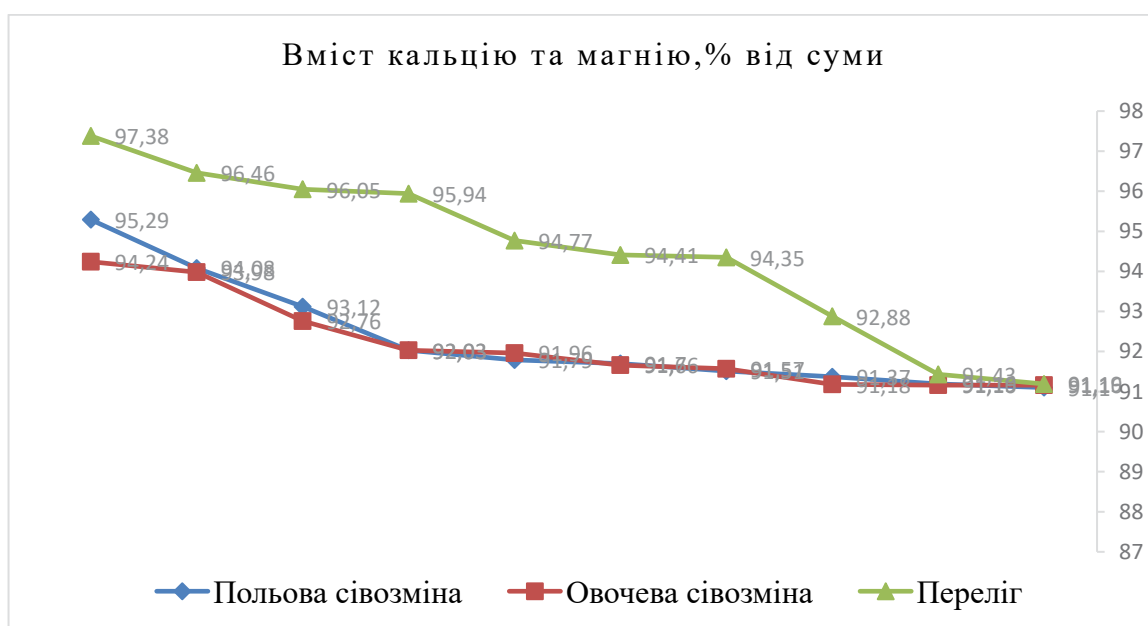


Рис. 1. Вміст поглинених кальцію та магнію, % від суми

повному насиченні кальцієм ґрунтового вбирного комплексу в ньому зберігаються сприятливі умови для росту та розвитку культурних рослин. Високий вміст гумусу (до 6 %) та важкосуглинковий гранулометричний склад типового чорнозему визначають високий ступінь насиченості їх основами (до 97 %).

Вивчення реакції ґрунтового розчину має важливе значення для розуміння ґрунтоутворювального процесу та родючості ґрунту (див. табл. 1). З реакцією ґрунтового розчину тісно пов'язані життєдіяльність ґрунтової мікрофлори, процеси перетворення мінеральної та органічної частин ґрунту: розчинення речовин, дисоціація, виникнення та стійкість комплексних сполук, а, отже, міграція та акумуляція речовин у ґрунтовому профілі [16, с. 86].

Порівнюючи реакцію ґрунтового розчину зі складом обмінних катіонів, варто відзначити, що у складі обмінних катіонів лише кальцій і магній забезпечують чорноземам типовим нейтральну реакцію рН 6,5–7,1, яка є оптимальною для росту та розвитку більшості сільськогосподарських культур. У карбонатних горизонтах реакція стає лужною та значення показника рН збільшується до 7,6.

У верхньому горизонті цілинного чорнозему відзначено деяке підкислення ґрунтового розчину в порівнянні з орними варіантами, цілком ймовірно за рахунок впливу природної рослинності. На думку деяких авторів, різнотравно – злакова асоціація природних екосистем за рахунок виділення двоокису вуглецю, вибіркового

поглинання катіонів та різного хімічного складу кореневих та надземних залишків впливають на фізико-хімічні властивості ґрунту [17, с. 495]. За спостереженнями Богдановича Р. П. та Радомського Ю. А. [18, с. 86] актуальна кислотність ґрунту під різними природними рослинними угрупованнями варіює в досить широких межах. Це зумовлено не тільки впливом кислотності ґрунту на склад та будову рослинних угруповань, а й зворотним впливом рослинної спільноти на рН ґрунтового розчину.

У зміні останнього активну участь беруть кореневі виділення рослин та ґрунтові мікроорганізми, що руйнують відмерлі рослинні залишки. Хоча поки що достатньо ясно, що тут має вирішальне значення – кореневі виділення або продукти розкладання рослинних залишків.

Наведені дані дозволяють стверджувати, що тривалі сільськогосподарське використання чорнозему типового помітно відбивається на фізико-хімічних властивостях: зменшується вміст поглиненого кальцію, зростає співвідношення кальцію до магнію. Після багаторічного помірного зрошення річковою водою ґрунтовий розчин типового чорнозему відрізняється слаболужною активною реакцією. Це, на думку Цвей Я. П. [19, с. 6] пов'язане з активізацією процесів утворення бікарбонатів та їх вертикальною міграцією.

Зменшення обмінного кальцію не могло не вплинути на структурний стан, оскільки гумати кальцію склеюють механічні елементи в агрегати та надають їм водоміцності.

Таблиця 1

Фізико-хімічні властивості чорнозему типового

Глибина відбору зразків, см	2003 рік				2023 рік			
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Сума Ca ²⁺ + Mg ²⁺	рН водної суспензії	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Сума Ca ²⁺ + Mg ²⁺	рН водної суспензії
Розріз 1. Польова сівоzmіна, без зрошення								
0-10	29,52	3,43	32,95	7,02	22,52	4,05	26,57	6,74
10-20	23,19	2,37	25,56	7,07	19,08	4,12	23,13	6,98
20-30	19,02	4,05	23,07	7,12	16,64	4,10	20,74	7,03
30-40	16,76	5,00	21,76	7,19	12,09	3,86	15,95	7,15
40-50	15,50	4,63	20,13	7,25	10,15	4,03	14,18	7,26
50-60	14,05	4,10	18,15	7,28	10,05	4,50	14,55	7,24
Розріз 2. Овочева сівоzmіна, з зрошенням								
0-10	38,40	5,78	44,18	6,60	28,56	5,12	33,68	7,26
0-10	38,40	5,78	44,18	6,60	28,56	5,12	27,86	7,26
20-30	19,76	4,12	23,88	6,50	19,02	4,18	23,20	7,38
30-40	16,10	4,25	20,35	7,05	16,85	4,36	21,21	7,42
40-50	13,63	5,17	18,80	7,12	11,44	5,26	16,7	7,48
50-60	10,60	5,40	16,0	7,18	10,28	5,14	15,42	7,64
Розріз 3 Природна екосистема, переліг								
0-10	-	-	-	-	43,7	4,40	48,10	6,07
10-20	-	-	-	-	43,18	3,54	46,70	6,28
20-30	-	-	-	-	35,92	4,60	40,52	7,12
30-40	-	-	-	-	32,17	3,97	36,14	7,23
40-50	-	-	-	-	23,12	6,38	29,50	7,24
50-60	-	-	-	-	20,64	4,19	24,83	7,30
HIP _{0,05}	-	-	-	-	1,42	1,78	1,90	0,09

За результатами досліджень в ґрунтах чорноземного типу [20, с. 16] встановлено, що при тривалому антропогенному впливі на чорноземи із застосуванням різних прийомів обробітку ґрунту, процес руйнування агрегатів врівноважується процесами їх відновлення, сам агрегатний склад на полях сівозміни досить стійкий. Кількісний та якісний склад макроструктурних часточок ґрунту значною мірою визначає стійкість ґрунту до деградаційних процесів. Однак, наші власні дослідження вказують на переважання в ґрунті власне деградаційних процесів [17, с. 496].

Попри те, що вивченню структурно-агрегатного стану чорнозему типового присвячено чимало робіт [2, с. 13; 3, с. 72; 6, с. 122], актуальність подібних досліджень ані трохи не зменшується, оскільки без знання зміни структурно-агрегатного стану неможливе цілеспрямоване керування умовами ефективної родючості.

Відомо, що із структурою твердої фази ґрунту тісно пов'язана структура шпарин. У порах відбуваються всі фізичні, хімічні та біологічні процеси. Вода, що надходить, перерозподіляється в ґрунтового профілю та створює необхідні запаси для рослин. Зміна структурно-агрегатного стану неодмінно позначиться інфільтраційної здатності ґрунту, що сприяє посиленню або зниженню ерозії. Збільшення розміру агрегатів сприяє захисту родючого шару як від ерозії, так і дефляції.

Необхідно пам'ятати той факт, що структура ґрунтів впливає на проростання насіння, зростання та поширення коренів рослин. По суті, тільки через структуру можна керувати загальними фізичними властивостями ґрунтів, а також процесами, що протікають в них.

Чорнозем типовий природної екосистеми характеризується гарною структурою, в ньому переважають агрегати розміром 1–3 мм, що становить 38 % від загальної маси повітряно-сухого ґрунту (див. табл. 2).

При тривалому сільськогосподарському використанні чорнозему типового спостерігається істотна зміна його структурно-агрегатного стану. Структурний склад орного шару при сухому просіюванні має свої

особливості у староорних чорноземів. Вміст брилистої фракції (грудки > 10 мм) за більш ніж тридцятирічний період збільшився на 17,6 %. Кількість агрономічно цінних агрегатів (0,25–10 мм) становить 68,9 %. Вміст пилу (< 0,25 мм) у шарі 0–40 см збільшився незначно.

Відповідно до зростання брилистої фракції відмічене зменшення кількості агрономічно цінних агрегатів та коефіцієнта структурності. Максимальне руйнування зазнали агрегати розміром від 1–5 мм, вміст яких зменшився на 18 %. Кількість найбільш цінних агрегатів розміром 1–3 мм у шарі 0–40 см зменшилась на 15 %. Більш істотні зміни структурного стану відзначені в зрошуваному чорноземі під час обробітку овочевих культур. В ньому вміст глибистої фракції зростає в орному шарі на 17 %, в підорному 15 %, що супроводжується формуванням великих грудок і безформних брил, які сильно погіршують водно-повітряний режим чорноземів та призводить до утворення кірки після випадання опадів та зрошення. Зменшення кількості агрономічно цінних агрегатів за різного антропогенного навантаження супроводжується формуванням у посушливий період практично постійної системи вертикальних шпарин. Зменшення вмісту гумусу та обмінного кальцію суттєво вплинуло на деагрегацію чорноземів, оскільки утворення структурних часточок пов'язане з коагуляцією та цементуючою дією гуматів кальцію. У ґрунтах коагуляція колоїдів відбувається переважно під впливом іонів-коагуляторів, таких як кальцій, магній, алюміній. Адсорбуючись у підорному шарі вони зменшують величину заряду колоїдів, які коагулюють і злипаються один з одним з утворенням мікро агрегатів. Для оцінки структурного стану ґрунту використовується коефіцієнт структурності (K_c) – відношення суми агрономічно цінних та нецінних агрегатів [21, с. 175].

Структурний стан чорнозему типового агроєкосистем знаходиться на досить високому рівні ($K_c > 1$) як в орному, так і підорному горизонтах. Особливо привертає увагу висока оструктуреність гумусового горизонту

Таблиця 2

Структурний склад чорнозему типового

Роки	Глибина відбору зразка, см	Розмір агрегатів, мм Фракційний вміст, % від маси повітряно-сухого ґрунту								Коефіцієнт структурності
		> 10	10-5	5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25	
Розріз1. Польова сівоzmіна, без зрошення										
2003	0-20	15,3	7,2	13,8	13,4	23,2	9,0	8,0	10,1	2,9
	20-40	16,8	6,2	10,3	10,6	20,4	9,7	12,3	13,5	2,3
2023	0-20	17,6	10,2	14,0	9,6	21,0	8,2	5,9	13,5	2,2
	20-40	18,9	9,4	12,2	7,6	18,6	6,5	10,8	15,9	1,8
Розріз 2. Овочева сівоzmіна, з зрошенням										
2003	0-20	22,6	13,0	9,9	6,5	9,9	9,3	10,1	18,6	1,4
	20-40	24,6	13,5	12,8	8,5	11,1	8,4	8,3	12,8	1,7
2023	0-20	27,9	11,1	14,1	8,7	10,0	4,3	7,1	19,8	1,1
	20-40	28,7	12,7	9,8	7,7	10,8	5,4	7,9	16,9	1,2
Розріз 3 Природна екосистема, переліг										
2023	0-20	10,8	14,5	13,0	13,5	24,7	6,0	8,9	8,5	4,1
	20-40	15,3	6,2	6,3	8,8	25,6	4,9	16,8	9,3	3,1

природної екосистеми, Кс дорівнює 4,1. В результаті тривалого сільськогосподарського використання коефіцієнт структурності знижується до 2,2 в чорноземах польової сівозміни без зрошення та до 1,2 – для овочевої зрошуваної сівозміни. Згідно з шкалою, що характеризує екологічну оцінку структурного стану ґрунту, чорнозем типовий природної екосистеми має відмінний стан, агроекосистеми польової сівозміни – добрий, а овочевої – задовільний [3, с. 33].

Достовірніші висновки про структурний стан дозволяють зробити дані про вміст водомічних агрегатів. Відомо, що при вмісті водомічних агрегатів понад 0,25 мм 40 % і більше, створюється свого роду основа, яка визначає оптимальну щільність ґрунту та сприяє збереження її протягом тривалого часу. При вмісті агрегатів > 0,25 мм нижче за цей рівень ґрунт деагрегується, швидко ущільнюється після оранки, фізичні властивості його, особливо повітря- та водопроникність, погіршуються.

У наших дослідженнях встановлено, що за тривалого сільськогосподарського використання чорнозему типового істотно знижується кількість водомічних агрегатів (див. табл. 3). Про кількість водомічних агрегатів можна робити висновки за даними мокрого просіювання. Наявність великої кількості агрегатів менше 0,25 мм в кількості >50 %, свідчать про низький рівень агрегованості ґрунту.

Отримані нами дані узгоджуються із даними Леонець В.О. [12, с. 25], які при вивченні впливу тривалої оранки на структуру чорнозему типового встановили, що в ґрунтах агроекосистем порівняно з природними екосистемами кількість водомічних агрегатів знижується з 52 до 13 %.

Результати мокрого просіювання показують, що при тривалому антропогенному навантаженні кількість мікроагрегатів в орному горизонті скорочується, а вміст пилуватих фракцій при розмоканні агрегатів збільшується. Водомічність структури орного шару становить 39 %, що нижче оптимального рівня, в підорному горизонті на глибині 20–40 см кількість водомічних агрегатів досягає 55 % – типових значень для чорноземів та слугує хорошим резервом для покращення структури орного шару. У зрошуваному чорноземі кількість водо-

міцних агрегатів у орному шарі становила лише 17 %, в підорному 32 %.

Інтенсивний механічний обробіток орного шару призвів до зниження вмісту водомічних агрегатів більше 0,25 мм у шарі 0–20 см. На частку найцінніших агрегатів 1–3 мм припадає лише 8,5 % у польовій сівозміні без зрошення та 6,5 % у чорноземі типовому овочевої зрошувальної сівозміни, основна маса представлена мікроагрегатами розміром менше 0,25 мм, вміст неагрегованого матеріалу становить 11,8 %, що створює сприятливі умови для розвитку ерозії та дефляції.

Підорні горизонти відрізняються вищим вмістом водомічних агрегатів, краща оструктуреність якого пояснюється відсутністю прямого антропогенного впливу безпосередньо на цей шар. Коефіцієнт водомічності агрегатів чорноземів типових для природних екосистем становив 0,9. Залежно від рівня антропогенного навантаження він знизився до 0,6 в зрошуваному та 0,4 в зрошуваному варіантах агроекосистем. Руйнування структури агроекосистем відбувається внаслідок багаторазового та інтенсивного впливу на ґрунт важкої сільськогосподарської техніки, а також після поливів дощуванням. При дії техніки на сухий ґрунт відбувається розпорошення структури. Після випадання атмосферних опадів та дощування такий ґрунт запливає, а при подальшому зневодненні формуються великі грудки та безформні брили.

Показник низької водомічності агрегатів орного горизонту та різниця з даними 2003 року свідчать про структурну деградацію староорних і особливо зрошуваного чорнозему типового, що призводить до зменшення водопоглинальної здатності, зниження кількості доступної рослинам води, зменшення шару активного водообігу.

Важливою умовою зменшення наслідків механічної руйнації ґрунтових агрегатів є скорочення кількості обробок. Інший фактор поліпшення структурного стану – більше надходження біогенних елементів, коренів та кореневих виділень, що зв'язують механічні елементи в агрегати, стерня оберігає ґрунт від висихування та руйнівної дії атмосферних опадів.

Тому необхідний моніторинг структурного стану орного шару ґрунтів агроекосистем, оскільки за подаль-

Таблиця 3

Вміст водомічних агрегатів у чорноземі типовому

Варіанти, рік	Глибина відбору зразка, см	Розмір агрегатів, мм. Вміст фракції, %					
		>3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25
Польова сівозміна без зрошення, 2003	0-20	3,5	6,9	12,6	9,44	18,6	48,40
	20-40	6,4	5,4	6,1	7,16	20,4	54,54
Польова сівозміна без зрошення, 2023	0-20	2,6	3,5	10,6	8,2	14,8	60,0
	20-40	8,4	5,2	10,0	6,0	20,0	48,0
Овочева сівозміна з зрошенням, 2003	0-20	1,6	3,4	8,3	4,1	10,1	72,5
	20-40	1,1	1,8	6,8	4,7	19,0	66,6
Овочева сівозміна з зрошенням, 2023	0-20	0,8	1,0	6,0	3,0	6,0	83,2
	20-40	1,2	1,6	6,0	4,0	19,6	67,6
Переліг	0-20	5,5	8,2	15,3	10,1	15,6	45,3
	20-40	4,8	8,6	10,5	6,9	20,7	48,5

шого розвитку зазначених негативних тенденцій можуть погіршуватися функціонально пов'язані фізичні властивості (щільність та пористість).

Висновки. Тривале сільськогосподарське використання чорнозему типового вплинуло на агроекологічні властивості ґрунту. Спостерігається погіршення структури. Більш інтенсивні зміни виявлені в зрошуваному чорноземі, у ньому також відмічено зниження межі закипання.

У незрошуваному чорноземі, за більш ніж тридцятирічний період, відбулося зниження поглинутих катіонів на 16 %, у а зрошуваному втрати склали 20 %. У порівнянні з природною екосистемою сума обмінних кальцію та магнію зменшилася в 1,5 рази, при цьому власне частка кальцію знизилася з 89 % в природних екосистемах ціліні до 80 % в агроекосистемах. Спостерігається зміщення рівня рН у лужний бік ґрунтового розчину при зрошенні.

Тривалий антропогенний вплив виявився у збільшенні брилистості, деагрегації ґрунтової маси, руйнуванні структури верхньої частини профілю, зменшенні кількості агрономічно цінних агрегатів на 18 %, зниженні коефіцієнтів структурності з 4,1 до 1,4.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Топольний Ф., Топольний С. Ґрунти як компоненти ландшафту: проблеми генези і класифікації. *Науковий вісник Чернівецького університету: збірник наукових праць. Вип. 318. Географія*. Чернівці: Рута, 2006. С. 110–116.
2. Канівець О. М. Ознаки та причини погіршення родючості ґрунтів. Національне виробництво й економіка в умовах реформування: стан і перспективи інноваційного розвитку та міжрегіональної інтеграції: Тернопіль: Крок, 2016. 28 с.
3. Носко Б. С. Антропогенна еволюція чорноземів. Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського». Харків: Вид. «13 типографія», 2006, 239 с.
4. Тихоненко Д. Г. Головні закономірності розвитку агрогенних ґрунтів України. *Вісник ХНАУ ім. В. В. Докучаєва, Сер. «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів»*, 2015, № 2, С. 6–9.
5. Медведєв В. В. Нормативи утворення і збереження структури ґрунту. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 3. С. 9–13.
6. Циліурік О. І., Чорна В. І., Гаврюшенко О. О. та ін. Зміна агрофізичних властивостей чорнозему звичайного під впливом обробітку ґрунту в сівозміні та на рекультивованих землях в умовах Степу України. *Зернові культури*. 2021. Т. 5. № 1. С. 115–124.
7. Позняк С. П. Актуальні проблеми ґрунтознавства і географії ґрунтів. Львів: ЛНУ імені Івана Франка. 2017. 272 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. Яровий А. Т., Страхов Є. М. Багатовимірний статистичний аналіз : начальнo-методичний посібник для студентів математичних та економічних фахів. Одеса: Астропринт, 2015. 132 с.
11. 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.
12. Леонєць В. О. Екологічні наслідки сучасної деградації природних і антропогенних ландшафтів та основні напрямки охорони земель. *Землепорядний вісник*. № 3. Київ, 1998. С. 15–30.
13. Brevik E. C. et al. The inter disciplinary nature of soil. *SOIL*. 2015. 1. pp. 117–129.
14. Чорний С. Г. Оцінка якості ґрунтів: навчальний посібник. Миколаїв: МНАУ, 2018. 233 с.
15. 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.
16. Ковальов М. М., Семетківська Т. О. Причини низької ефективності хімізації землеробства в умовах чорноземної зони України. *Вісник ХНАУ: 36. наук. пр. / Харк. націон. аграр. ун-т*. 2014. № 2. С. 84–90.
17. Ковальов М. М., Топольний Ф. П., Переушільнення ґрунтів – проблема сьогодення зб. наук. ст. III-го Всеукр. з'їзду екологів з міжнар. участю [Екологія – 2011], (21–24 верес., 2011р.) Вінниця, 2011. Т.2. С. 493–496.
18. Богданович Р. П., Радомський Ю. А. Зміни у структурно-агрегатному складі ґрунту при виведенні його з сільськогосподарського використання. *Вісник Харківського нац. аграрного ун-ту. Сер. Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство*. 2013. № 1. С. 85–88.
19. Цвей Я. П. Вплив системи удобрення на структуру ґрунту. *Цукрові буряки*. 2002. № 4. С. 5–7.
20. Бережняк М. Ф., Бережняк Є. М., Колісніченко О. М. Структурно-агрегатний стан чорноземних ґрунтів за різного їх використання. Агрохімія і ґрунтознавство. Спец. випуск до VI з'їзду УТГА: Ґрунтознавство та агрохімія на шляху до сталого розвитку України. Книга друга. Харків, 2010. С. 16–17.
21. Примак І., Рижук С. Маловідомі факти наукової спадщини академіка В. Р. Вільямса. *Історія української науки на межі тисячоліть: 36. наук. праць*. К., 2005. Вип.20. С. 173–183.

REFERENCES:

1. Topolnyi F., Topolnyi S. (2006). Grunty yak komponenty landshaftu: pro-blemy henezy i klasyfikatsii [Soils as landscape components: problems of genesis and classification]. *Naukovyi visnyk Chernivetskoho universytetu: zbirnyk naukovykh prats – Scientific bulletin of Chernivtsi University: collection of scientific works*, 318, 110–116 [in Ukrainian].
2. Kanivets O. M. (2016). *Oznaky ta prychny pohirshennia rodichosti gruntiv. Na-tSIONalne vyrobnytstvo y ekonomika v umovakh reformuvannia: stan i perspek-*

- tyvy innovatsiinoho rozvytku ta mizhrehionalnoi inte-ratsii [Signs and causes of deterioration of soil fertility. National production and economy in the conditions of reform: state and prospects of innovative development and interregional integration]. Ternopil: Krok [in Ukrainian].
3. Nosko B. S. (2006). *Antropohenna evoliutsiia chornozemiv. Natsionalnyi nauko-vyi tsentr «Instytut gruntoznavstva ta ahrokhimii im. O.N. Sokolovskoho» [Anthropogenic evolution of chernozems]*. Kharkiv: «13 typohrafiia» [in Ukrainian].
 4. Tykhonenko D. H. (2015). Holovni zakonornosti rozvytku ahrohenykh gruntiv Ukrainy [The main regularities of the development of agrogenic soils of Ukraine]. *Visnyk KhNAU im. V.V. Dokuchaieva, Ser. «Gruntoznavstvo, ahrokhimii, zemlerobstvo, lisove hospodarstvo, ekolohiia gruntiv» – Bulletin of Kharkiv National Agrarian University named after V.V. Dokuchaieva, Ser. «Soil science, agrochemistry, agriculture, forestry, soil ecology»*, 2, 6–9 [in Ukrainian].
 5. Medvediev V. V. (2010). Normatyvy utvorennia i zberezhenia struktury gruntu [Standard of formation and conservation of soil structure]. *Visnyk ahrar-noi nauky –News of agrarian sciences*, 3, 9–13 [in Ukrainian].
 6. Tsyliuryk O. I., & Chorna V. I., & Havriushenko O. O. et al. (2021). Zmina ahrofizychnykh vlastyvostei chornozemu zvychainoho pid vplyvom obrobitku gruntu v sivozhmini ta na rekultyvovanykh zemliakh v umovakh Stepu Ukrainy [Changes in the agrophysical properties of ordinary chernozem under the influence of tillage in crop rotation and on reclaimed lands in the conditions of the Steppe of Ukraine]. *Zernovi kultury – Cereal crops*, 1, 115–124. [in Ukrainian].
 7. Pozniak S. P. (2017). *Aktualni problemy gruntoznavstva i heohrafii gruntiv [Actual problems of soil science and soil geography]*. Lviv: LNU imeni Ivana Franka [in Ukrainian].
 8. Iakist gruntu. Polovyi opys gruntu (2004). *ISO 25177:2008, IDT: DSTU ISO 25177:2015 from 1st April 2016*, Kyiv: Natsionalni standarty Ukrainy [in Ukrainian].
 9. Orhanichna rehovyna gruntu [Soil organic matter]. (2005). *DSTU 4289-2004 from 30th April 2004*, Kyiv: Derzhspozhivstandart of Ukraine [in Ukrainian].
 10. Yarovyi A. T., Strakhov Ye. M. (2015). *Bahatovymyryi 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].
 11. Kovalov M. M., & Topolnyi F. P., & Malakhovska V. O. (2023). Orhanichna rehovyna gruntu pid vplyvom try-valoho silskohospodarskoho vykorystannia [Soil organic matter as affected by long-term agricultural use] *Ahrarni innovatsii Retsenzovanyi naukovi zhurnal - Agricultural Innovations Peer-reviewed scientific journal*. 17, 81–87 [in Ukrainian].
 12. Leonets V. O. (1998). Ekolohichni naslidky suchasnoi dehradatsii pryrodnykh i antropohennykh landshaftiv ta osnovni napriamky okhorony zemel [Ecological consequences of modern degradation of natural and anthropogenic landscapes and the main directions of land protection]. *Zemlevporiadnyi visnyk – Land Management Herald*, 3, 15–30 [in Ukrainian].
 13. Brevik E. C. et al. The inter disciplinary nature of soil. *SOIL*. 2015. 1. pp. 117–129
 14. Chornyi, S. H. (2018). *Otsinka yakosti gruntiv: navchalnyi posibnyk [Assessment of soil quality: a study guide]*. Mykolaiv: Mykolaiv National Agrarian University [in Ukrainian].
 15. Popirnyi, M. A. (2016). Zmina yakisnykh i spektroskopichnykh kharakterystyk orhanichnoi rehovyny chornozemu typovoho za riznykh system obrobitku gruntu [Changes in qualitative and spectroscopic characteristics of organic matter of typical chernozem under different tillage systems]. *Visnyk ahrar-noi nauky - Herald of Agrarian Science*. 7, 65–68 [in Ukrainian].
 16. Kovalov M. M., Semetkivska T. O. (2014). Prychyny nyzkoï efektyvnosti khimi-zatsii zemlerobstva v umovakh chornozemnoi zony Ukrainy [Reasons for the low efficiency of agricultural chemicalization in the conditions of the black earth zone of Ukraine.]. *Visnyk KhNAU im. V.V. Dokuchaieva, Ser. «Gruntoznavstvo, ahrokhimii, zemlerobstvo, lisove hospodarstvo, ekolohiia gruntiv» – Bulletin of Kharkiv National Agrarian University named after V.V. Dokuchaieva, Ser. «Soil science, agrochemistry, agriculture, forestry, soil ecology»*, 2, 84–90 [in Ukrainian].
 17. Kovalov, M. M., Topolnyi, F. P. (2011). Pereushchilnennia gruntiv – problema sohodennia [Soil compaction is a problem today]. Proceedings from: *III Vseukr. zizdu ekolohiv z mizhnar. uchastiu – The Third All-Ukrainian congress of ecologists from the international participation*. (pp. 493–496). Vinnytsia: Vinnytsia National Technical University [in Ukrainian].
 18. Bohdanovych R. P., & Radomskyi Yu. A. (2013). Zminy u strukturno-ahrehatnomu skladi gruntu pry vyvedenni yoho z sils-kohospodarskoho vykorystannia [Changes in the composition of soil aggregations of the soil taken out of plowed]. *Visnyk Kharkivskoho nats. ahrarnoho un-tu. Ser. Gruntoznavstvo, ahrokhimii, zemlerobstvo, lisove hospodarstvo – Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Seria Soil science, agrochemistry, farming, forestry*, 1, 85–88 [in Ukrainian].
 19. Tsvei Ya. P. (2002). Vplyv systemy udobrennia na strukturu gruntu [The influence of the fertilization system on the soil structure]. *Tsukrovi buriaky – Sugar beets*, 4, 5–7 [in Ukrainian].
 20. Berezhniak M. F., & Berezhniak Ye. M., & Kolisnichenko O. M. (2010). Strukturno-ahrehatnyi stan chornozemnykh gruntiv za riznoho yikh vykorystannia [Structural and aggregate state of chernozem soils for their various uses]. *Ahrokhimii i gruntoznavstvo. Spets, vypusk do VI zizdu UTHA: Gruntoznavstvo ta ahrokhimii na shliakhu do staloho rozvytku Ukrainy – Agrochemistry and soil science. Special issue for the 6th Congress of UTHA: Soil science and agrochemistry on the way to sustainable development of Ukraine*, 2, 16–17 [in Ukrainian].
 21. Prymak I., & Ryzhuk S. (2005). Malovidomi fakty naukovoi spadshchyny akademika V.R. Viliamsa. Istoriia ukrainskoi nauky na mezhi tysiacholit [Little-known facts of the scientific heritage of Academician V.R. Williams. The history of Ukrainian science on the verge of millennia]. *Zb. nauk. prats – Coll. of science works*, 20, 173–183 [in Ukrainian].

Ковальов М.М., Медведєва О.В., Кропивний В.М., Мірзак Т.П. Трансформація чорнозему типового в результаті сільськогосподарського використання

Розвиток деградаційних процесів, які відбулися в чорноземі типовому під впливом тривалого сільськогосподарського використання закономірно позначилися на їх структурно-агрегатному складі та фізико-хімічних властивостях. **Метою** проведення порівняльного вивчення та комплексної агроекологічної оцінки трансформації чорнозему типового Бугзько-Дніпровського міжріччя за тривалого сільськогосподарського використання. **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.** Результати проведених досліджень в природно-кліматичних умовах Бугзько-Дніпровського міжріччя дали змогу виявити деградаційні процеси трансформації потенційної ґрунтової родючості чорнозему типового при порівнянні даних стаціонарних модульних ділянок за тридцятирічний період. Встановлено кількісні та якісні зміни його властивостей у результаті тривалого сільськогосподарського використання. Виявлено причини, що визначають зміни морфологічних, фізико-хімічних, агрофізичних властивостей за умов тривалого використання чорнозему в різних типах агроєкосистем. Показано вплив рівня антропогенного навантаження на основні агроекологічні властивості чорнозему типового.

Висновки. Комплексний аналіз отриманих значень агроекологічних властивостей чорнозему типового виявив деградаційні зміни в агроєкосистемах. Більш виражені ці зміни спостерігалися в зрошуваних відмінах чорнозему типового, в яких чітко простежується зниження стійкості мікроструктури та вмісту водостійких агрегатів. У незрошуваних чорноземах поглинені катіони зменшилися в середньому на 16 % за 20 років, тоді як у зрошуваних ґрунтах цей показник становив 20 %. Кількість обмінного кальцію та магнію зменшилася в 1,5 рази, в ґрунтах агроєкосистем у порівнянні з цілинним аналогом. В умовах зрошення рівень кислотності ґрунтового розчину змістилася в лужний бік. Тривале сільськогосподарське використання чорнозему типового призвело до посилення деагрегації, руйнування структури в ґрунтовому профілі, зменшення кількості агрономічно цінних агрегатів на 18 %, зниження коефіцієнту структурності з 4,1 до 1,4.

Ключові слова: чорнозем типовий, антропогенна трансформація, кислотність, кальцій, магній, структурність.

Kovalov M.M., Medvedieva O.V., Kropivnyi V.M., Mirzak T.P. Transformation of typical chernozem as a result of agricultural use

The development of degradation processes that took place in typical chernozem under the influence of long-term agricultural use naturally affected their structural and aggregate composition and physical and chemical properties. **Purpose.** The purpose of conducting a comparative study and comprehensive agro-ecological assessment of the transformation of black soil of the typical Bugz-Dnieper interfluvium under long-term agricultural use. **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 (physico-chemical and agrochemical studies, comparative-calculation and statistical (mathematical and statistical processing of experimental data).

The results. The results of the research conducted in the natural and climatic conditions of the Bugzka-Dnieper watershed made it possible to identify the degradation processes of transformation of the potential soil fertility of typical chernozem when comparing the data of stationary modular plots over a thirty-year period. Quantitative and qualitative changes in its properties as a result of long-term agricultural use have been established. The reasons determining changes in morphological, physicochemical, agrophysical properties under the conditions of long-term use of chernozem in various types of agroecosystems have been revealed. The influence of the level of anthropogenic load on the main agro-ecological properties of typical chernozem is shown. **Findings.** A comprehensive analysis of the obtained values of agro-ecological properties of typical chernozem revealed degradation changes in agro-ecosystems. These changes were more pronounced in irrigated variations of typical chernozem, in which a decrease in the stability of the microstructure and the content of water-resistant aggregates is clearly visible. In non-irrigated chernozems, absorbed cations decreased by an average of 16 % over 20 years, while in irrigated soils this figure was 20 %. The amount of exchangeable calcium and magnesium decreased by 1.5 times in the soils of agro-ecosystems compared to the virgin analogue. Under irrigation conditions, the acidity level of the soil solution shifted towards the alkaline side. Long-term agricultural use of typical chernozem led to increased de-aggregation, destruction of the structure in the soil profile, a decrease in the number of agronomically valuable aggregates by 18 %, and a decrease in the coefficient of structure from 4.1 to 1.4.

Key words: typical chernozem, anthropogenic transformation, acidity, calcium, magnesium, structure.

ПРОГРАМУВАННЯ СУМАРНОГО ВОДОСПОЖИВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО В ЗРОШУВАНИХ УМОВАХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ ЗАСОБАМИ CROPWAT 8.0

ЛИХОВИД П.В. – кандидат сільськогосподарських наук

orcid.org/0000-0002-0314-7644

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

ШАРІЙ В.О. – молодший науковий співробітник

orcid.org/0000-0003-1652-3159

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку людства інформаційні технології відіграють важливу роль у всіх сферах діяльності людини, упродовження інформаційних технологій в аграрне виробництво перебуває на досить низькому рівні щодо інших галузей, хоча рентабельність виробництва сільськогосподарської продукції здебільшого залежить від своєчасних дій аграріїв, виявлення стану ґрунту, визначення поливної норми та строків поливу, кількості внесених добрив, адаптації технологій вирощування сільськогосподарських культур до погодних умов, тощо. Інтеграція комп'ютерних технологій в аграрний сектор має вагомое актуальне значення як з наукового, так і з практичного погляду, дає можливість проводити своєчасний моніторинг стану посівів сільськогосподарських культур, виявляти на первинному етапі збудників хвороб і шкідників, визначати кількісні та якісні параметри посівів і рослинницької продукції, забезпечує раціональне витрачання всіх видів ресурсів, найкращі показники економічної ефективності агровиробництва та мінімізацію антропогенного тиску на довкілля [1].

Основні фактори, що визначають продуктивність рослин, можна розділити на три групи: кліматичні – світло, тепло, вода та повітряно-газовий склад; фізичні – структура та хімічний склад ґрунту; біологічні – різноманітні мікроорганізми, рослини та тварини (як корисні, так і шкідливі). За цих умов певні види рослин мають особливі потреби в кожному факторі життя та їх оптимальному поєднанні [2]. Врахування показників продукційних процесів рослинництва має велике значення для підвищення продуктивності аграрного сектору в сільському господарстві та економіці. Враховуючи сучасні зміни клімату та дефіцит природної вологи на півдні України зрошення стає чи не найголовнішим фактором підвищення продуктивності сільськогосподарських культур. Раціональне використання зрошувальної води є конче необхідним для забезпечення сталого розвитку та попередження екологічної кризи [3]. Тому наукове обґрунтування інтенсивних технологій вирощування вітчизняних гібридів кукурудзи на зрошуваних землях південного Степу України з урахуванням гідротермічних факторів та змін клімату є актуальним завданням сьогодення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Програмний продукт FAO CROPWAT 8.0 призначений для симуляційного моделювання та програмування

водоспоживання сільськогосподарських культур, вирощуваних у різних агрокліматичних умовах за різних сценаріїв агротехнологічного комплексу та параметрів зрошення. CROPWAT 8.0 дозволяє встановити водопотребу заданої культури за прогнаних умов вирощування як по основних фазах вегетації, так і по заданих часових проміжках, визначити величину сумарного водоспоживання та виконувати управління режимом зрошення.

Дана програма широко використовується науковою спільнотою. Так, наприклад, CROPWAT 8.0 було використано для програмування водоспоживання та режиму зрошення рису [4, 5], зернової кукурудзи [6], сорго, арахісу, ряду овочевих культур, тощо [7, 8]. Окремі наукові роботи присвячені вивченню динаміки водопотреби сільськогосподарських культур на тлі поточних кліматичних змін [9].

Вітчизняні науковці також використовують CROPWAT 8.0 для програмування та управління режимом зрошення сільськогосподарських культур. Так, наприклад, даний програмний продукт було застосовано для прогнозування водопотреби сільськогосподарських культур, вирощуваних на дослідних полях Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства, включно із багаторічною культурою люцерни [10, 11]. Втім, у даних дослідженнях не було встановлено відповідність прогнаних водоспоживання рослин із реальним. Подальше вивчення питання для таких культур як пшениця озима, кукурудза зернова, соя та сорго засвідчило про невідповідність реальних водопотреб і змодельованих на 17,1% для пшениці, 21,3% для кукурудзи, 20,8% для сої та 13,6% для сорго, відповідно, що є доволі високими похибками, враховуючи загальний рівень сумарного водоспоживання цих культур і зрошувальні норми [12]. Під час подібної оцінки, окремими дослідниками було зафіксовано невідповідність прогнаних та реальних рівнів водопотреби, що вимагає калібрування розрахунків CROPWAT 8.0 для зрошуваних умов півдня України [13, 14]. Таким чином, проблематика програмування водоспоживання основних сільськогосподарських культур за допомогою програми CROPWAT 8.0 наразі не є вирішеною та потребує подальших досліджень і уточнення.

Мета. Оцінити точність програмування сумарного водоспоживання кукурудзи на зерно програмою

CROPWAT 8.0 та запропонувати калібрувальну модель для зрошуваних умов півдня України для поліпшення ефективності програмного засобу.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження виконувалось на полях Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН (ІКОСГ НААН), раніше Інститут зрошуваного землеробства НААН (ІЗЗ НААН), розташованого на правому березі Дніпра, Дніпровського району м. Херсон в зоні Інгулецької зрошувальної системи упродовж 2019–2021 рр. За аніонним складом зрошувальна вода хлоридно-сульфатна, за ДСТУ 2730-94 відноситься до II класу якості (обмежено придатна для зрошення). Зрошення кукурудзи здійснювалося краплинним способом. Ґрунт дослідних ділянок – темно-каштановий середньо-суглинковий слабосолонцюватий на карбонатному лесі, типовий для зрошуваної зони півдня України. В орному шарі вміст гумусу 2,2%, загального азоту – 0,17%, рухомого фосфору й обмінного калію – відповідно 19,7 мг/кг і 330 мг/кг ґрунту. Біологічний матеріал – рослини кукурудзи зернової – у дослідях було представлено гібридами Степовий (FAO 190) і Тронка (FAO 380).

Моделювання параметрів продукційних процесів кукурудзи на зерно для планування та оперативного управління режимами зрошення проводили з використанням комп'ютерної програми Продовольчої та сільськогосподарської організації (FAO) ООН [15] – CROPWAT 8.0 для Windows. Ця програма може бути використана науковцями й практиками для обчислення складових елементів водного режиму ґрунту, дефіциту водоспоживання та водопотреби культур у зрошенні на основі використання локальних даних про ґрунт, клімат і стан посівів, а також їхнього моделювання для коригування технологічного процесу агровиробництва. Крім того, програма дозволяє формувати графіки режиму зрошення для різних господарсько-економічних умов, розраховувати схеми водоподання залежно від рівнів запланованого врожаю. Для встановлення водопотреби культур використовували розрахункові показники евапотранспірації (середньодобового випаровування) з використанням методу Пенмана-Монтейта. Цей метод враховує як фізіологічні параметри рослин, так і кліматичні особливості певної ґрунтово-кліматичної зони. Для розрахунків у програмі CROPWAT використано метеорологічні дані Херсонської агрометеорологічної станції,

яка знаходиться поблизу дослідженого поля Інституту зрошуваного землеробства НААН.

Сумарне водоспоживання (фактичне) за вегетаційний період, а також за окремі міжфазові періоди культури, було визначено методом водного балансу за методикою Костякова [16]. Порівняння фактичного та програмованого CROPWAT 8.0 водоспоживання рослин кукурудзи виконували методами математичної статистики із оцінкою таких показників як коефіцієнт детермінації (R^2) та середня абсолютна похибка у відсотках (MAPE). Статистичні розрахунки виконували за стандартним алгоритмом у Microsoft Excel [16]. Коригування програмованої величини водоспоживання кукурудзи на зерно виконували методами лінійної регресії та штучних нейронних мереж у Tiberius. Штучна нейронна мережа мала один прихований шар нейронів, темп навчання 0,80 у 1000 епох, алгоритм навчання – зворотне поширення помилки [18]. Структура нейронної мережі схематично представлена на Рис. 1.

Комбінована регресійна модель (з урахуванням поправочного коефіцієнта нейронної мережі) також була запропонована та оцінена з точки зору адекватності та точності програмування сумарного водоспоживання культури.

Результати досліджень. За краплинного способу поливу сумарне водоспоживання (W) для гібридів кукурудзи Степовий та Тронка у 2019 році становило 4021 та 4340 м³/га; у 2020 році – 4057 та 4287 м³/га; у 2021 році – 4655 та 4940 м³/га, відповідно.

У той самий час, програмоване за допомогою CROPWAT 8.0 водоспоживання (W_m) для зазначених гібридів склало: у 2019 році – 1482 та 5350 м³/га; у 2020 році – 4477 та 5626 м³/га; у 2021 році – 3624 та 4440 м³/га, відповідно.

Очевидно, що програмоване сумарне водоспоживання суттєво відрізняється від фактичного. Характерно, що не встановлено одно типової тенденції до переоцінки, або недооцінки показника, оскільки у різні часові періоди програмний розрахунок надає як занижені, так і завищені результати. Статистична оцінка вказує на низьку адекватність змодельованого сумарного водоспоживання ($R^2 = 0,07$), так само як на низьку прогностичну достовірність моделі CROPWAT 8.0 (MAPE = 26,00%).

Лінійний регресійний аналіз вхідних даних щодо сумарного водоспоживання (W) рослин кукурудзи зер-

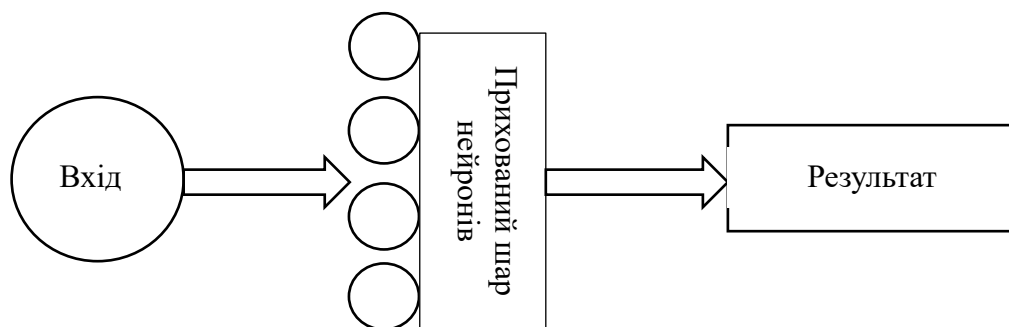


Рис. 1. Архітектура штучної нейронної мережі Tiberius для коригування розрахункової величини сумарного водоспоживання кукурудзи

нової за період 2019–2021 рр. дозволив встановити можливе коригувальне рівняння (Табл. 1).

Малий набір вхідних даних ($N = 6$) не дозволив використовувати нелінійні методи регресійного аналізу, тому результати регресійної статистики вказують на низьку адекватність та прогностичну точність рівняння. Втім, комбінований розрахунок сумарного водоспоживання рослин кукурудзи зернової засвідчив, що дане коригування виявилось ефективним, оскільки дозволило істотно знизити величину розрахункові похибки до прийнятної ($MAPE = 6,42\%$), хоча поліпшити адекватність вхідному набору фактичних даних сумарного водоспоживання культури не вдалося ($R^2 = 0,07$).

Застосування алгоритму штучних нейронних мереж дозволило максимально знизити похибку розрахунків сумарного водоспоживання у програмі CROPWAT 8.0 ($MAPE = 5,65\%$), при цьому адекватність модельованої величини даного показника також істотно поліпшилася ($R^2 = 0,25$). Застосування моделі, базованої на нейронній мережі, у чистому вигляді є неможливим. Тому методами математичної статистики нами було скориговано вихідну лінійну регресійну модель за допомогою перехідного коефіцієнта, одержаного внаслідок математичного аналізу відповідності результатів розрахунків нейронної мережі та регресійної моделі ($K = 1,0206$). Таким чином, було одержано нове коригувальне рівняння виду $Wm^2 = 4213,9 + 0,0623 \times Wm$, але результати статистичного аналізу засвідчили його нижчу прогностичну точність ($MAPE = 7,11\%$). Узагальнені результати математичного уточнення сумарного водоспоживання рослин кукурудзи зернової наведено у Табл. 2.

Результати дослідження свідчать, що програмний комплекс CROPWAT 8.0 може бути застосований до

програмування водоспоживання рослин кукурудзи на півдні України тільки у випадку коригування остаточних розрахунків, що додатково підтверджує попередньо виконані модельні дослідження [13, 14]. Альтернативою введення поправочних коригувальних коефіцієнтів є застосування коригованих коефіцієнтів культури в самій програмі CROPWAT 8.0 на етапі модельних розрахунків, оскільки було доведено, що пропоновані стандартні коефіцієнти культури для кукурудзи в умовах краплинного зрошення не відповідають реальним процесам споживання вологи культурою [19]. Причому дана тенденція невідповідності стосується не тільки рослин кукурудзи зернової, але й інших культур, наприклад, томатів та цукрових буряків, де інколи розбіжність у розрахунковому водоспоживанні в певні періоди росту і розвитку культур сягала 70% із фактичним водоспоживанням, як і у нашому дослідженні, де відхилення становило 420–2539 м³/га, або 10,35–63,14% [20, 21].

Графічна апроксимація кривих додатково засвідчує високу невідповідність між «чистим» розрахунком сумарного водоспоживання у програмі CROPWAT 8.0 із фактичним і коригованим розрахунком (Рис. 2). Максимальна невідповідність зафіксована для даних 2019 року, у той час як у 2021 році розбіжність між фактичним і модельованим водоспоживанням культури є мінімальною.

Висновки. CROPWAT 8.0 може бути успішно застосований до програмування водоспоживання рослин кукурудзи у випадку коригування остаточних розрахунків. Подальші дослідження з цього напрямку дозволять визначити найбільш оптимальний коригуючий коефіцієнт моделі та забезпечити її практичне впровадження.

Таблиця 1

Результати регресійного аналізу даних щодо модельованого та фактичного сумарного водоспоживання гібридів кукурудзи зернової за період 2019–2021 рр.

Статистичний показник	Значення
Коефіцієнт кореляції (R)	0,26
Коефіцієнт детермінації (R ²)	0,07
Коригований коефіцієнт детермінації	0,12
Прогнозний коефіцієнт детермінації	0,21
Похибка (S), м ³ /га	384,32
Похибка абсолютна (MAPE), %	63,19
Константа (α), м ³ /га	4128,8
Коефіцієнт регресії (β)	0,0611
Коригувальне рівняння (Wm ¹)	4128,8 + 0,0611 × Wm

Таблиця 2

Сумарне водоспоживання гібридів кукурудзи зернової за період 2019–2021 рр. (фактичне, кориговане), м³/га

Фактичне	CROPWAT 8.0	Кориговане-1	Нейронна мережа	Кориговане-2
4021	1482	4219	4032	4306
4340	5350	4456	4564	4547
4057	4477	4402	4564	4493
4287	5626	4472	4564	4565
4655	3624	4350	4563	4440
4940	4440	4400	4564	4491

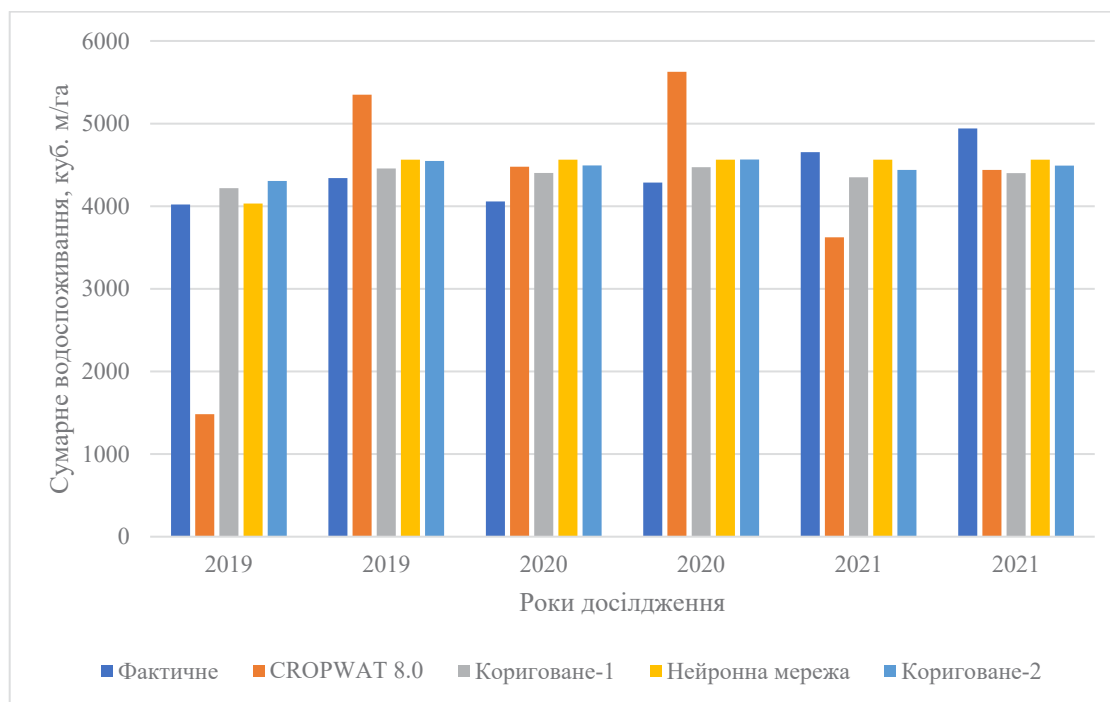


Рис. 2. Графічне порівняння фактичного сумарного водоспоживання рослин кукурудзи зернової з програмованим залежно від моделі його оцінки

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Лазер П.Н., Міхеев Є.К. *Інструментарій і технології організації інформації в землеробстві*. Херсон: ХДУ. 2006. 368 с.
- Ушкаренко В.О. *Зрошуване землеробство*. Київ: Урожай. 1994. 338 с.
- Лиховид П.В. Аналіз агрокліматичних умов у Херсонській області за 2022 рік із використанням сучасних інформаційних технологій. *Зрошуване землеробство*. 2023. Вип. 79. С. 47–51. DOI: 10.32848/0135-2369.2023.79.6
- Bouraima A.K., Zhang W., Wei C. Irrigation water requirements of rice using Cropwat model in Northern Benin. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 2015. Vol. 8. No. 2. P. 58–64.
- Hossain M.B., Yesmin S., Maniruzzaman M., Biswas J.C. Irrigation scheduling of rice (*Oryza sativa* L.) using CROPWAT model in the western region of Bangladesh. *The Agriculturists*. 2017. Vol. 15. No. 1. P. 19–27.
- Feng Z., Liu D., Zhang Y. Water requirements and irrigation scheduling of spring maize using GIS and CropWat model in Beijing-Tianjin-Hebei region. *Chinese Geographical Science*. 2007. Vol. 17. P. 56–63. DOI: 10.1007/s11769-007-0056-3
- Babu R.G., Veeranna J., Kumar K.R., Rao I.B. Estimation of water requirement for different crops using CROPWAT model in Anantapur region. *Asian Journal of Environmental Science*. 2014. Vol. 9. No. 2. P. 75–79. DOI: 10.15740/HAS/AJES/9.2/75-79
- Etissa E., Dechassa N., Alemayehu Y. Estimation of yield response (ky) and validation of cropWat for tomato under different irrigation regimes. *Irrigation & Drainage Systems Engineering*. 2016. Vol. 5. No. 2. P. 1–6. DOI: 10.4172/2168-9768.1000167
- Yetik A.K., Şen B. Evaluation of the Impacts of Climate Change on Irrigation Requirements of Maize by CROPWAT Model. *Gesunde Pflanzen*. 2023. Vol. 75. No. 4. P. 1297–1305. DOI: 10.1007/s10343-022-00751-x
- Коковіхін С.В., Дробітько А.В. Прогнозування водопотреби сільськогосподарських культур та формування графіків поливів з використанням програми CROPWAT. *Зрошуване землеробство*. 2011. № 55. С. 298–303.
- Вожегова Р.А., Коковіхін С.В., Шепель А.В., Бояркіна Л.В. Застосування інформаційних технологій для здійснення оцінки кліматичних умов та розрахунку водопотреби люцерни. *Таврійський науковий вісник*. 2013. Вип. 86. С. 49–52.
- Коковіхін С.В., Писаренко П.В., Біднина І.О., Шарій В.О., Бойценюк Х.І. Науково-практичні аспекти планування та оперативного управління режимами зрошення сільськогосподарських культур з використанням інформаційних технологій. *Зрошуване землеробство*. 2020. Вип. 73. С. 43–49. DOI: 10.32848/0135-2369.2020.73.8
- Лиховид П.В., Лавренко С.О. Застосування програми CROPWAT для визначення сумарного водоспоживання кукурудзи цукрової. *Зрошуване землеробство*. Вип. 73. С. 50–53. DOI: 10.32848/0135-2369.2020.73.9
- Vozhehova R.A., Lavrynenko Y.O., Kokovikhin S.V., Lykhovyd P.V., Biliaieva I.M., Drobitko A.V., Nesterchuk V.V. Assessment of the CROPWAT 8.0 software reliability for evapotranspiration and crop water requirements calculations. *Journal of water and land development*. 2018. Vol. 39. P. 147–152. DOI: 10.2478/jwld-2018-0070
- CropWat. Land & Water. Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <http://www.fao.org/cropwat/>

- fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/en (дата звернення 06.10.2023)
16. Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M. Crop evapotranspiration – guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage*. 1998. 300(9). D05109. Rome. FAO. 56 pp.
 17. Carlberg C. *Statistical analysis: Microsoft excel 2013*. Que Publishing. 2014. 490 pp.
 18. Puddu P.E., Menotti A. Artificial neural network versus multiple logistic function to predict 25-year coronary heart disease mortality in the Seven Countries Study. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*. 2009. Vol. 16. No. 5. P. 583–591. DOI: 10.1097/HJR.0b013e32832d49e1
 19. Ромащенко М., Шатковський А., Журавльов О. Особливості застосування методу «Ренман–Монтеїт» в умовах краплинного зрошення Степу України (на прикладі зернової кукурудзи). *Вісник аграрної науки*. 2016. Вип. 94. №. 5. С. 55–59. DOI: 10.31073/agrovisnyk201605-11
 20. Шатковський А.П., Журавльов О.В. Діагностика поливів буряку цукрового за методом Ренман–Монтеїт в умовах краплинного зрошення Степу України. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2017. №. 1. С. 63–69.
 21. Ромащенко М.І., Шатковський А.П., Журавльов О.В., Васюта В.В., Черевичний Ю.О. Адаптація методу Ренман–Монтеїт на культурі томата розсадного у виробничих умовах за краплинного зрошення. *Меліорація і водне господарство*. 2018. №. 2. С. 12–18. DOI: 10.31073/mivg20180108-146
- REFERENCES:**
1. Lazer, P.N., & Mikheyev, Ye.K. (2006). *Instrumentariy i tekhnologii orhanizatsiyi informatsiyi v zemlerobstvi [Tools and technologies for information organization in agriculture]*. Kherson: KSU [In Ukrainian].
 2. Ushkarenko, V.O. (1994). *Zroshuvane zemlerobstvo [Irrigated Agriculture]*. Kyiv: Urozhaj [In Ukrainian].
 3. Lykhovyd, P.V. (2023). Analiz agroklimatechnykh umov u Khersonskiy oblasti za 2022 rik iz vykorystanniam suchasnykh informatsiynykh tekhnolohiy [Analysis of agroclimatic conditions in Kherson oblast for 2022 using modern information technologies]. *Zroshuvane zemlerobstvo – Irrigated Agriculture*, 79, 47–51 [In Ukrainian]. DOI: 10.32848/0135-2369.2023.79.6
 4. Bouraima, A.K., Zhang, W., & Wei, C. (2015). Irrigation water requirements of rice using Cropwat model in Northern Benin. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 8(2), 58–64 [In English].
 5. Hossain, M.B., Yesmin, S., Maniruzzaman, M., & Biswas, J.C. (2017). Irrigation scheduling of rice (*Oryza sativa* L.) using CROPWAT model in the western region of Bangladesh. *The Agriculturists*, 15(1), 19–27 [In English].
 6. Feng, Z., Liu, D., & Zhang, Y. (2007). Water requirements and irrigation scheduling of spring maize using GIS and CropWat model in Beijing-Tianjin-Hebei region. *Chinese Geographical Science*, 17, 56–63 [In English]. DOI: 10.1007/s11769-007-0056-3
 7. Babu, R.G., Veeranna, J., Kumar, K.R., & Rao, I.B. (2014). Estimation of water requirement for different crops using CROPWAT model in Anantapur region. *Asian Journal of Environmental Science*, 9(2), 75–79 [In English]. DOI: 10.15740/HAS/AJES/9.2/75-79
 8. Etissa, E., Dechassa, N., & Alemayehu, Y. (2016). Estimation of yield response (ky) and validation of CropWat for tomato under different irrigation regimes. *Irrigation & Drainage Systems Engineering*, 5(2), 1–6 [In English]. DOI: 10.4172/2168-9768.1000167
 9. Yetik, A.K., & Şen, B. (2023). Evaluation of the Impacts of Climate Change on Irrigation Requirements of Maize by CROPWAT Model. *Gesunde Pflanzen*, 75(4), 1297–1305 [In English]. DOI: 10.1007/s10343-022-00751-x
 10. Kokovikhin, S.V., & Drobitko, A.V. (2011). Prohnozuvannya vodopotreby silskohospodarskykh kultur ta formuvannya grafikiv polyviv z vykorystanniam prohramy CROPWAT [Crops water use prediction and irrigation scheduling using CROPWAT software]. *Zroshuvane zemlerobstvo – Irrigated Agriculture*, 55, 298–303 [In Ukrainian].
 11. Vozhehova, R.A., Kokovikhin, S.V., Shepel, A.V., & Boiarkina, L.V. (2013). Zastosuvannya informatsiynykh tekhnolohiy dlia zdziennia otsinky klimatychnykh umov ta rozrakhunku vodopotreby liutserny [Implementation of information technologies for climate conditions assessment and alfalfa water use]. *Tavriyskyi naukovi visnyk – Tavrian Scientific herald*, 86, 49–52 [In Ukrainian].
 12. Kokovikhin, S.V., Pisarenko, P.V., Bidnina, I.O., Shariy, V.O., & Boyzenyuk, Kh.I. (2020). Naukovo-praktychni aspekty planuvannya ta operatyvnoho upravlinnia rehymamy zroshennia silskohospodarskykh kultur z vykorystanniam informatsiynykh tekhnolohiy [Scientific and practical aspects of planning and operational management of crop irrigation regimes using information technologies]. *Zroshuvane zemlerobstvo – Irrigated Agriculture*, 73, 43–49 [In Ukrainian]. DOI: 10.32848/0135-2369.2020.73.8
 13. Lykhovyd, P.V., & Lavrenko, S.O. (2020). Zastosuvannya prohramy CROPWAT dlia vyznachen-nia sumarnoho vodospozhyvannya kukurudzy tsukrovoy [Application of CROPWAT program for assessment of sweet corn water use]. *Zroshuvane zemlerobstvo – Irrigated Agriculture*, 73, 50–53 [In Ukrainian]. DOI: 10.32848/0135-2369.2020.73.9
 14. Vozhehova, R.A., Lavrynenko, Y.O., Kokovikhin, S.V., Lykhovyd, P.V., Biliaieva, I.M., Drobitko, A.V., & Nesterchuk, V.V. (2018). Assessment of the CROPWAT 8.0 software reliability for evapotranspiration and crop water requirements calculations. *Journal of Water and Land Development*, 39, 147–152 [In English]. DOI: 10.2478/jwld-2018-0070
 15. CropWat. Land & Water. Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/en> [In English]
 16. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., & Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements – FAO Irrigation and drainage paper 56*. Rome [In English].
 17. Carlberg C. (2014). *Statistical analysis: Microsoft excel 2013*. Que Publishing [In English]
 18. Puddu, P.E., & Menotti, A. (2009). Artificial neural network versus multiple logistic function to predict 25-year coronary heart disease mortality in the Seven Countries

- Study. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*, 16(5), 583–591 [In English]. DOI: 10.1097/HJR.0b013e32832d49e1
19. Romashchenko, M.I., Shatkovskiy, A.P., & Zhuravlov, O.V. (2016). Osoblyvosti zastosuvannya metodu «Penman–Monteith» v umovakh kraplynnoho zroshennia Stepu Ukrainy (na prykladi zemovoi kukurudzy) [Peculiar features of application of a method «Penman-Monteith» in conditions of drip irrigation of Steppe of Ukraine (on an instance of grain corn)]. *Visnyk agrarnoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 94(5), 55–59 [In Ukrainian]. DOI: 10.31073/agrovisnyk201605-11
 20. Shatkovskiy, A.P., & Zhuravlov, O.V. (2017). Diahnostyka polyviv buriaku tsukrovoho za metodom Penman–Monteith » v umovakh kraplynnoho zroshennia Stepu Ukrainy [Diagnostics of sugar beets irrigation using the method of Penman-Monteith in the conditions of drip irrigation of The Steppe of Ukraine]. *Visnyk Dniprovskoho derzhavnoho agrarno-ekonomichnoho universytetu – Herald of Dnipro State Agrarian and Economic University*, 1, 63–69 [In Ukrainian].
 21. Romashchenko, M.I., Shatkovskiy, A.P., Zhuravlov, O.V., Vasiuta, V.V., & Cherevychnyi, Yu.O. (2018). Adaptatsiya metodu Penman-Monteith na kulturi tomata rozsadnoho u vyrobnychkh umovakh za kraplynnoho zroshennia [Adjustment of the Penman-Monteith method for growing tomato seedlings in production conditions when applying drip irrigation]. *Melioratsiya i vodne hospodarstvo – Land Reclamation and Water Management*, 2, 12–18 [In Ukrainian]. DOI: 10.31073/mivg20180108-146

Лиховид П.В., Шарій В.О. Програмування сумарного водоспоживання кукурудзи на зерно в зрошуваних умовах Півдня України засобами CROPWAT 8.0

Мета. Оцінити точність програмування сумарного водоспоживання кукурудзи на зерно програмою CROPWAT 8.0 та запропонувати калібрувальну модель для зрошуваних умов півдня України для поліпшення ефективності програмного засобу.

Методи. Використано дані щодо реального водоспоживання кукурудзи на зерно, вирощуваної у польових дослідках на полях Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН у 2019–2021 рр. в рамках вивчення агротехнологічних прийомів вирощування культури. Реальну величину сумарного водоспоживання встановлено методом водного балансу. Програмовану величину встановлено методом симуляційного моделювання в програмі CROPWAT 8.0 із використанням польових метеоданих. Методами математико-статистичного аналізу було виконано порівняння реальної та програмованої величини сумарного водоспоживання кукурудзи на зерно. Запропоновано калібрування обчислень CROPWAT 8.0 шляхом регресійної моделі та штучної нейронної мережі Tiberius, що використовує алгоритм зворотного поширення помилки (тренування в 1000 епох, темп навчання 0,80).

Результати. Встановлено, що чисті розрахунки в програмі CROPWAT 8.0 вимагають калібрування, оскільки середня абсолютна похибка обчислень становила 26,00%. Калібрована модель дозволила істотно

(до 6,42%) знизити похибку розрахунків. Штучна нейронна мережа Tiberius показала дещо ліпший результат (похибка 5,65%). Втім, для практичних цілей регресійна калібрована модель має більше значення. Коригована модель CROPWAT 8.0 забезпечує середню якість підгону кривої (коефіцієнт детермінації 0,66), у той час як штучна нейронна мережа, вірогідно, має недолік надмірного підгону даних (коефіцієнт детермінації 0,99).

Висновки. CROPWAT 8.0 може бути успішно застосований до програмування водоспоживання рослин кукурудзи у випадку коригування остаточних розрахунків. Подальші дослідження з цього напрямку дозволять визначити найбільш оптимальний коригуючий коефіцієнт моделі та забезпечити її практичне впровадження.

Ключові слова: калібрування, моделювання, нейронні мережі, похибка, регресійний аналіз.

Lykhovyd P.V., Sharii V.O. Programming grain corn water use in the irrigated conditions of the South of Ukraine by the means of CROPWAT 8.0

Purpose. To evaluate the accuracy of programming the gross water use of grain corn by the means of CROPWAT 8.0 software and to propose a calibration model for irrigated conditions of the South of Ukraine to improve the performance of this software.

Methods. We used data on the actual water use of grain corn, established in the field experiments of the Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine in 2019–2021 as a part of the study of agro-technological methods of the crop cultivation. The real volume of total water use was determined by the water balance method. The programmed value was established by the method of simulation modelling in the CROPWAT 8.0 software using in-field meteorological data. Using mathematical and statistical analysis methods, a comparison of the real and programmed volume of gross water use of grain corn was made. Calibration of CROPWAT 8.0 calculations is proposed using the regression model and the Tiberius artificial neural network using the error back-propagation algorithm (training in 1000 epochs, learning rate 0.80) is proposed.

Results. Pure calculations in CROPWAT 8.0 were found to require calibration, as the mean absolute percentage error reached 26.00%. The calibrated model made it possible to significantly (up to 6.42%) reduce the calculation error. The artificial neural network Tiberius showed a slightly better result (5.65% error). However, for practical purposes, the regression calibrated model is more important. The adjusted CROPWAT 8.0 model provides an average quality of curve fitting (coefficient of determination is 0.66), while the artificial neural network probably has the disadvantage of overfitting the data (coefficient of determination is 0.99).

Conclusions. CROPWAT 8.0 can be successfully applied to water use programming in corn plants, provided that the final calculations are adjusted. Further research in this direction will allow one to determine the most optimal corrective coefficient of the model and ensure its practical implementation.

Key words: calibration, modelling, neural networks, error, regression analysis.

ПРОДУКТИВНІСТЬ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ЇЇ ЧАСТКИ В СІВОЗМІНІ ТА УДОБРЕННЯ

МАЩЕНКО Ю.В. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0001-7965-0193

Інститут сільського господарства Степу Національної академії аграрних наук України

СОКОЛОВСЬКА І.М. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0003-4256-8852

Херсонський державний аграрно-економічний університет

Постановка проблеми. Не враховуючи регіональні і глобальні зміни клімату, степовий край завжди відносився до зони з високим температурним режимом та дефіцитом опадів. Значні площі посіву кукурудзи в Україні зосереджені саме в зоні Степу. Зі зміною структури посівних площ, скороченням ротацій сівозмін, виключенням з масового вирощування багатьох польових культур – кукурудза широко вирощується проте, продуктивність посівів має тенденцію до зниження. Враховуючи, що кукурудза має велике народно-господарське значення, високоврожайна культура і є світовим лідером по валових зборах зерна, стало актуальним питанням перед практиками і, особливо науковцями, розробити і впровадити нові елементи технологій вирощування кукурудзи з обґрунтуванням системи сівозмін та удобрення для умов сьогодення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Кукурудза є однією з найбільш продуктивних культур універсального призначення. У світі 20 % зерна кукурудзи використовується для продовольчих потреб, приблизно 15–20 % – для технічних і на корм худобі – 60–65 % [4, 10, 11, 18, 22]. В нашій країні кукурудза є найважливішою культурою сільськогосподарського виробництва [13, 16]. За її рахунок тваринництво забезпечується концентрованими кормами, силосом і зеленою масою.

З давніх часів люди використовують кукурудзу як продовольчу культуру. У багатьох країнах світу (Китай, Індія, Мексика, Україна, Грузія) із зерна кукурудзи виготовляють різні традиційні національні хлібні вироби [19, 20].

Треба зазначити агротехнологічне значення кукурудзи в системі землеробства. Культура є гарним попередником у сівозміні, впливає на структуру ґрунту, сприяє зменшенню бур'янів тощо. Кукурудза найбільше з культурних рослин поглинає вуглекислого газу з повітря й виділяє кисень, ці процеси ефективніші, ніж у лісу аналогічної площі. Більш пізні строки посіву культури та збирання урожаю дозволяє ефективніше використовувати сільськогосподарську техніку. Тому, господарські цінні властивості кукурудзи гарантують її високий попит на світовому ринку [7].

Кукурудза, як просапна культура, має велике агротехнічне значення, вона є гарним попередником для ярих культур, а, за вчасного збирання, і для озимих. Але, зміни клімату та структури сівозмін вносять свої корективи у загальній системі землеробства [6, 14].

Кращими попередниками кукурудзи вважаються культури, які залишають великі запасами вологи та

поживних речовин у ґрунті, не виділяють речовини, які здатні затримувати ріст і розвиток культури.

Найвищі врожаї в зоні Степу, де переважають родючі чорноземні ґрунти, отримують після озимої пшениці, попередниками якої були багаторічні трави або чорний пар. Крім озимої пшениці гарним попередниками для кукурудзи на зерно є зернобобові, овочеві і баштанні культури, картопля та гречка. Кукурудза на силос і зелений корм розміщується після ярих зернових, соняшнику або в повторних посівах кукурудзи. Але, значення попередника для кукурудзи зменшується за використання сучасних технологій, забезпечення рослин поживними речовинами у достатній кількості [6, 15].

Оскільки сучасні сівозміни включають досить обмежений набір культур – пшеницю озиму, кукурудзу, соняшник, інколи – ріпак озимий і сою, то досить складно підібрати оптимальні попередники для кукурудзи [2, 17].

На родючих ґрунтах за достатнього удобрення і високій культурі землеробства кукурудзу можна вирощувати в повторних посівах протягом 3–4 років [3].

Вирощують кукурудзу і в монокультурі. Такі сівозміни можна використовувати на чорноземах протягом 6–10 років, але за умови внесення органічних добрив. На менш родючих ґрунтах цей період становить 3–5 років. за умов оптимального удобрення та належного догляду кукурудза може десятки років рости на одному місці, давати стабільні та високі врожаї, не призводячи до погіршення родючості ґрунтів [3, 12].

Не завжди у ґрунті міститься достатня кількість всіх необхідних елементів, які необхідні для повноцінного росту і розвитку рослин кукурудзи. Додаткове внесення добрив може допомогти виправити цей недолік. Для досягнення оптимальних результатів врожайності та продуктивності культури необхідно правильно підібрати види та норми добрив, способи їх внесення. Надмірне використання добрив може призвести до перевантаження ґрунту поживними речовинами, що може негативно вплинути на рослини. Важливо, також, враховувати кліматичні умови, тип, стан ґрунту та інші фактори, які можуть впливати на ефективність використання конкретних агротехнологічних прийомів [1, 5, 8, 9, 21].

Обраний нами напрямом наукових досліджень присвячений актуальній проблемі вирощування кукурудзи з різним насичення нею сівозміни на фоні різного удобрення та спрямований на удосконалення нових та існуючих елементів технології що дасть відповіді на питання в галузі землеробства та рослинництва.

Мета. Встановити рівень врожайності та продуктивності кукурудзи залежно від насичення сівозміни культурою та систем удобрення. Встановити вплив сівозмінного фактору на продуктивність кукурудзи залежно від удобрення.

Об'єктом досліджень були системи удобрення та сівозміни з насиченням кукурудзою на зерно до 50 та на 100 %.

Матеріали і методи досліджень. В Інституті сільськогосподарства Степу НААН у стаціонарному досліді лабораторії землеробства проводяться дослідження з вирощування кукурудзи на зерно у короткочасних сівозмінах з насиченням кукурудзою на зерно в двопільній зерно-просапній сівозміні та беззмінно. Повторність триразова, площа посівної ділянки 105,9 м². Основний обробіток ґрунту – відвальна оранка на глибину 25–27 см. Висівали гібрид кукурудзи ДК Велес. Метод обліку врожаю суцільний поділянковий з наступним перерахунком на 1 га та 14 % вологість зерна. Отримані експериментальні дані обробляли методом дисперсійного аналізу.

В досліді фактором А виступало насичення сівозмін кукурудзою на зерно до 50 % (зерно-просапна сівозміна: 1. кукурудза на зерно; 2. соняшник) та вирощування кукурудзи беззмінно. Фактором В були системи удобрення: контроль (без добрив), мінеральна система $N_{40}P_{40}K_{40}$ та органо-мінеральна – $N_{40}P_{40}K_{40}$ + побічна продукція соняшника.

Застосовували польовий метод досліджень – для спостережень та математично-статистичний – для встановлення достовірності отриманих результатів.

Важливим показником, який в зоні Північного Степу має вирішальний вплив на урожайність ярих культур є гідро-термічний коефіцієнт. Формування продуктивності кукурудзи протягом 2019–2020 рр. відбувалося в посушливих умовах. Гідротермічний коефіцієнт за період активної вегетації кукурудзи в травні – вересні 2019 р. склав 0,67, а 2020 р. – 0,75. Водночас, через дуже нерівномірний розподіл опадів у літні місяці, показники ГТК коливалися 2019 р. на рівні 0,26–0,84, тоді як за більш жорсткої літньої посухи 2020 р. – 0,13–0,52. Середня температура повітря перевищила норму на 4,2°, склавши 21,8 °С, а сума ефективних температур повітря понад +10° склала 1802 °С та сума активних (понад +10°) температур – 3332 °С, що на 637° більше норми.

Найбільш сприятливими були погодні умови (за коефіцієнтом ГТК) в 2021 році. В травні та червні ГТК становив 1,68, в серпні – 1,18, у вересні – 1,59. В період з травня по вересень 1,37, що на 0,37 вище норми.

Погодні умови періоду проведення досліджень 2022 р. були недостатньо сприятливими для отримання високих показників продуктивності кукурудзи. Гідро-термічний показник за травень був на рівні 1,04, в червні – 0,78, в липні – 0,22, в серпні – 0,85, у вересні – 1,58. В період вегетації кукурудзи він становив 0,84 (за норми 1,0).

Аналізуючи гідротермічний коефіцієнт періоду вегетації встановлено, що в травні він становив 0,33 (норма 0,95), в червні – 0,67 (норма 1,18),

в липні – 0,66 (норма 1,16), в серпні – 0,45 (норма 0,80) та у вересні – 0,07 (норма 0,86). Середній показник ГТК за травень – вересень був на рівні 0,45, що у 2,2 рази менше норми. Такі складні умови в період росту, розвитку та формування генеративних органів рослин пізньої ярої групи негативно позначилися на рівні урожайності. Отже, погодні умови періоду вирощування пізніх ярих культур 2023 р. в цілому були сухими та недостатньо сприятливими для отримання високих показників урожайності.

Таким чином, погодні умови у роки проведення досліджень були не достатньо сприятливими для отримання високих показників урожайності кукурудзи на зерно.

Результати досліджень. За результатами п'ятирічних досліджень врожайності кукурудзи нами було встановлено, що частка культури в сівозміні та система удобрення впливали на рівень цього показника.

Вищу врожайність мала кукурудза за вирощування її в сівозміні із 100 % насичення культурою, і на фоні без внесення добрив отримували 3,25 т/га зерна. Введення в сівозміну соняшника і зменшення насиченості сівозміни до 50 % призводило до зниження рівня врожайності кукурудзи до 3,03 т/га, різниця становила 0,22 т/га, за HIP_{05} (фактор А) = 0,35 т/га, вона була не істотною.

Застосування в сівозмінах з різним насиченням кукурудзи мінеральної системи удобрення забезпечило найбільший приріст врожаю кукурудзи. Так, за 100 % насичення сівозміни культурою врожайність складала 3,96 т/га, тоді як в сівозміні, де кукурудза вирощувалася через рік, – була на рівні 3,62 т/га. Але за рахунок внесення мінеральних добрив в сівозміни приріст врожайності кукурудзи в монокультурі збільшилася на 0,34 т/га, тобто був істотний (табл. 1).

Слід зазначити, що за органо-мінеральної системи удобрення в сівозмінах із різним насиченням кукурудзою показники врожайності кукурудзи були вищі, ніж за мінеральної: за 50 % насичення культурою – 3,95 т/га, за 100 % насичення – 3,99 т/га. Але інтенсивність дії поживних решток кукурудзи була значно меншою, ніж мінеральних добрив, і приріст врожаю в даному варіанті був найменший – 0,04 т/га.

Більш істотно, ніж фактор сівозміни, визначала рівень врожайності кукурудзи система удобрення. За беззмінного вирощування культури використання мінеральних добрив забезпечувало збільшення врожайності кукурудзи на 0,86 т/га порівняно до варіанту без внесення добрив, що складало 3,96 т/га. Застосування органо-мінеральної системи удобрення підвищувало урожайність кукурудзи до 3,99 т/га, але приріст становив лише 0,03 т/га.

У сівозміні, яка на 50 % насичена кукурудзою, інтенсивність дії мінеральної системи удобрення була меншою – +0,59 т/га, або 19,5 % до варіанту без внесення добрив. Але використання мінеральних добрив в комплексі з поживними рештками соняшнику забезпечувало найбільший приріст врожаю кукурудзи – +0,92 т/га, або 25,4 %. Не зважаючи на це, сівозміна з насиченням культурою на 50 % за врожайністю кукурудзи все ж таки поступалася монокультурі.

Таблиця 1

Урожайність кукурудзи залежно від її частки в сівозміні та системи удобрення

Частка в сівозміні, фактор А	Система удобрення, фактор В	Середнє за 2019-2023 рр.	Різниця за фактором А		Різниця за фактором В	
			т/га	%	т/га	%
50 %	Без добрив	3,03	–	–	–	–
	Мінеральна	3,62	–	–	0,59	19,5
	Органо-мінеральна	3,95	–	–	0,92	25,4
100 %	Без добрив	3,25	0,22	6,10	–	–
	Мінеральна	3,96	0,34	11,10	0,71	21,8
	Органо-мінеральна	3,99	0,04	1,00	0,74	18,6
HIP ₀₅ A=0,35; B=0,43; AB=0,60						

Таблиця 2

Вихід зернових одиниць кукурудзи залежно від її частки в сівозміні та удобрення

Частка в сівозміні, фактор А	Система удобрення, фактор В	Середнє за 2019-2023 рр.	Різниця за фактором А		Різниця за фактором В	
			т/га	%	т/га	%
50 %	Без добрив	3,66	–	–	–	–
	Мінеральна	4,38	–	–	0,72	19,6
	Органо-мінеральна	4,78	–	–	1,11	25,4
100 %	Без добрив	3,93	0,27	6,1	–	–
	Мінеральна	4,79	0,41	11,2	0,86	21,9
	Органо-мінеральна	4,82	0,05	1,0	0,89	18,6
HIP ₀₅ A=0,42; B=0,52; AB=0,73						

Таблиця 3

Вихід кормових одиниць кукурудзи залежно від її частки в сівозміні та удобрення

Частка в сівозміні, фактор А	Система удобрення, фактор В	Середнє за 2019-2023 рр.	Різниця за фактором А		Різниця за фактором В	
			т/га	%	т/га	%
50 %	Без добрив	5,51	–	–	–	–
	Мінеральна	6,59	–	–	1,08	19,6
	Органо-мінеральна	7,18	–	–	1,67	25,4
100 %	Без добрив	5,91	0,40	6,1	–	–
	Мінеральна	7,20	0,61	11,1	1,29	21,9
	Органо-мінеральна	7,25	0,07	1,0	1,34	18,6
HIP ₀₅ A=0,63; B=0,78; AB=1,10						

В сівозмінах із різним насичення кукурудзою продуктивність культури за вмістом зернових одиниць істотно не відрізнялася. Так, за 50 % насичення сівозміни культурою на фоні без добрив вихід зернових одиниць був на рівні 3,66 т/га, за 100 % насичення – 3,93 т/га, різниця складала всього 0,27 т/га або 6,1 % (HIP₀₅ = 0,2 т/га) (табл. 2).

Найбільш істотним було збільшення виходу зернових одиниць за використання мінеральної системи удобрення, і за вирощування кукурудзи в монокультурі отримали на 0,41 т/га або 12,2 % продукції більше, ніж у сівозміні із насиченням кукурудзою 50 %. За органо-мінеральної системи удобрення приріст урожаю зернових одиниць складав лише 0,05 т/га або 1,0 %.

Слід зазначити, що системи удобрення по різному впливали на продуктивність кукурудзи залежно від

її частки в сівозміні. Так, за мінеральної системи удобрення приріст зернових одиниць у сівозміні із насиченням культурою 50 % складав 0,72 т/га або 19,6 %, що забезпечило збір продукції на рівні 4,38 т/га. За органо-мінеральної отримували на 1,11 т/га або 25,4 % зернових одиниць більше і дія цієї системи удобрення в даному варіанті була найефективнішою.

У сівозміні, яка на 100 % складалася із кукурудзи, більший приріст зернових одиниць також забезпечувала органо-мінеральна система удобрення, +0,89 т/га або 18,6 %. Але різниця дії мінеральною та органо-мінеральною системами удобрення в цій сівозміні складала всього 0,03 т/га.

Фактори сівозміна та система удобрення мали подібну тенденцію що до впливу на формування врожаю кормових одиниць кукурудзи (табл. 3).

Таблиця 4

Вихід перетравного протеїну кукурудзи залежно від її частки в сівозміні та удобрення

Частка в сіво- зміні, фактор А	Система удобрення, фактор В	Середнє за 2019-2023 рр.	Різниця за фактором А		Різниця за фактором В	
			т/га	%	т/га	%
50 %	Без добрив	0,33	–	–	–	–
	Мінеральна	0,39	–	–	0,07	20,2
	Органо-мінеральна	0,42	–	–	0,10	30,1
100 %	Без добрив	0,35	0,03	7,1	–	–
	Мінеральна	0,43	0,03	10,4	0,08	21,5
	Органо-мінеральна	0,43	0,01	1,5	0,08	21,5
HIP ₀₅ A=0,04; B=0,05; AB=0,07						

Більший вихід кормових одиниць відмічали за без-змінного вирощування кукурудзи – 5,91 т/га. Введення в сівозміну сояшнику призводило до зниження даного показника продуктивності кукурудзи, отримали 5,51 т/га кормових одиниць, але за HIP₀₅ = 0,63 т/га, це зменшення було не істотним. Використання мінеральної або органо-мінеральної системи удобрення також істотно не змінило різницю між показниками збору кормових одиниць з урожаю кукурудзи в різних сівозмінах. Але, все ж таки, більший вплив мали мінеральні добрива, за рахунок їх дії продуктивність кукурудзи за вирощування її в монокультурі збільшилася на 0,61 т/га або 11,1 %, тоді як разом з органічними рештками цей показник збільшився всього на 0,05 т/га.

Найбільш інтенсивно використовувала кукурудза поживні речовини з ґрунту за вирощування її в монокультурі. Внесення мінеральних добрив в цій сівозміні сприяло збільшенню збору кормових одиниць на 1,29 т/га або 21,9 % порівняно до варіанту без внесення добрив, і отримували 7,20 т/га продукції. За органо-мінеральної системи збільшення даного показника було на 1,34 т/га або 18,6 %, різниці до мінеральної складала лише 0,05 т/га.

У сівозміні із насиченням кукурудзою 50 % більший приріст врожаю кормових одиниць отримали за органо-мінеральної системи удобрення, +1,67 т/га або 25,4 %, внесення лише мінеральних добрив забезпечувало збільшувало продуктивність культури в наших дослідках на 0,08 т/га або 19,6 %. Використання кукурудзою поживних решток сояшника найбільше сприяло збільшенню рожаю кормових одиниць з урожаю кукурудзи.

Основним фактором, який визначав вміст протеїну в зерні кукурудзи була система удобрення.

Вихід перетравного протеїну з урожаю кукурудзи за роками досліджень був в межах 0,33–0,43 т/га, у сівозміні з насичення кукурудзою 50 % цей показник був в межах 0,33–0,42 т/га, за вирощування в монокультурі – 0,35–0,43 т/га.

За збільшення насиченості сівозміни кукурудзою до 100 % збір перетравного протеїну дещо підвищувався на 0,35 т/га, але порівняно до сівозміни з насиченням 50 % різниця становила 0,03 т/га, проте, за HIP₀₅ = 0,04 т/га вона була неістотною (табл. 4).

Застосування мінеральної та органо-мінеральної системи удобрення в цій сівозміні однаково впливало на

продуктивність кукурудзи за виходом протеїну, 0,43 т/га, + 0,7 т/га до варіанту без добрив.

За вирощування кукурудзи на одному полі через рік, органо-мінеральна система забезпечувала більший приріст протеїну, +0,1 т/га і це на 5,0 % більше ніж за внесення лише мінеральних добрив.

Висновки. Збільшення частки кукурудзи в сівозміні з 50 % до 100 % істотно не впливало на різницю показників врожайності та продуктивності культури. Використання мінеральних добрив та органічних решток попередника в сівозмінах з різним насичення кукурудзою підсилювало дію фактору сівозміни.

Вищу врожайність кукурудзи отримували в сівозміні з насиченням культурою 100 % за використання органо-мінеральної системи удобрення, 3,99 т/га, приріст врожаю порівняно до сівозміни з 50 % насиченням складав всього 0,04 т/га. Вирощування кукурудзи на фоні органо-мінеральної системи удобрення сприяло отриманню найбільших прибавок врожайності, які за беззмінного вирощування кукурудзи становили 0,74 т/га, або 18,6 % а у сівозміні з насиченням кукурудзою до 50 % – 0,92 т/га або 25,4 %.

Більшим вихід зернових, кормових одиниць та перетравного протеїну був за вирощування кукурудзи в монокультурі та органо-мінеральної системи удобрення – 4,82 т/га, 7,25 т/га та 0,43 т/га відповідно.

Вирощування кукурудзи на зерно в двопільній зерно-посадній сівозміні після сояшнику не доцільно. Дослідженнями встановлено, що рослини кукурудзи формують вищу продуктивність в беззмінних посівах, особливо, на удобреному фоні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Biswas D. K., Ma B. L. Effect of nitrogen rate and fertilizer nitrogen source on physiology, yield, grain quality, and nitrogen use efficiency in corn. *Can J Plant Sci.* 2016. Vol. 403. P. 392–403. <https://doi.org/10.1139/cjps-2015-0186>
2. Dan M. Klugera, Art B. Owena, David B. Lobellb. Combining randomized field experiments with observational satellite data to assess the benefits of crop rotations on yields. *Environ. Res. Lett.* 2022. 17 044066. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac6083>
3. Edleusa P. Seide, Lucas A. Mendes, Jandre M. S. Corn Yield in Monoculture and Intercropped with Cover Plants and Aggregates Stabilit. *European Journal of*

- Agriculture and Food Sciences*. Vol 4. Issue 2. March, 2022. <https://doi.org/10.24018/effood.2022.4.2.426>
4. Harpinder Sandhu, Nadia El-Hage Scialabba, Chris Warner, et al. Evaluating the holistic costs and benefits of corn production systems in Minnesota, US. *Scientific Reports*. 2020. 10:3922 | <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60826-5>.
 5. Marchezan C., Paulo A., Ferreira A., Leandro S., et al. Nitrogen Availability and Physiological Response of Corn After 12 Years with Organic and Mineral Fertilization. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2020. Vol. 20 (3). P. 979–989. <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00185-2>
 6. Monica Saavoss, Tom Capehart, William McBride, Anne Effland. Trends in Production Practices and Costs of the U.S. Corn Sector. *Economic Research Service. Economic Research Report*. Number 294. July 2021. 35 p. <https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/101722/err-294.pdf?v=2482.5>
 7. Mykola Korchak, Serhii Yermakov, Vasyl Maisus, Serhiy et al. Problems of field contamination when growing energy corn as monoculture. *E3S Web of Conferences* 154, 01009 (2020). ICORES 2019. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015401009>
 8. Peter Sexton. Chapter 9: Crop Rotations Can Increase Corn Profitability and Reduce Pests. *Extension.sdstate.edu*. 2019, *South Dakota Board of Regents*. <https://extension.sdstate.edu/sites/default/files/2019-09/S-0003-09-Corn.pdf>
 9. Stasiv O., Olifir Y. Formation of Corn Productivity in Crop Rotation Depending on Long-Term Fertilization and Liming. *Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin., Agric., Aliment., Pisc., Zootech.* 2021. Vol. 358 (57) 1. P. 29–40.
 10. Іванюк В. Гнатів П. Оліфір Ю. Вплив азотних добрив на формування врожаю зерна кукурудзи. *Вісник Львівського національного екологічного університету. Серія «Агрономія»*. № 26 (2022). Агрохімія та ґрунтознавство. 170–176. <https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.170>
 11. Кабанець В. М., Собко М. Г. Особливості вирощування кукурудзи на зерно в умовах північно-східного Лісостепу України. Сад. Інститут сільського господарства Північного Сходу, 2022. 48 с.
 12. Кукурудза. Вирощування, збирання, консервування і використання. Під загальною редакцією Д. Шпаара. Київ. Альфа-стевія ЛТД. 2009. 396 с.
 13. Лень О. І., Тоцький В. М., Гангур В. В., Єремко Л. С. Вплив системи удобрення та основного обробітку ґрунту на продуктивність гібридів кукурудзи. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. № 2. 2021. 52–58. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.06>
 14. Месель-Веселяк В. Я. Виробництво зернових культур в Україні: потенційні можливості. *Економіка АПК*. 2018. № 5. С. 5–14. http://nbuv.gov.ua/UJRN/E_apk_2018_5_3
 15. Осокіна Н. М. Технологічні властивості зерна гібриду кукурудзи ПР39Б58. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2014. №. 86 (1). С. 37–43.
 16. Паламарчук В. Д., Дідур І. М., Колісник О. М., Алексєєв О. О. Аспекти сучасної технології вирощування висококрохмальної кукурудзи в умовах Лісостепу правобережного. Вінниця, ТОВ «Друк». 2020. 536 с.
 17. Приходько В. О., Полторецький С. П., Білоножко В. Я. Еколого-біологічні основи підбору компонентів для змішаних посівів кормових культур. *Вісник Черкаського університету*. 2019. № 2. 63–73. <https://doi.org/10.31651/2076-5835-2018-1-2019-2-63-73>
 18. Рибка В. Кукурудза у короткоротаційній соєвій сівозміні. *Агрономія*. 2016. <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/666-kukurudza-u-korotkorotatsiini-soievii-sivozmini.html>
 19. Семенда Д. К., Семенда О. В., Семенда О. В. Сучасний стан та шляхи підвищення економічної ефективності виробництва зернової кукурудзи. *Агросвіт*. 2020. № 3. 43–49. [https://doi.org/10.32702/2306\\$6792.2020.3.43](https://doi.org/10.32702/2306$6792.2020.3.43)
 20. Шаповаленко О. І., Рибчинський Р. С., Кустов І. О. Технологічна характеристика зерна кукурудзи. *Одеська національна академія харчових технологій*. Наукові праці, 2019. Том 83, Випуск 2. 39–43. <https://doi.org/10.15673/swonft.v2i83.1531>
 21. Шутенко, Є. І. Технологія круп'яного виробництва: навчальний посібник. Київ. Освіта України, 2010. 272 с.
 22. Якунін О. П. Кукурудза харчова (технологічні аспекти вирощування). Вінниця. Нілан, 2016. 207 с.

REFERENCES:

1. Biswas D. K., Ma B. L. (2016). Effect of nitrogen rate and fertilizer nitrogen source on physiology, yield, grain quality, and nitrogen use efficiency in corn. *Can J Plant Sci*. 2016. Vol. 403. P. 392–403. <https://doi.org/10.1139/cjps-2015-0186>
2. Dan M. Klugera, Art B. Owena, David B. Lobellb (2022). Combining randomized field experiments with observational satellite data to assess the benefits of crop rotations on yields. *Environ. Res. Lett.* 2022. 17 044066. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac6083>
3. Edleusa P. Seide, Lucas A. Mendes, Andrei M. Stein (2022). Corn Yield in Monoculture and Intercropped with Cover Plants and Aggregates Stabilit. *European Journal of Agriculture and Food Sciences*. Vol 4. Issue 2. March, 2022. <https://doi.org/10.24018/effood.2022.4.2.426>
4. Harpinder Sandhu, Nadia El-Hage Scialabba, Chris Warner, et al. (2020). Evaluating the holistic costs and benefits of corn production systems in Minnesota, US. *Scientific Reports*. 2020. 10:3922 | <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60826-5>.
5. Ivaniuk V., Hnativ P., Olifir Yu. (2022). Vplyv azotnykh dobryv na formuvannya vrozhaia zerna kukurudzy. [The impact of nitrogen fertilizers on the formation of maize grain yield]. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ekolohichnoho universytetu. Seriiia «Ahronomiia»*. № 26 (2022). Ahrokhimiia ta hruntoznavstvo. 170–176. <https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.170> [in Ukrainian].
6. Kabanets V. M., Sobko M. H. (2022). Osoblyvosti vyroshchuvannya kukurudzy na zerno v umovakh pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrainy. [Peculiarities of growing corn for grain in the conditions of the north-eastern forest-steppe of Ukraine]. *Sad. Instytut silskoho hospodarstva Pivnichnoho Skhodu*. 2022. № 26. [in Ukrainian].
7. Kukurudza. Vyroshchuvannya, zbyrannia, konservuvannya i vykorystannia. (2009). [Corn. Cultivation, harvesting, preservation and use]. Pid zahalnoi redaktsiiei D. Shpaara. Kyiv. Alfa-stevii LTD. 2009. 396 p. [in Ukrainian].

8. Len O. I., Totskyi V. M., Hanhur V. V., Yermenko L. S. (2021). Vplyv systemy udobrennia ta osnovnoho obrobitku gruntu na produktyvnist hibrydiv kukurudzy. [The influence of the fertilization system and the main tillage on the productivity of corn hybrids]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. № 2. 2021. 52–58. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.06> [in Ukrainian].
9. Marchezan C., Paulo A., Ferreira A., Leandro S., et al. (2020). Nitrogen Availability and Physiological Response of Corn After 12 Years with Organic and Mineral Fertilization. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2020. Vol. 20 (3). P. 979–989. <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00185-2>
10. Mesel-Veseliak V. Ya. (2018). Vyrobnystvo zernovykh kultur v Ukraini: potentsiini mozhyvosti. [Production of grain crops in Ukraine: potential opportunities]. *Ekonomika APK*. 2018. № 5. 5–14. http://nbuv.gov.ua/UJRN/E_apk_2018_5_3 [in Ukrainian].
11. Monica Saavoss, Tom Capehart, William McBride, Anne Effland (2021). Trends in Production Practices and Costs of the U.S. Corn Sector. *Economic Research Service. Economic Research Report*. Number 294. July 2021. 35 p. <https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/101722/err-294.pdf?v=2482.5>
12. Mykola Korchak, Serhii Yermakov, Vasyl Maisus, Serhiy et al. (2020). Problems of field contamination when growing energy corn as monoculture. *E3S Web of Conferences* 154, 01009 (2020). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015401009>
13. Osokina N. M. (2014). Tekhnolohichni vlastyvy zerna hibrydu kukurudzy PR39B58. [Technological properties of corn hybrid PR39B58]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*. 2014. № 86 (1). 37–43. [in Ukrainian].
14. Palamarchuk V. D., Didur I. M., Kolisnyk O. M., Aliksieiev O. O. (2020). Aspekty suchasnoi tekhnolohii vyroshchuvannya vysokokrokhmalnoi kukurudzy v umovakh Lisostepu pravoberezhnoho. [Aspects of the modern technology of growing high-starch corn in the conditions of the right-bank forest-steppe]. Vinnytsia, TOV «Druk». 2020. 536 p. [in Ukrainian].
15. Peter Sexton. (2019). Chapter 9: Crop Rotations Can Increase Corn Profitability and Reduce Pests. *Extension.sdstate.edu*. 2019, *South Dakota Board of Regents*. <https://extension.sdstate.edu/sites/default/files/2019-09/S-0003-09-Corn.pdf>
16. Prykhodko V. O., Poltoretskyi S. P., Bilonozhko V. Ya. (2019). Ekoloho-biologichni osnovy pidboru komponentiv dlia zmishanykh pidvivnykh kormovykh kultu. [Ecological and biological basis of selection of components for mixed crops of fodder crops]. *Visnyk Cherkaskoho universytetu*. 2019. № 2. 63–73. <https://doi.org/10.31651/2076-5835-2018-1-2019-2-63-73> [in Ukrainian].
17. Rybka V. (2016). Kukurudza u korotkorotatsiinii soievii sivozmini. [Corn in a short-rotation soybean crop rotation]. *Ahronomiia*. 2016. <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/666-kukurudza-u-korotkorotatsiinii-soievii-sivozmini.html> [in Ukrainian].
18. Semenda D. K., Semenda O. Vs., Semenda O. V. (2020). Suchasnyi stan ta shliakhy pidvyshchennia ekonomichnoi efektyvnosti vyrobnystvazerna kukurudzy. [The current state and ways of increasing the economic efficiency of grain corn production]. *Ahrosvit*. 2020. № 3. 43–49. [https://doi.org/10.32702/2306\\$6792.2020.3.43](https://doi.org/10.32702/2306$6792.2020.3.43) [in Ukrainian].
19. Shapovalenko O. I., Rybchynskyi R. S., Kustov I. O. (2019). Tekhnolohichna kharakterystyka zerna kukurudzy. [Technological characteristics of corn grain]. *Odeska natsionalna akademiia kharchovykh tekhnolohii. Naukovi pratsi*, 2019. Tom 83, Vypusk 2. 39–43. <https://doi.org/10.15673/swonaft.v2i83.1531> [in Ukrainian].
20. Shutenko, Ye. I. (2010). Tekhnolohiia krupianoho vyrobnystva: navchalnyi posibnyk. [Cereal production technology: a study guide]. Kyiv. Osvita Ukrainy, 2010. 272 p. [in Ukrainian].
21. Stasiv O., Olifir Y. (2021). Formation of Corn Productivity in Crop Rotation Depending on Long-Term Fertilization and Liming. *Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin., Agric., Aliment., Pisc., Zootech*. 2021. Vol. 358 (57) 1. P. 29–40.
22. Yakunin O. P. (2016). Kukurudza kharchova (tekhnolohichni aspekty vyroshchuvannia). [Edible corn (technological aspects of cultivation)]. Vinnytsia. Nilan, 2016. 207 p. [in Ukrainian].

Мащенко Ю.В., Соколовська І.М. Продуктивність кукурудзи залежно від її частки в сівозміні та удобрення

Значні площі посіву кукурудзи в Україні зосереджені саме в зоні Степу не зважаючи на те, що степовий край завжди відносився до зони з високим температурним режимом та дефіцитом опадів. Враховуючи зміни структури посівних площ, використання у господарствах короткоротаційних сівозмін, скорочення переліку сільськогосподарських культур, кукурудза залишається основною культурою, але продуктивність посівів має тенденцію до зниження. Таким чином, стало актуальним питанням перед практиками і, особливо науковцями, розробити і впровадити нові елементи технології вирощування кукурудзи з обґрунтуванням системи сівозмін та удобрення для умов сьогодення.

Метою наших досліджень було встановити рівень врожайності та продуктивності кукурудзи залежно від насичення сівозміни культурою та систем удобрення. Дослідити вплив сівозмінного фактору на продуктивність кукурудзи залежно від удобрення.

Польові дослідження з вирощування кукурудзи на зерно проводилися у стаціонарному досліді лабораторії землеробства в двопільній зерно-просапній сівозміні та безмінно та базі Інституту сільського господарства Степу НААН. В досліді фактором А виступало насичення сівозмін кукурудзою на зерно до 50 % (зерно-просапна сівозміна: 1. кукурудза на зерно; 2. соняшник) та вирощування кукурудзи безмінно. Фактором В були системи удобрення: контроль (без добрив), мінеральна система $N_{40}P_{40}K_{40}$ та органо-мінеральна – $N_{40}P_{40}K_{40}$ + побічна продукція соняшника.

Вища врожайність кукурудзи формувалася в сівозміні з насиченням культурою 100 % за використання органо-мінеральної системи удобрення, 3,99 т/га, приріст врожаю порівняно до сівозміни з 50 % насиченням складав всього 0,04 т/га. Вирощування кукурудзи на фоні органо-мінеральної системи удобрення сприяло отриманню найбільших приростів врожайності, які за безмінного вирощування кукурудзи становили 0,74 т/га, або 18,6 % а у сівозміні з насиченням куку-

рудзою до 50 % – 0,92 т/га або 25,4 %. Більшим вихід зернових, кормових одиниць та перетравного протеїну був за вирощування кукурудзи в монокультурі та органіно-мінеральній системі удобрення – 4,82 т/га, 7,25 т/га та 0,43 т/га відповідно. Вирощування кукурудзи на зерно в двопільній зерно-просапній сівозміні після соняшнику не доцільно. Дослідженнями встановлено, що рослини кукурудзи формують вищу продуктивність в беззмінних посівах, особливо, на удобреному фоні.

Ключові слова: кукурудза, сівозміна, насичення сівозміни кукурудзою, система удобрення, урожайність, продуктивність.

Mashchenko Yu.V., Sokolovska I.M. Corn productivity depending on its share in crop rotation and fertilization

Significant areas of corn cultivation in Ukraine are concentrated in the Steppe zone, despite the fact that the steppe region has always been characterized by high temperature regimes and a lack of precipitation. Taking into account changes in the structure of crop areas, the use of short rotation crop rotations on farms, and a reduction in the list of agricultural crops, corn remains the main crop, but its productivity tends to decrease. Therefore, it has become an urgent issue for practitioners and especially scientists to develop and implement new elements of corn cultivation technologies with a justification of crop rotation and fertilization systems for today's conditions.

The purpose of our research was to establish the level of corn yield and productivity depending on the saturation of crop rotation with corn and fertilization systems. To study

the impact of crop rotation on corn productivity depending on fertilization.

Field studies on corn cultivation for grain were conducted in a stationary experiment at the agriculture laboratory in a two-field grain-row rotation crop and in monoculture at the base of the Institute of Steppe Agriculture of NAAS. In the study, Factor A was the saturation of crop rotation with corn for grain up to 50 % (grain-row crop rotation: 1. corn for grain; 2. sunflower) and corn cultivation in monoculture. Factor B was the fertilization systems: control (without fertilizers), mineral system N₄₀P₄₀K₄₀, and organic-mineral system N₄₀P₄₀K₄₀ + sunflower by-products.

The highest corn yield was formed in a crop rotation with 100 % saturation with crops using the organic-mineral fertilization system, 3.99 t/ha, with a yield increase compared to a crop rotation with 50 % saturation of only 0.04 t/ha. Corn cultivation against the background of the organic-mineral fertilization system contributed to the highest yield increases, which, compared to monoculture corn cultivation, were 0.74 t/ha, or 18.6 %, and in a crop rotation with corn saturation up to 50 % – 0.92 t/ha, or 25.4 %. A higher output of yield grain, feed units, and digestible protein was obtained from corn cultivation in monoculture and the organic-mineral fertilization system – 4.82 t/ha, 7.25 t/ha, and 0.43 t/ha respectively. Cultivating corn for grain in a two-field grain-row crop rotation after sunflower is not advisable. Research has shown that corn plants produce higher productivity in monoculture plantings, especially on fertilized backgrounds.

Key words: corn, crop rotation, saturation of crop rotation with corn, fertilization system, yield, productivity.

УДК 633.11:631.8

DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.21.9>

ВПЛИВ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ НА УРОЖАЙНІСТЬ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ, КУКУРУДЗИ ТА РІПАКУ ОЗИМОГО З ВИКОРИСТАННЯМ ІНГІБІТОРА НІТРИФІКАЦІЇ ЗА ПОЄДНАНОГО ВИКОРИСТАННЯ З КАС-32

МУНТЯН С.В. – кандидат сільськогосподарських наук

orcid.org/0000-0002-8933-9283

Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України

ФЕДОРЧУК М.І. – доктор сільськогосподарських наук, професор

orcid.org/0000-0001-7028-0915

Миколаївський національний аграрний університет

Постановка проблеми. Найбільш відчутні кліматичні зміни у світі відбулися за остання декілька десятиліть такі як підвищення середньої температури, і, як результат, більш інтенсивне таяння льодовиків з підвищенням рівня світового океану, зниження опадів, опустелення та ін., які пов'язують з підвищенням рівнів викиду вуглецю в результаті технологічного прогресу людства. За останніми оцінками найбільшими забруднювачами атмосфери парниковими газами є промисловість (51%), транспорт (25%), нагрів промислових та соціальних об'єктів (11%), агропромисловий комплекс (8%) та інше (5%). В розрізі безпосередньо агропромислового комплексу найбільшими джерелами викидів парникових газів є тваринництво (60%), використання добрив (30%) та інші викиди (10%) [1; 2; 3]. Що стосується використання добрив то основним джерелом накопичення та викидів парникових газів є використання саме азотних добрив через втрати в процесах амоніфікації, нітрифікації та денітрифікації та вирішальними моментами є саме використання норм азотних добрив та використання інгібіторів для захисту азоту від втрат [4; 5; 6; 7]. Інгібітори офіційно регулюються на законодавчому рівні. А саме регулювання щодо інгібітору нітрифікації 3,4-диметилпіразолфосфат було запроваджене рішенням регуляторної комісії Європейського Союзу № 1257/2014, що коригує впорядкування ЄС № 2003/2003 Європейського Парламенту та Ради стосовно добрив та зміни доповнень I та IV від 24.11.2014 [8].

Безпосередньо в Україні проблемою зміни клімату та оцінкою окремими його характеристиками таких як температура та зволоження проводяться під егідою та керівництвом Міністерства охорони навколишнього середовища. Результати роботи викладені в національних повідомленнях. Також Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут (УкрНДГМІ) наряду з усіма галузями народного господарства приділяє також увагу питанням щодо впливу змін клімату на продуктивність агроєкосистем в т. ч. урожайність та валові збори зернових культур [9; 10].

Виробництво зернових культур в умовах змін клімату та різних метеорологічних умов вивчалася зарубіжними та вітчизняними вченими [11; 12; 13; 14; 15; 16; 17]. Погодні умови насамперед такі як зволоження, температура суттєво впливають на продуктивність зернових культур в першу чергу пшениці озимої та кукурудзи [18; 19; 20]. Що стосується безпосередньо умов виро-

щування зернових культур в Україні здійснено аналіз впливу метеорологічних факторів на врожайність зернових культур в різних регіонах нашої країни. Відзначено, що вирішальне значення для майбутньої врожайності мають погодні умови саме квітня, травня і червня. До речі, схожий висновок було отримано у дослідженні залежності врожайності пшениці від кліматичних факторів у Ірландії [12; 20].

На вивчення впливу кліматичних умов та метеоданих безпосередньо на урожайність ріпаку озимого приділялось менше уваги. Хоча значення ріпаку в харчовому ланцюгу важко переоцінити так як ріпак є, додатково як компонент для біодизелю, джерелом протеїну, виведення в тваринництві. Звичайно вивчалися питання впливу кліматичних факторів на урожайність ріпаку озимого, також деякі дослідники фокусувалися на вплив кліматичних змін на зараження ріпаку озимого шкідниками [21; 22; 23; 24; 25].

Метою досліджень було встановити вплив метеорологічних умов таких як температура, опади і випаровування та суми активних температур на урожайність пшениці озимої, кукурудзи та ріпаку озимого з використанням інгібітора нітрифікації 3,4-диметилпіразолфосфату при сумісному внесенні з різними нормами карбамідно-аміачною сумішшю (КАС-32).

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводили в науково-дослідному пункті СТОВ «Дружба Нова» Варвинського р-ну Чернігівської обл. (відділення агрохолдингу Кернел). Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий малогумусний, орний шар якого характеризується такими основними показниками: уміст гумусу – 3,4%, рН нейтральний і близький до нейтрального – 5,77,0, уміст рухомих форм фосфору – від високого і дуже високого – 15,426,3 мг/100 г ґрунту, обмінного калію – від середнього до високого – 7,116,2 мг/100 г ґрунту, легкогідролізованого азоту – від підвищеного до високого – 5,77,9 мг/100 г ґрунту. Дослідження проводили за схемою однофакторного дослідження. Посівна площа дослідної ділянки – на 0,6 га, чергування варіантів – послідовне. Польові дослідні заклади й виконували згідно з методикою польових дослідів (Доспехов Б. А., 1985). Облік урожаю проводили методом суцільного збирання та зважування бункерної маси з кожної ділянки з наступним перерахунком на стандартну вологість і засміченість згідно з ДСТУ 224093 у 3-разовій повторності. Математико-статистичне оброблення даних

здійснювали за допомогою програмно-інформаційного комплексу «Agrostat». Метеорологічні спостереження такі як температурний режим, опади і випаровування та суми активних температур фіксувалися за допомогою метеостанції Imetos 3.3.

Згідно рішення регуляторної комісії Європейського Союзу № 1257/2014, що коригує впорядкування ЄС № 2003/2003 Європейського Парламенту та Ради стосовно добрив та зміни доповнень I та IV від 24.11.2014, встановлено норму використання 3,4-диметилпіразолфосфат (ЄС № 424-640-9) як мінімум 0,8% і максимум 1,6%. Отже, 3,4-диметилпіразолфосфат можна застосовувати в межах мінімально 0,8% та максимум 1,6% на амідному NH_2^- та амонійному NH_4^+ формах азоту. Для розрахунку норми використання інгібітора нитрифікації 3,4-диметилпіразолфосфат на КАС-32 брали до уваги те, що на вміст 1000 кг наявного КАС-32 потрібно інгібувати 78 кг амонійного азоту NH_4^+ та 156 кг амідного азоту NH_2^- , що дає в сумі 234 кг амонійного азоту NH_4^+ та амідного азоту NH_2^- , тобто всього азоту для інгібування. Відповідно до регулювання використовували мінімальну норму інгібітора 3,4-диметилпіразолфосфат 0,8% (234 кг азоту. $0,8\% = 1,87$ кг), тому потрібно 1,87 кг ДМПФ за умови 100%-ї його концентрації. Застосовували ДМПФ з концентрацією 24,9%, тому норму 1,87 кг ДМПФ з 100% концентрацією потрібно перевести в концентрацію 24,9% ($1,87 \text{ кг} / 24,9\% = 7,51$ кг ДМПФ з концентрацією 24,9% на 1000 кг КАС-32). Оскільки ДМПФ є рідиною зі щільністю 1,07 кг/л, то для зручності використання в польових умовах потрібно його перевести в л/га ($7,51 \text{ кг} / 1,07 \text{ кг/л} = 7,02$ л ДМПФ на 1000 кг КАС-32). Норма використання інгібітора нитрифікації 3,4-диметилпіразолфосфат на КАС-32 становить 7,02 л на 1000 кг КАС-32. Згідно з наведеною вище калькуляцією розрахункова норма ДМПФ для КАС-32 з нормою 300 кг/га була 2,11 л/га за норми КАС-32, 350 кг/га – 2,45 л/га.

На контрольному варіанті $\text{N}_{10}\text{P}_{30}\text{K}_{40}$ (умовно без азотних добрив) вносилося NPK 7-20-28 нормою 150 кг/га за сівби. По варіантах досліді додатково вносили та гранульований сульфат амонію нормою 100 кг/га по мерзлоталому ґрунту) також за сівби. КАС-32 нормою згідно з варіантами досліді та інгібітор нитрифікації 3,4-диметилпіразолфосфат вносили навесні після відновлення вегетації. В суміші з КАС, інгібітор нитрифікації дає змогу зберегти основний запас мінерального азоту на більш довгий період часу до моменту найбільшої необхід-

ності для рослини. Саме інгібітор нитрифікації в суміші з КАС здатен не тільки пролонгувати використання наявного азоту в ґрунті, але і значно оптимізувати його засвоєння рослинами.

Результати досліджень. Згідно результатів досліджень за період з березня по квітень в 2018 та 2019 роках спостерігалось різке підвищення середньодобових температур з $-3,4$ °C та $3,3$ °C до $11,3$ °C та $10,4$ °C, що негативно впливало на оптимальний розвиток озимих культур на відрізок весняного відновлення вегетації (табл. 1).

У цей самий період в 2020 та 2021 роках характеризувався більш м'яким наростанням температур з $5,8$ °C та $1,3$ °C до $8,1$ °C та $7,0$ °C, що в свою чергу дало можливість озимим оптимально розвиватись до необхідних фаз без скорочення періоду весняного відновлення вегетації. Період з червня по вересень по всім рокам характеризувався стабільним показником середньодобових температур, з частковою присутністю надмірно високих показників, але вони не мали постійного характеру та не критично впливали на типовий розвиток рослин.

Сума всіх активних температур (табл. 2) як правило рахується як сума всіх температур що більше $+10^\circ\text{C}$. Але це система зроблена під просапні культури. В нашому випадку ми враховували суми активних температур починаючи з $+5^\circ\text{C}$ тому що такий підрахунок підходить також і під озимі культури, їх фізіологічний старт починається з $+5^\circ\text{C}$.

Загальна кількість суми активних температур за 2018 рік була найвищою та на кінець вегетації у вересні місяці складала $2321,9$ °C. На кінець вегетації у вересні сума активних температур знижувалась по роках з $2275,0^\circ\text{C}$ у 2019 році до $2131,1^\circ\text{C}$ у 2020 році та до $2070,0^\circ\text{C}$ у 2021 році.

Відносно опадів (табл. 3), в 2018 році період з березня по травень характеризувався малою кількістю опадів та запасеної в ґрунті вологи $68,2$, $87,6$ та $130,0$ мм відповідно, що негативно вплинуло як на період весняного відновлення вегетації озимих, так і на умови для посіву ярих культур. На кінець вегетації в вересні 2018 року кількість опадів була найнижчою по роках досліджень та складала $309,0$ мм.

Починаючи з 2019 року по 2020 рік кількість опадів та кількість продуктивної вологи в ґрунті в період з березня по травень трималась в межах низького оптимуму для всіх груп культур ($198,4$ – $222,8$ – $258,2$ мм в 2019 році та

Таблиця 1

Середньодобова температура, в середньому по місяцям (2018–2021 рр.), °C

Місяць	Середньодобова температура, °C			
	2018 рік	2019 рік	2020 рік	2021 рік
Березень	-3,4	3,3	5,8	1,3
Квітень	11,3	10,4	8,1	7,0
Травень	18,3	17,4	12,7	14,4
Червень	19,6	22,7	22,1	20,7
Липень	20,8	18,6	20,0	23,2
Серпень	19,9	18,7	18,9	20,2
Вересень	15,4	13,6	15,4	11,5

Таблиця 2

Сума активних температур, в середньому по місяцям (2018–2021 рр.), °C

Місяць	Сума активних температур, °C			
	2018 рік	2019 рік	2020 рік	2021 рік
Березень	0,0	0,0	67,0	5,9
Квітень	193,4	188,5	170,2	75,7
Травень	588,6	573,9	407,6	367,9
Червень	1021,3	1010,4	920,8	839,3
Липень	1560,7	1500,3	1387,3	1403,6
Серпень	1995,8	1963,6	1818,2	1875,6
Вересень	2321,9	2275,0	2131,1	2070,0

Таблиця 3

Кількість опадів в середньому по місяцям по рокам досліджень (2018–2021 рр.), мм

Місяць	Кількість опадів, мм			
	2018 рік	2019 рік	2020 рік	2021 рік
Березень	68,2	198,4	133,0	196,3
Квітень	87,6	222,8	168,0	241,7
Травень	130,0	258,2	252,0	327,1
Червень	208,6	275,4	286,4	359,3
Липень	261,8	315,2	322,0	444,7
Серпень	269,4	325,2	329,8	499,1
Вересень	309,0	341,8	343,8	590,9

Таблиця 4

Урожайність пшениці озимої, кукурудзи та ріпаку озимого залежно від використання різних норм азотних добрив з додаванням інгібітора нітрифікації (2018–2021 рр.), ц/га

Варіант	Урожайність, ц/га				Середня урожайність 2018-2021, ц/га
	2018	2019	2020	2021	
Пшениця озима					
N ₁₀ P ₃₀ K ₄₀ (фон)	37,2	36,3	37,7	38,3	37,4
Фон+N ₁₀₀ +ІН	80,0	50,5	72,0	48,1	62,7
Фон+N ₁₂₀ +ІН	81,4	51,0	72,5	47,2	63,0
Фон+N ₁₂₀	74,0	46,4	68,5	45,0	58,5
НІР ₀₅	1,33	1,86	2,03	2,49	–
Кукурудза					
N ₁₀ P ₃₀ K ₄₀ (фон)	86,0	72,0	81,7	85,7	81,4
Фон+N ₁₂₀ +ІН	110,2	82,7	85,1	111,9	97,5
Фон+N ₁₃₀ +ІН	105,9	88,9	86,6	99,5	95,2
Фон+N ₁₃₀	99,7	77,5	83,8	97,7	89,7
НІР ₀₅	8,87	3,35	2,91	2,75	–
Ріпак озимий					
N ₁₀ P ₃₀ K ₄₀ (фон)	31,2	–	22,1	21,1	24,8
Фон+N ₁₂₀ +ІН	37,0	–	27,9	27,0	30,6
Фон+N ₁₃₀ +ІН	38,5	–	29,8	26,6	31,6
Фон+N ₁₃₀	34,5	–	23,1	26,0	27,9
НІР ₀₅	3,12	–	2,66	3,63	–

133,0–168,0–252,0 мм в 2020 році). На кінець вегетації в вересні в 2019 та 2020 роках кількість опадів була майже на тому ж самому рівні та складала 341,8 мм та 343,8 мм. В 2021 році період з березня по травень кількість опадів була дещо вищою в порівнянні з попередніми роками і трималась в межах 196,3–241,7–327,1.

Також сума опадів була на кінець вегетації у вересні 2021 року була найвищою по роках досліджень та становила 509,9 мм.

По 2018–2021 роках досліджень (табл. 4) на пшениці озимій найвища урожайність спостерігалась в 2018 році. Так по варіантах досліду урожайність складала 37,2 ц/га,

80,0 ц/га, 81,4 ц/га та 74,0 ц/га. Дещо нижчою урожайність була в 2020 році по варіантах дослідів відповідно 37,7 ц/га, 72,0 ц/га, 72,5 ц/га та 68,5 ц/га. Урожайність пшениці озимої в 2019 та 2021 роках була на рівень нижчою в порівнянні з 2018 та 2020 роками та становила по варіантах дослідів в 2019 році: 36,3 ц/га, 50,5 ц/га, 51,0 ц/га та 46,4 ц/га та в 2021 році: 38,3 ц/га, 48,1 ц/га, 47,2 ц/га та 45,0 ц/га. На кукурудзі прослідковувалась дещо інша тенденція. Урожайність була найвищою в 2018 та 2021 роках та становила по варіантах дослідів в 2018 році 86,0 ц/га, 110,2 ц/га, 105,6 ц/га та 99,7 ц/га та в 2021 році 85,7 ц/га, 111,9 ц/га, 99,5 ц/га та 97,7 ц/га. Урожайність кукурудзи була нижчою в 2019 та 2020 роках та була відносно на одному рівні в ці два роки. Так в 2019 році по варіантах дослідів урожайність становила 72,0 ц/га, 82,7 ц/га, 88,9 ц/га та 77,5 ц/га, в 2020 році урожайність відповідно становила 81,7 ц/га, 85,1 ц/га, 86,6 ц/га та 83,8 ц/га. Урожайність по ріпаку озимому була найвища в 2018 році та становила по варіантах дослідів 31,2 ц/га, 37,0 ц/га, 38,5 ц/га та 34,5 ц/га. В 2019 році дослідів на ріпаку не проводились із-за технологічних причин.

В цілому по всім рокам досліджень 2018–2021 найвища урожайність по пшениці озимій, кукурудзі та ріпаку озимому була на найвищому рівні в 2018 році. По іншим рокам такої загальної тенденції не спостерігалось, по пшениці озимій та ріпаку озимому урожайність була високою відносно інших років також в 2020, по кукурудзі в 2021 відповідно.

Висновки. В результаті дослідів в 2018–2021 роках по використанню інгібітора нітрифікації сумісно з різними нормами (КАС-32) найвища урожайність спостерігалась в 2018 році по пшениці озимій (37,2 ц/га, 80,0 ц/га, 81,4 ц/га та 74,0 ц/га), кукурудзі (86,0 ц/га, 110,2 ц/га, 105,6 ц/га та 99,7 ц/га) та ріпаку озимому (31,2 ц/га, 37,0 ц/га, 38,5 ц/га та 34,5 ц/га). Вища врожайність в 2018 році по всім досліджуваним культурам корелюється в більшій мірі з сумою активних температур яка на кінець вегетації у вересні була найвищою по роках досліджень та складала 2321,9°C.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Office of Research and Development National Center for Environmental Assessment. Integrated science assessment for oxides of nitrogen – Health criteria. North Carolina: United States Environmental Protection Authority, 2016. EPA/600/R-15/068.
- Cheremisinoff, P. N., Young R.A., Air Pollution Control and Design Handbook. s.l.: M Dekker, 1977. Vol. 2. P. 672–673.
- Boulter, P.G., Borken-Kleefeld, J., Ntziachristos, L., Vianna M. Urban Air Quality in Europe. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, Handbook of Environmental Chemistry. 2013. Vol. 26. P. 31–54.
- Панченко Л.С., Букін Є.В., Комарова Л.А., Желтоножський В. А. Еколого-економічний аналіз використання азотних добрив у виробництві кукурудзи в Україні. Аграрний вісник Дніпропетровської області, 2018. т.1, № 64. С. 67–72.
- Xu G., Fan X., Miller A. J. Plant nitrogen assimilation and use efficiency. Annual Review of Plant Biology. 2012. Vol. 63. P. 153–182.
- Chunlian Q., Lingli L., Shuijin H. et al. How inhibiting nitrification affects nitrogen cycle and reduces environmental impacts of anthropogenic nitrogen input. Global Change Biology. 2015. Vol. 21, No.3–5. P. 1249–1257. doi: 10.1111/gcb.12802.
- Legg J. O., Allison F. E. A tracer study of nitrogen balance and residual nitrogen availability with 12 soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 1967. Vol. 31, No. 3. P. 403–406.
- Commission regulation (EU) № 1257/2014 amending Regulation (EC) No. 2003/2003 of the European Parliament and of the Council relating to fertilizers for the purposes of adapting Annexes I and IV. 2014. P. 12.
- Pachauri R. K., Raizinher A. IPCC, 2007: Climate change, 2007: General report. Contribution of working groups I, II, III in forth report on evaluation of Intergovernmental experts group on climate change. IPCC, Geneva, Switzerland, 2007. 104 p.
- Тараріко О.Г., Сиротенко О.В., Ільєнко Т.В., Величко В.А. Космічний моніторинг посушливих явищ. Вісник аграрної науки, 2012. № 10. С. 16–20.
- Мюллер Д., Юнгандреас А., Кох Ф. Вплив кліматичних змін на виробництво пшениці в Україні. Німецько-український агрополітичний діалог. Київ, 2016. 45 с.
- Грицюк П. М., Бачишина Л. Д. Вплив зміни кліматичних умов на динаміку врожайності зернових в Україні. Економіка України, 2016, № 6 (655). С. 68–75.
- Asseng, S., Foster, I., Turner, N. C. The impact of temperature variability on wheat yields. Glob. Change Biol. 2011. Vol. 17. P. 997–1012.
- Кобченко Ю.Ф., Кобченко О.Ю., Резуненко В.А. Вплив погодних факторів на формування урожаю зернових культур у Харківській області. Вісник Харківського національного університету, 2014. № 1098. С. 86–91.
- Ray, D.R.; Gerber, J.S.; MacDonald, G.K.; West, P.C. Climate Variation Explains a Third of Global Crop Yield Variability. Nat. Commun. 2015. Vol. 6. P. 1–9.
- Scealy, R.; Newth, D.; Gunasekera, D.; Finnigan, J. Effects of Variation in the Grains Sector Response of Climate Change: An Integrated Assessment. Econ. Pap. J. Appl. Econ. Policy. 2012. Vol. 31. P. 327–336.
- Butler, E.E.; Huybers, P. Adaptation of US Maize to Temperature Variations. Nat. Clim. Chang. 2013. Vol. 3. P. 68–72.
- Каленська С. М., Таран В. А. Індекс урожайності гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння рослин, норм добрив та погодних умов вирощування. Вивчення та захист сортів рослин, 2018, т.14, № 4. С. 141–149.
- Ma B. L., Dwyer L. M. Nitrogen management for improving corn yield and nitrogen use efficiency in cool, humid regions. Agronomy Journal. 2015. Vol. 107, No. 2, P. 779–788.
- J. Lee, M. J. Connaughton. Effects of Weather on Wheat Yields. Irish Journal of Agricultural Research. 1969. Vol. 8, No. 3. P. 349–357.
- Zhang, T., Zhu, J., Yang, X., Zhang, X. Correlation Changes between Rice Yields in North and Northwest China and ENSO from 1960 to 2004. Agric. For. Meteorol. 2008. Vol. 148. P. 1021–1033.
- Zhang, T., Zhu, J., Wassmann, R. Responses of Rice Yields to Recent Climate Change in China: An Empirical Assessment Based on Long-term Observations at Different Spatial Scales (1981–2005). Agric. For. Meteorol. 2010. Vol.150. P. 1128–1137.

23. Evan, N., Butterworth, M.H., Baierl, A., Semenov, M.A., West, J.S. The Impact of Climate Change on Disease Constraints on Production of OSR. *Food Secur.* 2010. Vol. 2. P. 143–156.
 24. He, Y.Q., Leng, B.F., Feng, Z.C. The Impact of Climate Factors on OSR Production in Hubei, China by Using Translog Production Function. *Res. Sci.* 2015. Vol. 37. P. 1465–1473.
 25. Zhang, S. J., Wang, H. Z. Adaptation to Climate Change of Chinese OSR Production. *Chin. J. Oil Crop Sci.* 2012. Vol. 34. P. 114–122.
- REFERENCES:**
1. Office of Research and Development National Center for Environmental Assessment. Integrated science assessment for oxides of nitrogen – Health criteria. North Carolina : United States Environmental Protection Authority, 2016. EPA/600/R-15/068.
 2. Cheremisnoff, P. N., Young R.A., Air Pollution Control and Design Handbook. s.l.: M Dekker, 1977. Vol. 2. P. 672–673.
 3. Boulter, P. G., Borken-Kleefeld, J., Ntziachristos, L., Vianna M. Urban Air Quality in Europe. Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, Handbook of Environmental Chemistry. 2013. Vol. 26. P. 31–54.
 4. Panchenko L.S., Bukin E.V., Komarova L.A., Zheltonozhsky V.A. Ekologo-ekonomichnyi analiz vykorystannia azotnykh dobrovy u vyrobnytstvi kukurudzy v Ukraini. [Ecological and economic analysis of nitrogen fertiliser use in maize production in Ukraine]. *Agrarian Bulletin of Dnipropetrovska oblast*, 2018. Vol. 1. № 64. P. 67–72. [in Ukrainian].
 5. Xu G., Fan X., Miller A. J. Plant nitrogen assimilation and use efficiency. *Annual Review of Plant Biology*. 2012. Vol. 63. P. 153–182.
 6. Chunlian Q., Lingli L., Shuijin H. et al. How inhibiting nitrification affects nitrogen cycle and reduces environmental impacts of anthropogenic nitrogen input. *Global Change Biology*. 2015. Vol. 21, No. 3–5. P. 1249–1257. doi: 10.1111/gcb.12802
 7. Legg J. O., Allison F. E. A tracer study of nitrogen balance and residual nitrogen availability with 12 soils. *Soil Sei. Soc. Amer. Proc.* 1967. Vol. 31. No. 3. P. 403–406.
 8. Commission regulation (EU) № 1257/2014 amending Regulation (EC) No. 2003/2003 of the European Parliament and of the Council relating to fertilizers for the purposes of adapting Annexes I and IV. 2014. P. 12.
 9. Pachauri R.K., Reisinger A. and main authors group. IPCC, 2007: Climate change, 2007: General report. Contribution of working groups I, II, III in forth report on evaluation Intergovernmental experts group on climate change. IPCC, Geneva, Switzerland, 2007. 104 p.
 10. Tarariko O.H., Syrotenko O.V., Iliencko T.V., Velychko V.A. Kosmichnyi monitorynh posushlyvykh yavlyshch [The impact of climate change on wheat production in Ukraine Space-based monitoring of drought events]. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2012. No. 10. P. 16–20. [in Ukrainian].
 11. Miuller D., Yunhandreas A., Kokh F. Vplyv klimatychnykh zmin na vyrobnytstvo pshenytsi v Ukraini. [The impact of climate change on wheat production in Ukraine]. *German-Ukrainian agropolitical dialog*. Kiev, 2016. 45 p. [in Ukrainian].
 12. Hrytsiuk P. M., Bachyshyna L. D. Vplyv zminy klimatychnykh umov na dynamiku vrozhaivosti zernovykh v Ukraini. [Impact of climate change on the dynamics of grain yields in Ukraine]. *Economy of Ukraine*. 2016, Vol. 6, No. 655. P. 68–75. [in Ukrainian].
 13. Asseng, S., Foster, I., Turner, N. C. The impact of temperature variability on wheat yields. *Glob. Change Biol.* 2011. Vol. 17. P. 997–1012.
 14. Kobchenko Yu.F., Kobchenko O.I., Rezunenko V.A. Vplyv pohodnykh faktoriv na formuvannia urozhaiu zernovykh kultur u Kharkivskii oblasti. [The influence of weather factors on the formation of grain crops in the Kharkiv region]. *Bulletin of Kharkiv National University*. 2014. No. 1098. P. 86–91 [in Ukrainian].
 15. Ray, D.R.; Gerber, J.S.; MacDonald, G.K.; West, P.C. Climate Variation Explains a Third of Global Crop Yield Variability. *Nat. Commun.* 2015. Vol. 6. P. 1–9.
 16. Sceaaly, R.; Newth, D.; Gunasekera, D.; Finnigan, J. Effects of Variation in the Grains Sector Response of Climate Change: An Integrated Assessment. *Econ. Pap. J. Appl. Econ. Policy*. 2012. Vol. 31. P. 327–336.
 17. Butler, E.E.; Huybers, P. Adaptation of US Maize to Temperature Variations. *Nat. Clim. Chang.* 2013. Vol. 3. P. 68–72.
 18. Kalenska S. M., Taran V. A. Indeks urozhainosti hibrydiv kukurudzy zalezno vid hustoty stoiannia roslyn, norm dobrovy ta pohodnykh umov vyroshchuvannia. Vychennia ta zakhyst sortiv roslyn. [Yield index of maize hybrids depending on plant density, fertiliser rates and weather conditions. Research and protection of plant varieties]. 2018. Vol. 14, No. 4. P. 141–149 [in Ukrainian].
 19. Ma B. L., Dwyer L. M. Nitrogen management for improving corn yield and nitrogen use efficiency in cool, humid regions. *Agronomy Journal*. 2015. Vol. 107, No. 2, 779–788.
 20. J. Lee, M. J. Connaughton. Effects of Weather on Wheat Yields. *Irish Journal of Agricultural Research*. 1969. Vol. 8. No. 3. P. 349–357.
 21. Zhang, T., Zhu, J., Yang, X., Zhang, X. Correlation Changes between Rice Yields in North and Northwest China and ENSO from 1960 to 2004. *Agric. For. Meteorol.* 2008. Vol. 148. P. 1021–1033.
 22. Zhang, T., Zhu, J., Wassmann, R. Responses of Rice Yields to Recent Climate Change in China: An Empirical Assessment Based on Long-term Observations at Different Spatial Scales (1981–2005). *Agric. For. Meteorol.* 2010. Vol. 150. P. 1128–1137.
 23. Evan, N., Butterworth, M.H., Baierl, A., Semenov, M.A., West, J.S. The Impact of Climate Change on Disease Constraints on Production of OSR. *Food Secur.* 2010. Vol. 2. P. 143–156.
 24. He, Y.Q., Leng, B.F., Feng, Z.C. The Impact of Climate Factors on OSR Production in Hubei, China by Using Translog Production Function. *Res. Sci.* 2015. Vol. 37. P. 1465–1473.
 25. Zhang, S. J., Wang, H. Z. Adaptation to Climate Change of Chinese OSR Production. *Chin. J. Oil Crop Sci.* 2012. Vol. 34. P. 114–122.

Мунтян С.В., Федорчук М.І. Вплив метеорологічних умов на урожайність пшениці озимої, кукурудзи та ріпаку озимого з використанням інгібітора нітрифікації за поєднаного використання з КАС-32

Метою було встановити вплив метеорологічних умов таких як температура, опади і випаровування та суми активних температур на урожайність пшениці озимої, кукурудзи та ріпаку озимого з використанням інгібітора нітрифікації 3,4-диметилпіразолфосфату при сумісному внесенні з різними нормами карбамідно-аміачною сумішшю (КАС-32).

Методи. Впродовж 2018–2021 рр. проводили дослідження в умовах науково-дослідного пункту СТОВ «Дружба Нова» Варвинського р-ну Чернігівської обл. (відділення агрохолдингу Кернел) на чорноземі типовому малогумусному. Однофакторний дослід. Контрольний варіант $N_{10}P_{30}K_{40}$ (умовно без азотних добрив). КАС-32 нормою згідно з варіантами дослідів, інгібітор нітрифікації 3,4-диметилпіразолфосфат вносили навесні після відновлення вегетації, відповідно варіанти дослідів (Фон+ N_{100} +ІН, Фон+ N_{120} +ІН, Фон+ N_{120} , Фон+ N_{120} +ІН, Фон+ N_{130} +ІН та Фон+ N_{130}).

Результати. Згідно результатів досліджень за період з березня по квітень в 2018 та 2019 роках спостерігалось різке підвищення середньодобових температур з $-3,4^{\circ}\text{C}$ та $3,3^{\circ}\text{C}$ до $11,3^{\circ}\text{C}$ та $10,4^{\circ}\text{C}$. Загальна кількість суми активних температур за 2018 рік була найвищою та на кінець вегетації у вересні місяці складала $2321,9^{\circ}\text{C}$. Сума опадів була на кінець вегетації у вересні 2021 року була найвищою по роках досліджень та становила 509,9 мм.

По 2018–2021 роках досліджень на пшениці озимій найвища урожайність спостерігалась в 2018 році по варіантах дослідів 37,2 ц/га, 80,0 ц/га, 81,4 ц/га та 74,0 ц/га. Дещо нижчою урожайність була в 2020 році по варіантах дослідів відповідно 37,7 ц/га, 72,0 ц/га, 72,5 ц/га та 68,5 ц/га. На кукурудзі урожайність була найвищою в 2018 та 2021 роках та становила по варіантах дослідів в 2018 році 86,0 ц/га, 110,2 ц/га, 105,6 ц/га та 99,7 ц/га та в 2021 році 85,7 ц/га, 111,9 ц/га, 99,5 ц/га та 97,7 ц/га. Урожайність кукурудзи була нижчою в 2019 та 2020 роках та була відносно на одному рівні в ці два роки. Урожайність по ріпаку озимому була найвища в 2018 році в порівнянні з 2020 та 2021 та становила по варіантах дослідів 31,2 ц/га, 37,0 ц/га 38,5 ц/га та 34,5 ц/га. В 2019 році дослідів по ріпаку озимому не проводились.

Висновки. В результаті дослідів в 2018–2021 роках по використанню інгібітора нітрифікації сумісно з різними нормами КАС-32 найвища урожайність спостерігалась в 2018 році по пшениці озимій (37,2–81,4 ц/га), кукурудзі (86,0–110,2 ц/га) та ріпаку озимому (31,2–38,5 ц/га). Вища врожайність в 2018 році по всім досліджуваним культурам корелюється в більшій мірі з сумою активних температур яка на кінець вегетації у вересні була найвищою по роках досліджень та складала $2321,9^{\circ}\text{C}$.

Ключові слова: температура, опади та випаровування, сума активних температур, урожайність, карбамідно-аміачна суміш.

Muntian S.V., Fedorchuk M.I. Impact of meteorological conditions on yield of winter wheat, maize and winter oil seed rape with using nitrification inhibitor with combined application with UAN-32

Purpose. To defined impact of meteorological conditions such as temperature, precipitation and evaporation and sum of active temperature on yield of winter wheat, maize and winter oil seed rape with using nitrification inhibitor 3,4-dimethylpyrazole phosphate applied together with different dosages of urea-ammonia solution (UAN-32).

Methods. During 2018–2021, research was conducted in the conditions of the "Druzhba Nova" scientific research center of the Varvinsky District, Chernihiv Region (department of the Kernel agricultural holding) on typical low-humus black soil. One-factor experiment. Control was $N_{10}P_{30}K_{40}$ (conditionally without nitrogen fertilizers). UAN-32 with dosages according variant of experiments, nitrification inhibitor 3,4-dimethylpyrazole phosphate was applied on spring after vegetation recovery, experiment variants accordingly (control+ N_{100} +NI, control+ N_{120} +NI, control+ N_{120} , control+ N_{120} +NI, control+ N_{130} +NI and control+ N_{130}).

Results. According experiment results on the period from March to April in 2018 and 2019 years was detected sharp average daily temperature increase from $-3,4^{\circ}\text{C}$ and $3,3^{\circ}\text{C}$ up to $11,3^{\circ}\text{C}$ and $10,4^{\circ}\text{C}$. The total sum of active temperature in 2018 was on the highest level and set up in $2321,9^{\circ}\text{C}$ in September on vegetation finishing. The total sum of precipitation was on the highest level in 509,9 mm on September 2019 on the end of vegetation on years of research.

On 2018–2021 years of research the highest yield of winter wheat was in 2018 on variant of experiment 37,2 c/ha, 80,0 c/ha, 81,4 c/ha and 74,0 c/ha. Relatively lower was yield in 2020 on variants of experiment 37,7 c/ha, 72,0 c/ha, 72,5 c/ha and 68,5 c/ha accordingly. The highest yield was in 2018 and 2021 on maize and set up on variants of experiment in 2018 as 86,0 c/ha, 110,2 c/ha, 105,6 c/ha and 99,7 c/ha and in year of 2021 85,7 c/ha, 111,9 c/ha, 99,5 c/ha and 97,7 c/ha. Yield of maize was the lowest in 2019 and 2020 and was relatively on the same level in those two years. Yield of winter oil seed rape was on the highest level in 2018 in comparison with 2020 and 2021 and set up on variants of experiment as 31,2 c/ha, 37,0 c/ha 38,5 c/ha and 34,5 c/ha. There was no experiments conducted on winter oil seed rape in 2019. **Conclusions.** Results of experiment in 2018–2021 on using nitrification inhibitor applied together with different dosages of UAN-32 shown that the highest yield was detected on winter wheat in 2018 (37,2–81,4 c/ha), on maize (86,0–110,2 c/ha) and on winter oil seed rape (31,2–38,5 c/ha). The highest yield in 2018 on all researched crops is highly correlated with sum of active temperatures which was the highest in researched years in $2321,9^{\circ}\text{C}$ on the end of vegetation in September.

Key words: temperature, precipitation and evaporation, sum of active temperature, productivity, urea-ammonia solution.

ФОРМУВАННЯ ФОТОСИНТЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ КАРТОПЛІ ЗАЛЕЖНО ВІД ВПЛИВУ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ І ПОЗАКОРЕНЕВОГО ПІДЖИВЛЕННЯ

ПОЛІЩУК В.О. – кандидат сільськогосподарських наук, асистент
orcid.org/0000-0003-2968-8382

Поліський національний університет

ЖУРАВЕЛЬ С.В. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0003-4627-9898

Поліський національний університет

Постановка проблеми. Швидкість формування асиміляційного апарату та розмір активної листової поверхні є дуже важливими для росту й розвитку рослин картоплі. Переважно фотосинтез утворюється у листках, тому від його формування залежить подальша продуктивність рослин. Збільшення асиміляційної поверхні є одним з основних шляхів підвищення продуктивності картоплі, тому між цими двома показниками наявна чітка кореляційна залежність.

Слід відмітити, що досить мобільним показником фотосинтетичної діяльності рослин є площа листової поверхні, яка завдяки дії зовнішніх чинників (температурний режим, забезпечення вологою, мінеральне живлення) може постійно змінюватися. За допомогою сучасних технічних засобів можливо забезпечувати різну ширину міжрядь (щільність посівів) та тим самим впливати на збільшення або зменшення площі листової поверхні [26]. Інтенсивність накопичення органічної маси відбувається завдяки величині листової поверхні. Вона залежить від біометричних параметрів рослин та регулюється режимами їх живлення та тривалістю активної діяльності листя. Вирішальним фактором продуктивності фотосинтезу є потужність асиміляційного апарату і тривалість його роботи, від якого залежать кількісні та якісні показники отриманого врожаю.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для інтенсивності фотосинтезу рослин картоплі важливими є не лише розміщення листків на стеблах, але й густота їх стояння на одиниці посіву. Загущення посівів сприяє затіненню листків різних ярусів. Це в свою чергу сприяє затіненню однієї рослини іншою завдяки наявності великої кількості листків і стебел. Науковці, Ільчук Р. В. та Завірюха П. Д., вважають, що потрібно формувати таку листову поверхню та такий листовий індекс, у посівах картоплі, щоб освітлення листків у рослини було достатнім для високої інтенсивності і продуктивності фотосинтезу. В ході їхніх досліджень, встановлено, що середній розмір листової поверхні однієї рослини повинен становити 1,15 м², це є еквівалентно 35600 рослин на 1 га посіву. Така площа листової поверхні у картоплі спостерігається переважно перед цвітінням рослин [2]. Тому, для отримання високої врожайності картоплі потрібно мати оптимальну площу листової поверхні не лише у міжфазний період бутонізація-цвітіння, а й у більш пізніші строки вегетації. Важливо, щоб міжфазний період проростання-сходи проходив більш інтенсивніше в ранні строки вегетації культури, який характеризу-

ється, в основному, сприятливішими умовами сонячної активності, тепловим і водним режимами ґрунту.

Мета статті. Дослідженнями передбачалося вивчення впливу різних систем удобрення з позакореневим внесенням рідких органо-мінеральних добрив на формування площі листової поверхні та фотосинтетичного потенціалу картоплі.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження виконувались у п'ятирічній короткотривалій сівозміні на базі Поліського національного університету впродовж 2014–2017 рр. на дослідному полі, яке знаходиться с. В. Горбаша Черняхівського району Житомирської області. Дослідна ділянка характеризується легким за гранулометричним складом ґрунтом – ясно-сірий лісовий. Ґрунт має невисоку забезпеченість гумусом та характеризується слабо-кислою реакцією ґрунтового розчину з низьким забезпеченням основними елементами живлення. Повторення досліду триразове, площа посівної ділянки 130 м² (4,7х27,6); площа облікової ділянки 110 м² (4х27,6); ширина захисної смуги 2 м; ширина коридорів між полями сівозміни 2 м.

Дослід закладали за загальноприйнятими методами. Для визначення площі листової поверхні картоплі використовували метод висічок. Позакореневу обробку картоплі рідкими органо-мінеральними добривами проводили двічі у фазу інтенсивного росту згідно рекомендацій.

Результати досліджень. В ході досліджень встановлено, що формування площі листової поверхні рослин на ясно-сірому лісовому ґрунті значно залежить від виду, рівня удобрення та погодних умов. Протягом 2014 року (рис. 1) у фазу повні сходи площа листової поверхні картоплі коливалася від 5,0 до 5,09 в залежності від систем удобрення. У фазу цвітіння найвища площа листової поверхні отримана за органо-мінеральної системи удобрення (50:50), яка становила 35,40 тис. м²/га. Дещо нижчі показники площі листової поверхні отримано за мінеральної (N₅₀P₄₀K₇₀) системи удобрення – 34,60 тис. м²/га. У варіанті 2 – органічна система удобрення (гній 50 т/га) вона склала 31,40 тис. м²/га. Найнижчою площа листової поверхні була за біологічного контролю – 24,60 тис. м²/га. Щодо позакореневого підживлення рідкими органо-мінеральними добривами то найкраще спрацювали Органік Д2М та Гумат калію за різних систем удобрення, так площа листової поверхні коливалася від 34,90 до 36,10 тис. м²/га.

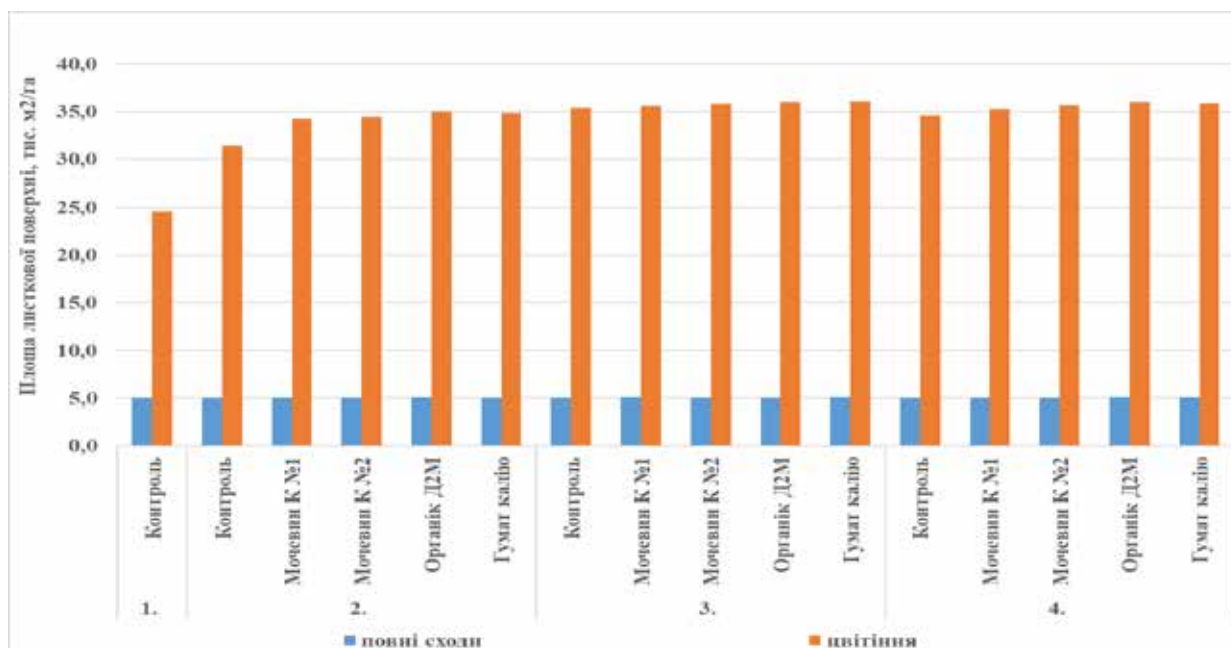


Рис. 1. Площа листової поверхні картоплі у фази повні сходи та цвітіння, в середньому за 2014 р.

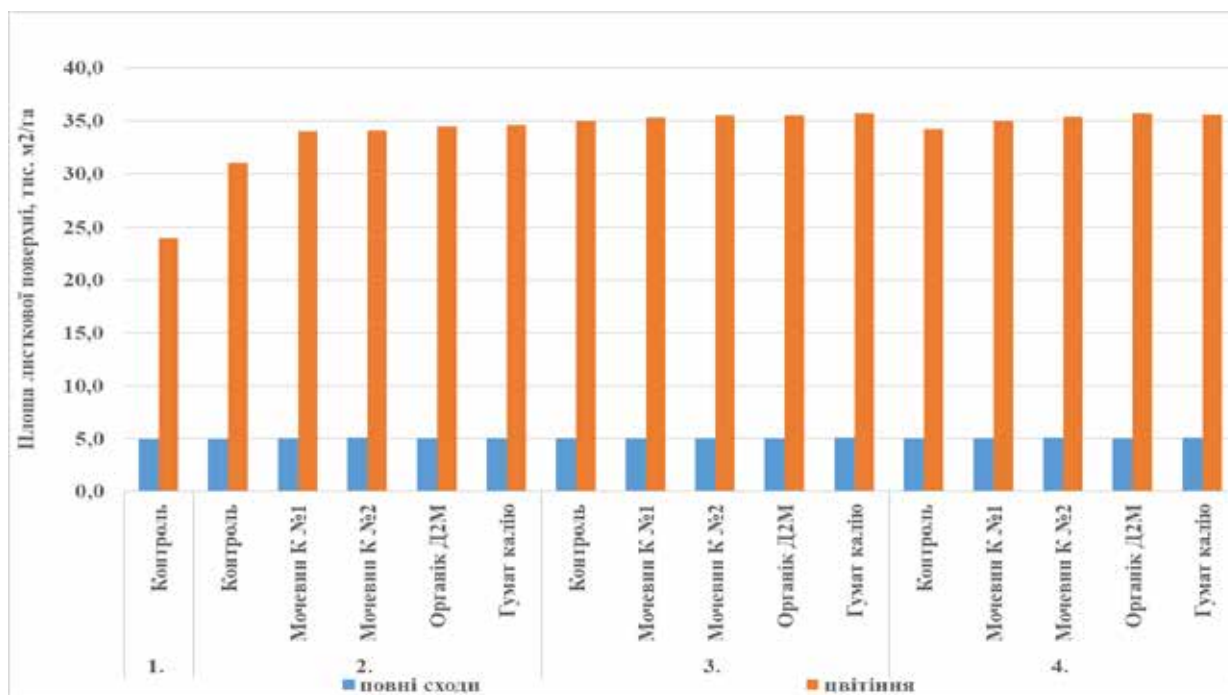


Рис. 2. Площа листової поверхні картоплі у фази повні сходи та цвітіння, в середньому за 2015 р.

У 2015 році (рис. 2) площа листової поверхні у фазу повні сходи коливалася від 4,98 до 5,08 тис. м²/га. У фазу цвітіння на біологічному контролі вона зроста на 19,02 порівняно до біологічного контролю в фазу повні сходи. За органо-мінеральної системи удобрення (50:50) у фазу цвітіння отримано найвищу площу листової поверхні картоплі, яка становила 35,0, за мінеральної – 34,2, органічної – 31,0 тис. м²/га. Внесення рідких органо-мінеральних добрив Органік Д2М та

Гумат калію за органо-мінеральної та мінеральної систем удобрення сприяло отриманню найвищих показників площі листової поверхні, де вони коливалися від 35,5 до 35,7 тис. м²/га.

Протягом 2016 року (рис. 3) площа листової поверхні картоплі на біологічному контролі у фазу повні сходи становила 4,98 тис. м²/га, за інших систем удобрення вона збільшилася на 0,04–0,19 тис. м²/га. У фазу цвітіння у варіанті біологічного контролю площа

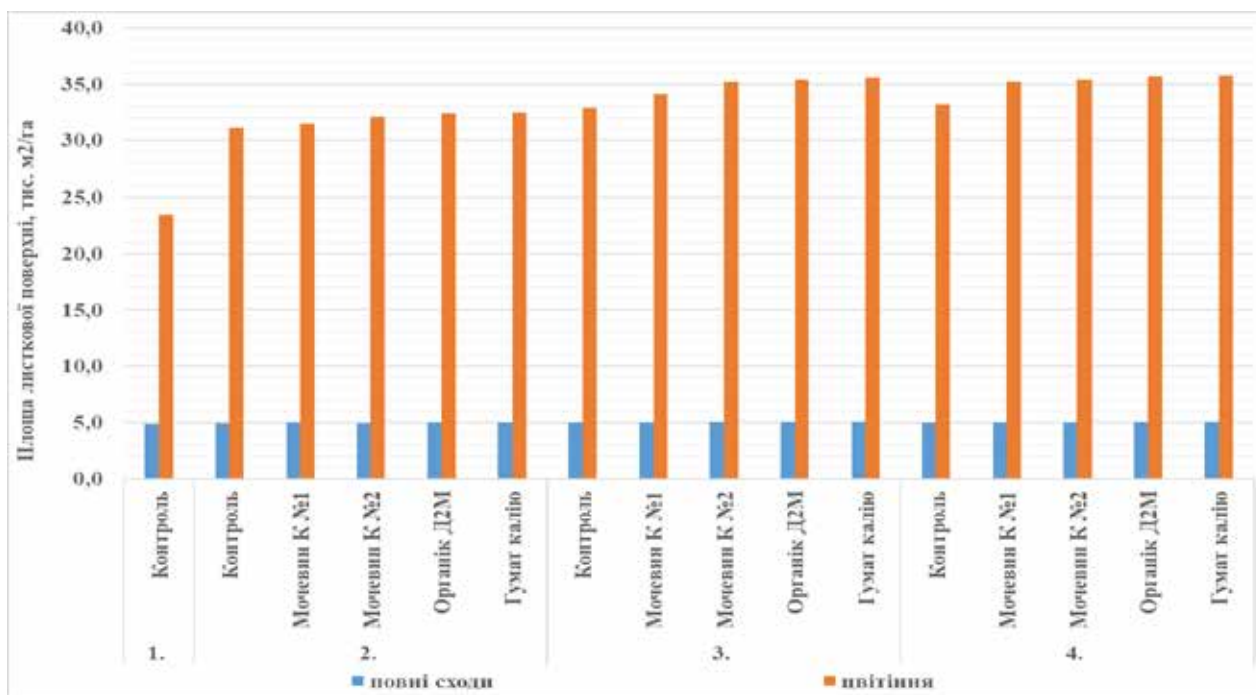


Рис. 3. Площа листової поверхні картоплі у фази повні сходи та цвітіння, в середньому за 2016 р.

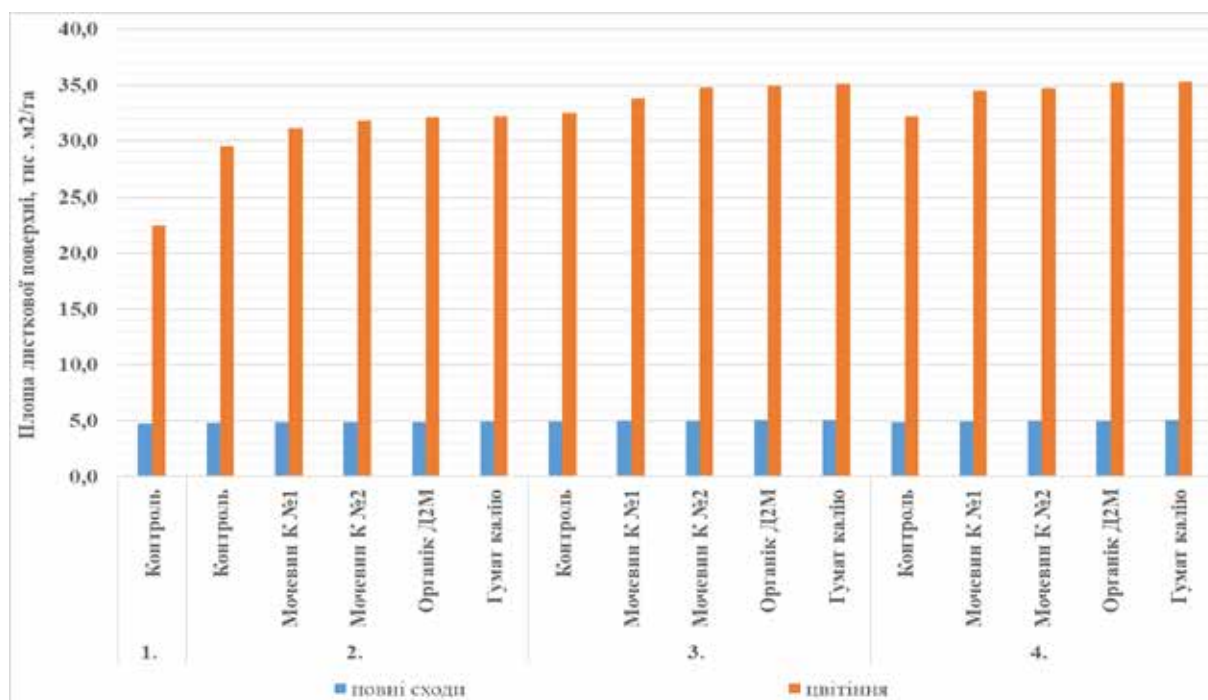


Рис. 4. Площа листової поверхні картоплі у фази повні сходи та цвітіння, в середньому за 2017 р.

листової поверхні становила 23,5 тис. м²/га. За органічної системи удобрення вона збільшилася на 7,6, за органо-мінеральної на 9,4, мінеральної – 9,7 тис. м²/га. Позакореневе внесення РОМД Органік D2M та Гумат калію за мінеральної системи удобрення сприяло зростанню площі листової поверхні від 35,7 до 35,8 тис. м²/га.

Аналіз результатів дослідження протягом 2017 року засвідчив, що цей рік був найменш сприятливим для

розвитку асиміляційного апарату картоплі. На біологічному контролі (рис. 4), площа листової поверхні становила 4,77 тис. м²/га. За інших систем удобрення вона збільшувалася від 0,04 до 0,27 тис. м²/га. Щодо фази цвітіння, то найнижчі показники площі листової поверхні отримані за біологічного контролю, де вони становили 22,50 тис. м²/га. За інших систем удобрення вона збільшувалася на 5–10 тис. м²/га. Позакореневе

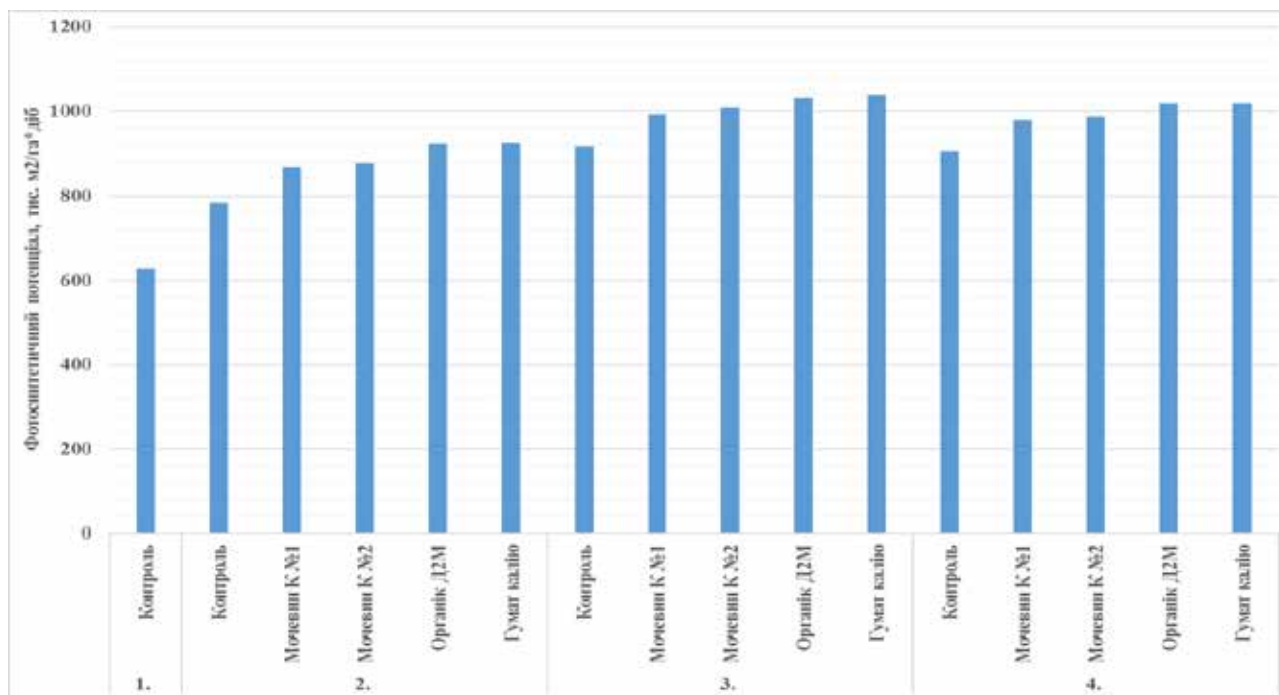


Рис. 5. Фотосинтетичний потенціал у міжфазний період «повні сходи – цвітіння» картоплі сорту Беллароса залежно від систем удобрення та позакореневого підживлення, середньозважений показник за 2014–2017 рр.

підживлення РОМД Органік Д2М та Гумат калію за орґано-мінеральної та мінеральної систем удобрення на формування площі листкової поверхні було найвищим та коливалося від 34,9 до 35,3 тис. м²/га.

Необхідною умовою впливу на ростові процеси рослин є не лише збільшення площі листкової поверхні, а й період роботи асиміляційного апарату (зеленого листа і стебел), завдяки чому зростає фотосинтетичний потенціал.

В ході досліджень встановлено (рис. 5), що фотосинтетичний потенціал картоплі найвищим був за орґано-мінеральної – 916 тис. м²/га * діб та мінеральної систем удобрення – 905 тис. м²/га * діб.

Сумісний вплив систем удобрення та позакореневого підживлення РОМД сприяло зростанню фотосинтетичного потенціалу. Так за умов орґано-мінеральної системи удобрення використання Органік Д2М та Гумат калію сприяло зростанню фотосинтетичного потенціалу від 1032 до 1038 тис. м²/га * діб. На фоні мінеральної системи при використанні цих самих рідких добрив показники фотосинтетичного потенціалу були однаковими та становили 1018 тис. м²/га * діб.

Висновки. 1. Площа листкової поверхні картоплі найкраще формувалася протягом 2014 року, на що впливали погодні умови. Формування асиміляційного апарату картоплі було нижчим за умов недостатнього зволоження 2015–2017 рр.

2. Протягом 2014 року розвиток асиміляційного апарату картоплі у фазу повні сходи зростає від 5,0 до 5,09 тис. м²/га залежно від систем удобрення. Площа листкової поверхні за фази цвітіння зростала від 24,60 до 36,10 тис. м²/га залежно від систем удобрення та рід-

ких орґано-мінеральних добрив. За період 2015–2017 рр. спостерігалось зниження площі листкової поверхні картоплі за різних фаз розвитку на що впливали погодні умови, спостерігалось низьке забезпечення вологою у критичні періоди росту й розвитку рослин картоплі.

3. Фотосинтетичний потенціал картоплі, в середньому за роки досліджень зростає від 628 до 1038 тис. м²/га * діб залежно від систем удобрення та позакореневого внесення рідких орґано-мінеральних добрив.

4. Найважливішим фактором, від якого залежить величина асиміляційної поверхні, є поживний режим ґрунту, який значно доповнює та поліпшує позакореневе підживлення рідкими орґано-мінеральними добривами Органік Д2М, Гумат калію. Завдяки цьому створюються сприятливі умови для живлення рослин та формування високої площі листкового апарату та фотосинтетичного потенціалу.

Перспективи подальших досліджень в подальшому нами планується більш детальне вивчення впливу різних систем удобрення (біологічно орієнтованих), щодо покращення кількісних, а особливо якісних при вирощуванні картоплі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Біологія та екологія сільськогосподарських рослин : підручник / В. Д. Паламарчук, І. С. Поліщук, С. М. Каленська, Л. М. Єрмакова. Вінниця : Роґальська І. О., 2013. 723 с.
- Гамаюнова В. В., Іскакова О. Ш. Вплив способів внесення добрив та регуляторів росту на врожайність бульб сортів картоплі літнього садіння в умовах Півдня України за зрошення. *Участь молоді у розбудові агропромислового комплексу України* : матері-

- али доп. 26-ої студентської наук.-теорет. конф. (26–28 березня 2014 р.). Миколаїв : МНАУ, 2014. С. 97–99.
- Еколого-біологічні та технологічні принципи вирощування польових культур : навч. посібник / В. Д. Паламарчук, О. В. Климчук, І. С. Поліщук та ін. Вінниця : Вінниц. нац. аграр. ун-т., 2010. 680 с.
 - Елементи системи захисту картоплі за вирощування на основі органічного землеробства в умовах Полісся України / Б. А. Тактаєв, І. М. Подберезко, С. А. Лященко, А. А. Осипчук. *Картоплярство*. 2020. Вип. 45. С. 89–102.
 - Ільчук Р. В., Завірюха П. Д. Асиміляційна поверхня і урожайність картоплі залежно від строків садіння, рівнів живлення та групи стиглості сортів. *Вісник Львівського національного аграрного університету*. Львів : Агрономія. 2012. № 16(1). С. 254–258.
 - Кучко А. А. Фізіологія та біохімія картоплі / А. А. Кучко, М. Ю. Власенко, В. М. Мицько. Київ : Довіра, 1998. 335 с.
 - Методика наукових досліджень в агрономії : навч. посібник / В. Г. Дідора, О. Ф. Смаглій, Е. Р. Ермантраут та ін. Київ : Центр учбової літератури, 2013. 264 с.
 - Мусієнко М. М. Фізіологія рослин. 2-ге вид., доп. і переробл. Київ : Либідь, 2005. 807 с.
 - Поліщук В. О., Журавель С. В. Динаміка урожайності ланки сівозмін за умов використання орґано-мінеральних добрив в зоні Полісся. *Таврійський науковий вісник*. 2022. Вип. 127. С. 117–122. *Doi: https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.127.15*.
 - Поліщук В. О., Журавель С. В., Кравчук М. М., Залевський Р. А. Ефективність рідких комплексних добрив за різних систем удобрення картоплі в умовах Полісся України. *Наукові горизонти*. 2020. № 08(93). С. 141–148. *Doi: 10.33249/2663-2144-2020-93-8-141-148*.
 - Schreiber U., Schliwa W., Bilger W. Continuous recording of photochemical and nonphotochemical chlorophyll fluorescence quenching with a new type of modulation fluorometer. *Photosynth. Res.* 1986. Vol. 10, Iss. 1–2. P. 51–62. *doi: 10.1007/BF00024185*.
- REFERENCES:**
- Palamarchuk, V.D., Polishchuk, I.S., Kalenska, S.M., Yermakova, L.M. (2013). *Biologiya ta ekolohiya silskohospodarskykh roslin : pidruchnyk* [Biology and ecology of agricultural plants : a textbook]. Vinnytsia : Rohalska I. O., 723 p. [in Ukrainian].
 - Hamaiunova, V.V., Isakova, O.Sh. (2014). *Vplyv sposobiv vnesennia dobriv ta rehuliatoriv rostu na vrozhaunist bulb sortiv kartopli litnoho sadinnia v umovakh Pivdnia Ukrainy za zroshennia* [The influence of methods of applying fertilizers and growth regulators on the yield of tubers of potato varieties for summer planting in the conditions of Southern Ukraine under irrigation]. *Uchast molodi u rozbudovi ahropromyslovoho kompleksu Ukrainy : materialy dop. 26-oi studentskoi nauk.-teoret. konf. (26–28 bereznia 2014 r.)* [Participation of youth in the development of the agro-industrial complex of Ukraine: additional materials. of the 26th student science-theoretical conference. conf. (March 26–28, 2014)]. Mykolaiv : MNAU, pp. 97–99. [in Ukrainian].
 - Palamarchuk, V.D., Klymchuk, O.V., Polishchuk, I.S. ta in. (2010). *Ekoloho-biologichni ta tekhnologichni pryntsy vyroshchuvannia polovokh kultur : navch. Posibnyk* [Ecological, biological and technological principles of growing field crops: teaching. manual]. Vinnytsia : Vinnyts. nats. ahrar. un-t. 680 p. [in Ukrainian].
 - Taktaiev, B.A., Podberezko, I.M., Liashchenko, S.A., Osypchuk, A.A. (2020). *Elementy systemy zakhystu kartopli za vyroshchuvannia na osnovi orhanichnoho zemlerobstva v umovakh Polissia Ukrainy* [Elements of the potato protection system for growing on the basis of organic farming in the conditions of Polissia of Ukraine]. *Kartopliarstvo* [Potato farming]. Vyp. 45. pp. 89–102. [in Ukrainian].
 - Ilchuk, R. V., Zaviriukha, P. D. (2012). *Asymiliatsiina poverkhnia i urozhaunist kartopli zalezno vid strokiv sadinnia, rivniv zhyvlennia ta hrupy styhlosti sortiv*. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*. Lviv : Ahronomiia. № 16(1). S. 254–258. [in Ukrainian].
 - Kuchko, A. A., Vlasenko, M. Yu., Mytsko, V.M. (1998) *Fiziologhiia ta biokhimiia kartopli*. Kyiv : Dovira. 335 s. [in Ukrainian].
 - Didora V. H., Smahlii O. F., Ermantraut E. R. ta in. (2013). *Metodyka naukovykh doslidzhen v ahronomii* Kyiv : «Tsentr uchbovoi literatury». 264 s. [in Ukrainian].
 - Musiienko, M. M. (2005). *Fiziologhiia roslin* [Plant physiology]. (2nd ed., rev.). Kyiv : Lybid. [in Ukrainian].
 - Polishchuk, V.O., Zhuravel, S.V. (2022). *Dynamika urozhaunist lanky sivozmyny za umov vykorystannia orhano-mineralnykh dobriv v zoni Polissia* [Dynamics of productivity of the crop rotation link under the conditions of using organic-mineral fertilizers in the Polissya zone]. *Tavriyskyi naukovi visnyk* [Taurian Scientific Herald]. Vyp. 127. pp. 117–122. *Doi: https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.127.15*. [in Ukrainian].
 - Polishchuk, V.O., Zhuravel, S.V., Kravchuk, M.M., Zalevskyi, R.A. (2020). *Efektivnist ridkykh kompleksnykh dobriv za riznykh system udobrennia kartopli v umovakh Polissia Ukrainy* [Effectiveness of liquid complex fertilizers under different potato fertilization systems in the conditions of Polissia of Ukraine]. *Naukovi horyzonty* [Scientific horizons]. № 08(93). pp. 141–148. *Doi: 10.33249/2663-2144-2020-93-8-141-148*. [in Ukrainian].
 - Schreiber, U., Schliwa, W., & Bilger, W. (1986). Continuous recording of photochemical and non-photochemical chlorophyll fluorescence quenching with a new type of modulation fluorometer. *Photosynth. Res.*, 10(1–2), 51–62. *doi: 10.1007/BF00024185*. [in Ukrainian].
- Поліщук В.О., Журавель С.В. Формування фотосинтетичного потенціалу картоплі залежно від впливу систем удобрення і позакореневого підживлення**
- Мета.** Дослідженнями передбачалося вивчення впливу сумісного використання систем удобрення та позакореневого підживлення рідкими орґано-мінеральними добривами на формування асиміляційного апарату картоплі та фотосинтетичного потенціалу. **Методи.** Дослідження тривали з 2014 по 2017 рр. у Поліському національному університеті на базі наукового дослідного поля. Варіанти удобрення: біологічний контроль, органічна система (гній 50 т/га), орґано-мінеральна (50:50) та мінеральна ($N_{50}P_{40}K_{70}$). Для позакореневого удобрення використовували рідкі орґано-мінеральні добрива Мочевин К № 1, Мочевин К № 2, Органік Д2М

та Гумат калію. Дослід закладений за загальноприйнятими методиками. Площу листової поверхні картоплі визначали методом висічок. Позакореневу обробку картоплі рідкими органо-мінеральними добривами проводили двічі у фазу інтенсивного росту згідно рекомендацій. **Результати.** За 2014 рік площа листової поверхні картоплі у фазу повні сходи коливалася від 5,0 до 5,09 залежно від систем удобрення. В період фази цвітіння площа листової поверхні була найвищою за органо-мінеральної системи удобрення (50:50) та склала 35,40 тис. м²/га. Протягом 2015 року площа асиміляційного апарату картоплі у фазу повні сходи зростала від 4,98 до 5,08 тис. м²/га. У фазу цвітіння за органо-мінеральної системи удобрення (50:50) було отримано найвищу площу листової поверхні картоплі, яка становила 35,0 тис. м²/га. За органо-мінеральної та мінеральної систем удобрення використання РОМД Органік Д2М та Гумат калію сприяло зростанню показників площі листової поверхні від 35,5 до 35,7 тис. м²/га.

За 2017 рік розвиток асиміляційного апарату картоплі був найнижчим. У фазу повні сходи він коливався в межах 4,8–5,0 тис. м²/га. Площа листової поверхні у фазу цвітіння найвищою була за органо-мінеральної системи удобрення та становила 32,5 тис. м²/га. На формування найвищої площі листової поверхні вплинули органо-мінеральна та мінеральна системи удобрення з позакореневим внесенням РОМД Органік Д2М та Гумат калію, де вона зростала від 34,9 до 35,3 тис. м²/га.

Фотосинтетичний потенціал картоплі, в середньому за роки досліджень, найвищим був за органо-мінеральної системи удобрення та становив 916 тис. м²/га *діб, а накладання препаратів Органік Д2М та Гумат калію на дану систему сприяли його зростанню від 1032 до 1038 тис. м²/га *діб.

Висновки. Формування листової поверхні картоплі і фотосинтетичного потенціалу залежало як від систем удобрення, так і від застосування рідких органо-мінеральних добрив. Площа листової поверхні (у фазі сходи та цвітіння) і фотосинтетичного потенціалу найвищою була за умов 2014 р. Інші роки (2015–2017) були посушливими, тому розвиток асиміляційного апарату був уповільнений.

Ключові слова: площа листової поверхні, фотосинтетичний потенціал, система удобрення, рідкі органо-мінеральні добрива.

Polishchuk V.O., Zhuravel S.V. Formation of the photosynthetic potential of potatoes depending on the influence of fertilization systems and foliar fertilization

Goal. The research involved studying the impact of the combined use of fertilization systems and foliar fertilizing with liquid organo-mineral fertilizers on the formation of the potato assimilation apparatus and photosynthetic potential.

Methods. Research continued from 2014 to 2017 at the Polish National University on the basis of a scientific research field. Fertilizer options: biological control, organic system (manure 50 t/ha), organo-mineral (50:50) and mineral (N₅₀P₄₀K₇₀). For foliar fertilization, liquid organo-mineral fertilizers Mochevyn K No1, Mochevyn K No2, Organic D2M and Humate potassium were used. The experiment is based on generally accepted methods. The area of the potato leaf surface was determined by the method of cuttings. Foliar treatment of potatoes with liquid organo-mineral fertilizers was carried out twice in the phase of intensive growth according to recommendations.

The results. In 2014, the leaf surface area of potatoes in the full seedling phase ranged from 5.0 to 5.09, depending on the fertilization systems. During the flowering phase, the leaf surface area was the highest under the organo-mineral fertilization system (50:50) and amounted to 35.40 thousand m²/ha. During 2015, the area of the potato assimilation apparatus in the phase of full emergence grew from 4.98 to 5.08 thousand m²/ha. In the flowering phase, under the organo-mineral fertilization system (50:50), the highest leaf surface area of potatoes was obtained, which was 35.0 thousand m²/ha. Under the organo-mineral and mineral fertilization systems, the use of ROMD Organic D2M and Humate potassium contributed to the growth of the indicators of the leaf surface area from 35.5 to 35.7 thousand m²/ha.

In 2017, the development of the potato assimilation apparatus was the lowest. In the phase of full growth, it ranged from 4.8 to 5.0 thousand m²/ha. The area of the leaf surface in the flowering phase was the highest under the organo-mineral fertilization system and amounted to 32.5 thousand m²/ha. The formation of the highest leaf surface area was influenced by organo-mineral and mineral fertilization systems with foliar application of ROMD Organic D2M and Humate potassium, where it increased from 34.9 to 35.3 thousand m²/ha.

The photosynthetic potential of potatoes, on average over the years of research, was the highest under the organo-mineral fertilization system and amounted to 916 thousand m²/ha *day, and the application of the preparations Organic D2M and Humate potassium to this system contributed to its growth from 1032 to 1038 thousand m²/ha *days.

Conclusions. The formation of the potato leaf surface and photosynthetic potential depended both on fertilization systems and on the use of liquid organo-mineral fertilizers. The leaf surface area (in the seedling and flowering phase) and photosynthetic potential was the highest under the conditions of 2014. The other years (2015–2017) were dry, so the development of the assimilation apparatus was slowed down.

Key words: leaf surface area, photosynthetic potential, fertilization system, liquid organo-mineral fertilizers.

ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ СИЛЬФІЮ ПРОНИЗАНОЛИСТОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ

РАДЧЕНКО М.В. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

orcid.org/0000-0001-9376-8657

Сумський національний аграрний університет

Постановка проблеми. Розвиток альтернативних джерел енергії є одним із шляхів вирішення енергетичної кризи. Світовий досвід довів ефективність та потенціал вирощування біомаси як сировини для виробництва теплової та електричної енергії [2, 3]. В Європі виробництво енергії з біомаси має всебічну підтримку і є одним з рішень сучасної глобальної проблеми енергетичної кризи [5]. Найбільш повну оцінку технології вирощування та продуктивності дає енергетичний вихід енергетичних культур [1]. В Європейському Союзі вже створено сотні тисяч гектарів енергетичних плантацій, і ця площа збільшується з кожним роком. В Україні, за різними оцінками, є близько восьми мільйонів гектарів незадіяних земель, які можна було б успішно використовувати для вирощування енергетичних культур [12]. Збільшення виробництва біопалива в Україні, зокрема широке впровадження у виробництво швидкозростаючих енергетичних культур, є критично важливим і необхідним у нинішніх економічних умовах [10]. Однією з найперспективніших енергетичних культур є сільфія пронизаноліста [8]. Проте виробництво цієї рідкісної культури в Україні ведеться на рівні наукових досліджень [9].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. *Silphium perfoliatum* L. належить до родини айстрових. Походить з Північної Америки і була завезена до Європи у 18 столітті. Культура характеризується широкою екологічною пластичністю та цінними біологічними і господарськими властивостями. Сільфія пронизаноліста може рости до 20 років без пересіву і без зменшення врожаю біомаси. Може використовуватися як джерело силосу та вітамінного борошна, а також як енергетична культура [4, 14]. Багато науковців вважають, що для оптимального формування високих врожаїв біомаси середня температура на протязі вегетаційного періоду повинна становити від 10 до 15 °C [11]. Згідно з літературних джерел, при внесенні $N_{120}P_{30}K_{60}$ для вирощування сільфії пронизанолістої вихід енергії становить близько 468160 Мдж/га, а енергетичний коефіцієнт становить 13,2 [7, 13].

Мета статті – встановити вплив умов вирощування на елементи продуктивності та врожайності фітомаси сільфії пронизанолістої.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження здійснювали в Сумському районі Сумської області на території дослідного поля Сумського національного аграрного університету за загальноприйнятими методиками досліджень [6] на протязі 2021–2023 рр. Ґрунт університету чорнозем типовий потужний важко-суглинковий, середньогумусний. Вміст гумусу в орному шарі становить 4,0 %, рН складає 6,5, вміст легкогідролізова-

ного азоту становить 9,0 мг, рухомого фосфору 14,0 мг, обмінного калію 6,7 мг на 100 грам ґрунту.

Агротехнологічні операції в досліді проводили згідно рекомендованих прийомів, що прийняті в університеті, за виключенням заходів, що передбачалися схемою досліду, а саме дози мінеральних добрив. Мінеральні добрива вносили у вигляді аміачної селітри на початку відростання сільфії пронизанолістої. Досліди були закладені рендомізованим способом в трьох повтореннях. Площа кожної ділянки складала п'ятдесят п'ять метрів квадратних. Як матеріал для дослідження був використаний сорт сільфії пронизанолістої Богатир.

Вивчення впливу мінеральних добрив на продуктивність сільфії пронизанолістої проводили за наступною схемою:

Схема досліду:

- контроль (без добрив);
- доза азоту 30 кг/га діючої речовини (N_{30});
- доза азоту 60 кг/га діючої речовини (N_{60}).

Обліки, виміри та супутні спостереження проводилися відповідно до існуючих методик проведення польових дослідів, згідно з методикою державного сортопробування с/г культур. Результати досліджень, обробляли методами статистики із застосуванням комп'ютерних програм Excel, Statistica 6.0.

Результати досліджень. Висота травостою – це основний показник швидкості росту рослинності. Висота відображає реакцію рослин на умови навколишнього середовища Лісостепової зони. Сільфія пронизаноліста характеризується високою середньодобовою швидкістю росту, особливо під час формування пагонів.

За результатами досліджень було виявлено, що найбільша висота рослин сільфії пронизанолістої відмічено у фазі відмирання надземної зеленої маси за внесення мінеральних добрив у дозі N_{60} і становила 195,6 см, що більше ніж на контролі на 23,8 см та на варіанті з внесенням N_{30} на 11,5 см. Таким чином найменша висота рослин біла відмічена на контролі 171,8 см (табл. 1).

Слід відмітити, що діаметр стебла біля основи рослини був найбільшим на ділянках з застосуванням мінеральних добрив в дозі N_{60} і становив 1,1 см, дещо менші показники діаметра стебла були відмічені на варіанті із застосуванням норми добрив N_{30} – 0,8 см, а на контролі даний показник склав 0,6 см.

Кількість міжвузлів на рослині сільфії пронизанолістої коливалася в межах 5,9–7,2 шт. ($HP_{05} = 0,3$). Найбільше міжвузлів було відмічено за внесення мінеральних добрив в дозі N_{60} – 7,2 шт./рослину, а найменше відмічено на контролі 5,9 шт./рослину (табл. 1).

Таблиця 1

Висота, діаметр та кількість міжвузлів рослин сільфії пронизанолистої залежно від удобрення (середнє за 2021–2023 рр.)

Доза мінеральних добрив	Висота рослин, см	Діаметр стебла біля основи, см	Кількість міжвузлів, шт.
Без добрив (контроль)	171,8	0,6	5,9
N ₃₀	184,1	0,8	6,4
N ₆₀	195,6	1,1	7,2
НІР ₀₅	8,2	0,2	0,3

Таблиця 2

Кількість листків та їхній розмір на стеблі рослин сільфії пронизанолистої залежно від удобрення у період вегетації (середнє за 2021–2023 рр.)

Доза мінеральних добрив	Кількість листків на стеблі, шт.	Середня довжина листка, см	Середня ширина листка, см
Без добрив (контроль)	13,6	18,5	12,1
N ₃₀	15,1	20,4	13,2
N ₆₀	16,2	23,8	14,0
НІР ₀₅	1,0	1,5	0,7

Таблиця 3

Вага рослини сільфії пронизанолистої, г (середнє за 2021–2023 рр.)

Фон живлення	Вага рослини у фазу цвітіння	Вага сухої рослини
Без добрив (контроль)	128,4	27,4
N ₃₀	141,6	31,7
N ₆₀	152,3	35,0
НІР ₀₅	10,2	2,2

Листки – це рослинний орган судинних рослин, що виконує функцію фотосинтезу, транспірації та газообміну. Кількість листків та їх розмір на рослині впливає на показники продуктивності, що в подальшому впливає на урожайність сільфії пронизанолистої.

За результатами досліджень кількість листків на стеблі сільфії пронизанолистої по варіантах коливалася від 13,6 до 16,2 шт. (НІР₀₅ = 1,0). Найбільша кількість листків була отримана на варіанті з дозою добрив N₆₀ і становила 16,2 шт., що більше в порівнянні з дозою добрив N₃₀ на 1,1 шт. та контролем на 2,6 шт. Найменша кількість листків на рослині зафіксована на контролі і становила 13,6 шт. (табл. 2).

Найбільша довжина листків отримана у період вегетації за внесення мінерального добрива у дозі N₆₀ – 23,8 см, а найменша на контролі 18,5 см. При внесенні мінерального добрива в дозі N₃₀ середня довжина листка становила 20,4 см.

Ширина листків в досліді коливалася від 12,1 до 14,0 см (НІР₀₅ = 0,7). Найбільша ширина була відмічена на варіанті з внесенням N₆₀ – 14,0 см, а найменша на контролі 12,1 см (табл. 2).

Іншим важливим показником формування продуктивності посівів сільфії пронизанолистої є її вага. Максимальна вага рослини спостерігалася у фазу цвітіння. В проведених дослідженнях було виявлено, що у фазу цвітіння вага рослин сільфії коливалася від 128,4 г до 152,3 г (НІР₀₅ = 10,2). Найменша вага рос-

лини було відмічено на контролі 128,4 г, при внесенні азотних мінеральних добрив було помічено підвищення ваги рослин сільфії. За внесення N₃₀ вага рослини становила 141,6 г, а за внесення N₆₀ – 152,3 г. Таким чином максимальна вага рослин була отримана за внесення азотних мінеральних добрив в дозі N₆₀ – 152,3 г (табл. 3).

Вага сухої рослини сільфії пронизанолистої на контролі становила 27,4 г, N₃₀ – 31,7 г, N₆₀ – 35,0 г. Найбільші показники ваги сухої рослини були отримані на варіанті з внесенням азотних мінеральних добрив в дозі N₆₀ – 35,0 г (табл. 3).

Висока залежність між густотою рослин на одиниці площі та більшістю показників їх розвитку зумовлює існування специфічних умов і параметрів, які гарантують максимальний рівень врожайності посіву. Кінцева передзбиральна густота посіву впливає на формування максимального врожаю і являється оптимальною густотою посіву.

За результатами досліджень 2021–2023 рр. передзбиральна густота стояння сільфії пронизанолистої на контролі (без добрив) становила 32,4 шт./м², за використання азотних мінеральних добрив спостерігалася підвищення густоти стояння, а саме за внесення N₃₀ – 35,4 шт./м², та N₆₀ – 37,6 шт./м² (НІР₀₅ = 2,15). Таким чином, найбільша передзбиральна густота стояння в досліді була отримана за внесення азотних мінеральних добрив в дозі N₆₀ і становила 37,6 шт./м² (Рис. 1).

Одним з головних показників реакції рослин на умови вирощування є урожайність. Середня розрахун-

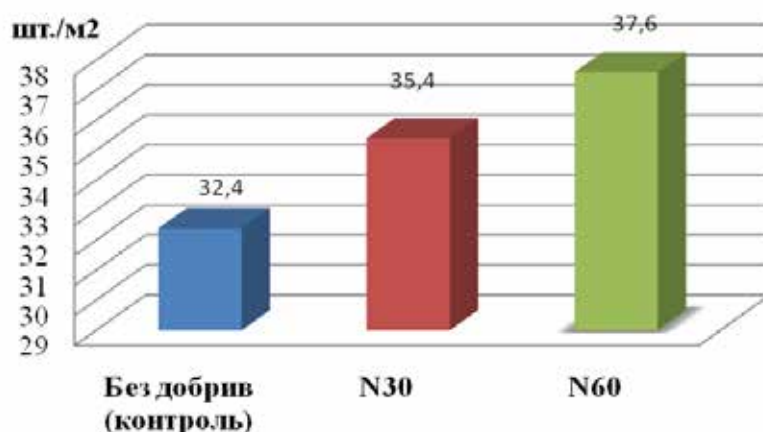


Рис. 1. Передзбиральна густина сільфії пронизанолистої залежно від дози мінеральних добрив (середнє за 2021–2023 рр.), шт./м²

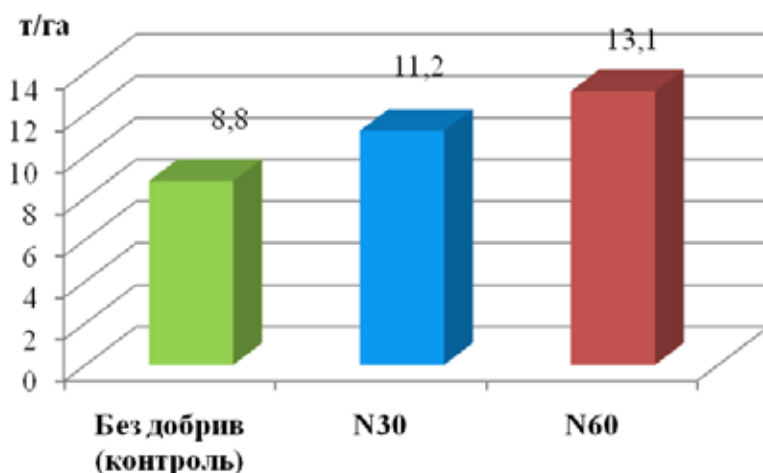


Рис. 2. Урожайність сухої біомаси рослин сільфії пронизанолистої залежно від дози мінеральних добрив (середнє за 2021–2023 рр.), т/га

кова урожайність сухої біомаси рослин сільфії пронизанолистої у розрізі із різними схемами використання азотних мінеральних добрив знаходилася в діапазоні від 8,8 до 13,1 т/га ($HR_{05} = 0,87$).

За результатами досліджень максимальна урожайність сухої біомаси сільфії пронизанолистої отримано на варіанті з дозою добрив N_{60} – 13,1 т/га, що більше на 14,5 % ніж за внесення N_{30} (11,2 т/га) та на 32,8 % (8,8 т/га) за контроль (Рис. 2).

Висновки. За результатами досліджень встановлено, що внесення азотних мінеральних добрив в дозі N_{60} забезпечило отримання максимальної висоти рослин сільфії пронизанолистої 195,6 см, діаметру стебла біля основи 1,1 см, кількість міжвузлів 7,2 шт./рослину. При внесенні азотних добрив в дозі N_{60} отримано найбільшу вагу сухої рослини – 35,0 г, з густрою стояння 37,6 шт./м² та урожайністю сухої біомаси 13,1 т/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Гелетуха Г. Г., Железна Т. А. Біоенергетика в Україні: стан розвитку, бар'єри та шляхи їх подолання. *Біоенергетика*. 2014. № 1. С. 16–19.
- Грицуляк Г. М., Лопушняк В. І. Екологічні аспекти використання осаду стічних вод комунального господарства у фітоенергетиці. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Харків, 2016. С. 125–130.
- Квак В. М., Ганженко О. М., Зиков П. Ю., Хіврич О. Б. Визначання площі листової поверхні в різних видів міскантусу розрахунковим методом. *Новітні технології*. 2017. № 5. URL: <http://jna.bio.gov.ua/article/view/122228>.
- Лопушняк В. І. Енергоємність гумусу темносірого опідзоленого ґрунту під впливом різних систем удобрення в західному Лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2012. Вип. 9. С. 57–59. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna_agro_2012_9_16.

5. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві: навч. посіб. Київ: Урожай, 1988. 208 с.
 6. Підпригора В. С., Писаренко П. В. Практикум з основ наукових досліджень в агрономії: навч. посіб. Полтава: Інтер Графіка, 2003. 138 с.
 7. Шевчук Р. В., Гук Б. В., Шевчук Г. М., Ювчик Н. О. Енергетична і економічна ефективність вирощування сильфії пронизанолістої на тверде біопаливо. *Біоенергетика*. 2015. № 1. С. 28–29.
 8. Шевчук Р. В., Ровна Г. Ф., Кір'янчук К. І. Вплив азотних добрив на врожайність сильфії пронизанолістої за вирощування на тверде біопаливо. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2013. С. 121–123.
 9. Franzaring J., Holz I., Kauf Z., Fangmeier A. Responses of the novel bioenergy plant species *Sida hermaphrodita* (L.) Rusby and *Silphium perfoliatum* L. to CO₂ fertilization at different temperatures and water supply. *Biomass and Bioenergy*. 2015. P. 574–583.
 10. Gansberger M., Montgomery L. F. R., Liebhard P. Botanical characteristics, crop management and potential *Silphium perfoliatum* L. as a renewable resource for biogas production: a review. *Industrial Crops and Products*. 2015. Vol. 63. P. 362–372.
 11. Kowalski R. Selected secondary metabolites in leaves, inflorescences and rhizomes of *Silphium perfoliatum* L. – alternative herbal plant. *Folia Horticulturae*. 2003. Vol. 15. № 2. P. 203–209.
 12. Schorpp Q., Müller A. L., Schrader S., Dauber J. Agroecological potential of the cup plant (*Silphium perfoliatum* L.) from a biodiversity perspective. *J. für Kulturpflanzen*. 2016. Vol. 68 (12). P. 412–422.
 13. Titei V. The evaluation of biomass of the *Sida hermaphrodita* and *Silphium perfoliatum* for renewable energy in Moldova. *Scientific Papers*. 2017. Vol. LX. P. 534–540.
 14. Titei V. The Perspective of Cultivation and Utilization of the Species *Silphium perfoliatum* L. and *Helianthus tuberosus* L. in Moldova. *Bulletin UASMV*. 2013. Vol. 70 (1). P. 160–166.
- REFERENCES:**
1. Heletukha H. H., Zheliezna T. A. (2014). Bioenerhetyka v Ukraini: stan rozvytku, bariery ta shliakhy yikh podolannya [Bioenergy in Ukraine: state of development, barriers and ways to overcome them]. *Bioenerhetyka*. № 1. S. 16–19 [in Ukrainian].
 2. Hrytsuliak H. M., Lopushniak V. I. (2016). Ekologichni aspekty vykorystannya osadu stichnykh vod komunalnoho hospodarstva u fitoenerhetytsi [Ecological aspects of the use of municipal sewage sludge in phytoenergetics]. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo*. S. 125–130 [in Ukrainian].
 3. Kvak V. M., Hanzhenko O. M., Zikov P. Yu., Khivrych O. B. (2017). Vyznachannia ploshchi lystkovoï poverkhni v riznykh vydiv miskantusu rozrakhunkovym metodom [Determination of the leaf surface area in different types of miscanthus by the calculation method]. *Novitni tekhnologii*. № 5. Retrived from <http://jna.bio.gov.ua/article/view/122228> [in Ukrainian].
 4. Lopushniak V. I. (2012). Enerhoiemnist humusu temno-siroho opidzolenoho gruntu pid vplyvom riznykh system udobrennia v zakhidnomu Lisostepu Ukrainy [Humus energy density of dark gray podzolized soil under the influence of different fertilization systems in the western forest-steppe of Ukraine]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*. Vyp. 9. Retrived from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna_agro_2012_9_16 [in Ukrainian].
 5. Medvedovskyi O. K., & Ivanenko P. I. (1988). *Enerhetychnyi analiz intensyvnykh tekhnolohii v silskohospodarskomu vyrobnytstvi* [Energy analysis of intensive technologies in agricultural production]. Kyiv: Urozhai [in Ukrainian].
 6. Pidopryhora V. S., & Pysarenko P. V. (2003). *Praktykum z osnov naukovykh doslidzhen v ahronomii: navch. Posib* [Workshop on the basics of scientific research in agronomy]. Poltava: Inter Hrafika [in Ukrainian].
 7. Shevchuk R. V., Huk B. V., Shevchuk H. M., Yuvchuk N. O. (2015). *Enerhetychna i ekonomichna efektyvnist vyroshchuvannya sylfii pronyzanolystoi na tverde biopalyvo* [Energetic and economic efficiency of growing silphium perfoliatum on solid biofuel]. *Bioenerhetyka*. № 1. S. 28–29 [in Ukrainian].
 8. Shevchuk R. V., Rovna H. F., Kirianchuk K. I. (2013). *Vplyv azotnykh dobryv na vrozhaunist sylfii pronyzanolystoi za vyroshchuvannya na tverde biopalyvo* [The effect of nitrogen fertilizers on the yield of silphium perfoliatum when grown on solid biofuel]. *Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovyykh buriakiv*. S. 121–123 [in Ukrainian].
 9. Franzaring J., Holz I., Kauf Z., Fangmeier A. (2015). Responses of the novel bioenergy plant species *Sida hermaphrodita* (L.) Rusby and *Silphium perfoliatum* L. to CO₂ fertilization at different temperatures and water supply. *Biomass and Bioenergy*. P. 574–583.
 10. Gansberger M., Montgomery L. F. R., Liebhard P. (2015). Botanical characteristics, crop management and potential *Silphium perfoliatum* L. as a renewable resource for biogas production: a review. *Industrial Crops and Products*. Vol. 63. P. 362–372.
 11. Kowalski R. (2003). Selected secondary metabolites in leaves, inflorescences and rhizomes of *Silphium perfoliatum* L. – alternative herbal plant. *Folia Horticulturae*. Vol. 15. № 2. P. 203–209.
 12. Schorpp Q., Müller A. L., Schrader S., Dauber J. (2016). Agroecological potential of the cup plant (*Silphium perfoliatum* L.) from a biodiversity perspective. *J. für Kulturpflanzen*. Vol. 68 (12). P. 412–422.
 13. Titei V. (2017). The evaluation of biomass of the *Sida hermaphrodita* and *Silphium perfoliatum* for renewable energy in Moldova. *Scientific Papers*. Vol. LX. P. 534–540.
 14. Titei V. (2013). The Perspective of Cultivation and Utilization of the Species *Silphium perfoliatum* L. and *Helianthus tuberosus* L. in Moldova. *Bulletin UASMV*. Vol. 70 (1). P. 160–166.
- Радченко М.В. Особливості вирощування сильфію пронизанолістого залежно від елементів технології**
- Мета.** Встановити вплив умов вирощування на елементи продуктивності та врожайність фітомаси сильфію пронизанолістої.
- Методи.** Польовий – закладання дослідів, облік урожаю стебел, лабораторний – фізичний – вимірювання висоти, діаметру стебел, кількості міжвузлів, розмірів листків, розрахунковий – статистичний.

Результати. Найбільша висота рослин сільфії пронизанолистої відмічено у фазі відмирання надземної зеленої маси за внесення мінеральних добрив у дозі N_{60} і становила 195,6 см, що більше ніж на контролі на 23,8 см та на варіанті з внесенням N_{30} на 11,5 см. Слід відмітити, що діаметр стебла біля основи рослини був найбільшим на ділянках з застосуванням мінеральних добрив в дозі N_{60} і становив 1,1 см, дещо менші показники діаметра стебла були відмічені на варіанті із застосуванням норми добрив N_{30} – 0,8 см, а на контролі даний показник склав 0,6 см. Вага сухої рослини сільфії пронизанолистої на контролі становила 27,4 г, N_{30} – 31,7 г, N_{60} – 35,0 г. Найбільші показники ваги сухої рослини були отримані на варіанті з внесенням азотних мінеральних добрив в дозі N_{60} – 35,0 г. Передзбиральна густина стояння сільфії пронизанолистої на контролі (без добрив) становила 32,4 шт./м², за використання азотних мінеральних добрив спостерігалось підвищення густоти стояння, а саме за внесення N_{30} – 35,4 шт./м², та N_{60} – 37,6 шт./м². Максимальну урожайність в середньому за період досліджень отримано за внесення азотного мінерального добрива в дозі N_{60} – 13,1 т/га. Внесення N_{30} забезпечило урожайність на рівні 11,2 т/га, а на контролі 8,8 т/га.

Висновки. За результатами досліджень встановлено, що внесення азотних мінеральних добрив в дозі N_{60} забезпечило отримання максимальної висоти рослин сільфії пронизанолистої 195,6 см, діаметру стебла біля основи 1,1 см, кількість міжвузлів 7,2 шт./рослину. При внесенні азотних добрив в дозі N_{60} отримано найбільшу вагу сухої рослини – 35,0 г, з густотою стояння 37,6 шт./м² та урожайністю сухої біомаси 13,1 т/га.

Ключові слова: висота рослин, діаметр стебла, кількість міжвузлів, вага рослини, передзбиральна густина, урожайність.

Radchenko M.V. Peculiarities of growing silphium perfoliatum depending on the elements of technology

Purpose. To establish the influence of growing conditions on elements of productivity and yield of the phytomass of silphium perfoliatum.

Methods. Field – laying experiments, recording the harvest of stems, laboratory – physical – measuring the height, diameter of stems, the number of internodes, leaf sizes, calculation – statistical.

Results. The highest height of the plants of silphium perfoliatum was noted in the phase of the death of above-ground green mass with the application of mineral fertilizers in a dose of N_{60} and was 195.6 cm, which is 23.8 cm more than the control and 11.5 cm more than the version with the application of N_{30} . It should be noted that the diameter of the stem at the base of the plant was the largest in the areas with the use of mineral fertilizers in a dose of N_{60} and was 1.1 cm, somewhat smaller indicators of the diameter of the stem were noted in the version with the application of the N_{30} fertilizer norm 0.8 cm, and in the control this indicator was 0.6 cm. The weight of the dry plant of silphium perfoliatum in the control was 27.4 g, N_{30} – 31.7 g, N_{60} – 35.0 g. The highest indicators of the weight of the dry plant were obtained in the variant with the introduction of nitrogen mineral fertilizers in the dose of N_{60} – 35.0 g. The pre-harvest stand density of silphium perfoliatum in the control (without fertilizers) was 32.4 pcs./m², with the use of nitrogen mineral fertilizers, an increase in the stand density was observed, namely, when applying N_{30} – 35.4 pcs./m², and N_{60} – 37.6 pcs./m². The maximum yield on average during the research period was obtained with the application of nitrogen mineral fertilizer in the dose of N_{60} – 13.1 t/ha. Application of N_{30} ensured productivity at the level of 11.2 t/ha, and 8.8 t/ha in the control.

Conclusions. According to the results of research, it was established that the introduction of nitrogen mineral fertilizers in a dose of N_{60} ensured the maximum height of silphium perfoliatum plants of 195.6 cm, the diameter of the stem at the base was 1.1 cm, and the number of internodes was 7.2 pcs./plant. When applying nitrogen fertilizers in a dose of N_{60} , the largest dry plant weight was obtained – 35.0 g, with a stand density of 37.6 pcs./m² and a dry biomass yield of 13.1 t/ha.

Key words: plant height, stem diameter, number of internodes, plant weight, pre-harvest density, productivity.

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ХАРЧУВАННЯ: СТІЙКЕ, БІОДИНАМІЧНЕ ТА ОРГАНІЧНЕ СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО

РЕЗНИЧЕНКО В.П. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0001-5693-0942

Центральноукраїнський національний технічний університет

КОЛОМІЄЦЬ Л.В. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0002-6410-1762

Центральноукраїнський національний технічний університет

ТУНІК Т.М. – кандидат технічних наук
orcid.org/0009-0003-6333-0832

Центральноукраїнський національний технічний університет

Постановка проблеми. У XXI с. соціально-економічний прогрес України та інших країн світу, спрямований на інтенсивне економічне зростання, призвів до небувалого негативного впливу на довкілля. Обмеженість природних ресурсів та їх здатності до самовідновлення стали очевидними на тлі ростучої економічної могутності, яка виявилася руйнівною для біосфери та людства. Розв'язання існуючих протиріч сьогодні можливе тільки в рамках сталого соціально-економічного розвитку, який не підриває свою природну основу, тобто в контексті всебічного стійкого розвитку.

Сільськогосподарський комплекс є ключовою галуззю в реальній економіці, де його ефективний і обдуманий розвиток становить основу продовольчої та екологічної стабільності кожної держави. Нещодавно ця сфера перетворилася з непродуктивного елемента у провідну силу світової економіки, демонструючи за останнє десятиліття зростаючу економічну вигідність аграрного виробництва, збільшення інноваційної активності та високу інвестиційну привабливість. Враховуючи значення сільського господарства у підвищенні добробуту населення, виникає потреба у розробці моделі, яка б сприяла стабільному розвитку цієї галузі. У порівнянні з іншими секторами економіки, стабільність сільського господарства включає не менше п'яти основних напрямів розвитку, які тісно пов'язані з ключовими завданнями сільського господарства. До них належать: 1) збільшення продуктивності в аграрній сфері; 2) ефективне використання ресурсного потенціалу, включаючи земельні, трудові, фінансові ресурси; 3) створення альтернативних (не сільськогосподарських) можливостей працевлаштування у сільській місцевості; 4) забезпечення екологічної безпеки та поліпшення стану навколишнього середовища; 5) виробництво нематеріальних благ та послуг у сільських районах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика стабільного розвитку сільського господарства висвітлена у працях наступних авторів: Фурдич, О. [4], Гулько Л. [5]. Тема системного переходу аграрного сектору та сільських регіонів до стійкого розвитку, що базується на інтегрованому соціально-екологічно-економічному підході, аналізується в наукових дослідженнях: Багорка М., Сергієнко А. [2], Сітковська А., Масляєва О. [10], Орсіні С., Падел С., Лемпкін Н. [15].

В контексті української наукової думки, питання біологізації сільського господарства розглядається з двох боків: як найоптимальніший метод землеробства (біологічне аграрне виробництво): Василенко І., Чупринов Є. [3], Кононенко Ж. [7], Андрєєва Н., Хумарова Н., Ніколайчук Т. [13] та як один із ключових аспектів у системі стійкого розвитку сільського господарства та сільських територій (стабільне сільське господарство). Автори рекомендують запровадження окремих методів біологізації, подібних до тих, що використовуються в органічному аграрному секторі, включаючи сівозміни, вирощування однорічних та багаторічних трав як сидератів, використання в якості добрив відходів виробництва (наприклад, соломи), застосування органічних добрив (включаючи нетрадиційні) тощо.

Мета. Основною метою дослідження є оцінка впливу стійкого, біодинамічного та органічного аграрного господарства на екологічні аспекти, з урахуванням їхнього потенціалу для підвищення екологічної стійкості та сприяння здоровому харчуванню.

Задачі дослідження:

- дослідити концепції та практики стійкого, біодинамічного та органічного сільського господарства та їх вплив на екологічні аспекти харчування.
- оцінити ефективність цих підходів у вирішенні проблем екологічної стійкості в аграрному секторі.
- проаналізувати вплив стійкого, біодинамічного та органічного сільського господарства на якість та безпечність продукції харчування.
- розглянути роль цих підходів у підвищенні рівня здорового харчування та їхній вплив на здоров'я людини.

Результати досліджень.

1. Стійке сільське господарство. Індустріальні підходи в сільському господарстві виникли як відповідь на потребу забезпечення харчуванням зростаючого світового населення, оскільки вони забезпечують вищі показники урожайності різних сільськогосподарських культур. Однак важливо усвідомити, що концепція здорового харчування включає не лише виробництво великих обсягів органічних продуктів. Істотне значення має також асортимент харчових продуктів та вплив їх виробництва на добробут тварин та людей, які займаються аграрною діяльністю [2]. Висока продуктивність індустріального сільського господарства приносить

значні негативні наслідки для здоров'я тварин, людини та довкілля, створюючи ризики, які можуть підірвати майбутню продуктивність.

Земля є закритою системою, де природні процеси безперервно перетворюють енергію з однієї форми життя в іншу. Проте застосування індустріальних методів у сільському господарстві може порушити цю замкнуту систему, завдаючи шкоди екосистемам та становлячи загрозу для здоров'я людини. Індустріальне аграрне господарство може викликати забруднення як поверхневих, так і ґрунтових вод, що негативно впливає на здоров'я людей. Під час вирощування сільськогосподарських культур, використання хімічних добрив може спричинити забруднення водних ресурсів, коли забруднені ґрунти потрапляють з полів до прилеглих річок, озер і струмків [12].

Відходи тваринництва становлять значний фактор забруднення повітря, що впливає на здоров'я як сільськогосподарських працівників, так і жителів сільськогосподарських регіонів. Промислове сільське господарство вдається до використання агрохімікатів, як-от пестицидів та гербіцидів, для боротьби з комахами, шкідниками та бур'янами, які можуть шкодити врожаю. Проте деякі з цих хімічних речовин шкодять не лише цільовим організмам, а й іншим живим істотам.

Стале аграрне господарство полягає у застосуванні принципів та методик, які виключають можливу шкоду для людини, тварин та довкілля при виробництві харчових продуктів. На відміну від використання природних систем для власної користі, стале сільське господарство сприяє збереженню та підсиленню екосистемних функцій як на території ферм, так і поза їх межами. Такий підхід може забезпечити зростання економічної стійкості, створити нові можливості для фермерів та сільських громад, покращити умови життя сільськогосподарських та диких тварин, а також сприяти поліпшенню охорони навколишнього середовища, що в свою чергу сприятиме формуванню більш здорового суспільства [1].

Стале аграрне господарство сприяє збереженню ключових ресурсів, таких як ґрунт і вода, та може стати катализатором процвітання місцевої економіки. Використання перевірених часом методів виробництва харчових продуктів та втілення екологічних принципів у керування землею та ресурсами може сприяти створенню справедливої та стійкої продовольчої системи.

«Стійкість» охоплює багато аспектів, і стале сільське господарство може позитивно впливати на широкий спектр пов'язаних між собою питань, від охорони природних ресурсів до поліпшення здоров'я окремих осіб та громад. Такий підхід пропонує рішення для усунення негативних наслідків індустріальної продовольчої системи на здоров'я. Продукти промислового виробництва зазвичай містять менше поживних речовин порівняно з продукцією невеликих сільських господарств, оскільки індустріальні продукти та їх інгредієнти зазнають значної обробки перед тим, як потрапити до споживача [4].

Промислово вироблені харчові продукти розробляються з огляду на стандартизацію, упаковуються та зберігаються таким чином, щоб вони могли витримувати довгі транспортування та зберігатися на полицях магазинів протягом тривалого часу до їх споживання. У прагненні до максимізації короткострокового прибутку, корпорації часто надають перевагу підвищенню урожайності, зовнішньому вигляду продуктів та термінам їх зберігання, не звертаючи увагу на оптимальне харчування та здоров'я.

Практика сталого сільського господарства заснована на роботі у гармонії з природними процесами ландшафту та віддає пріоритет довгостроковому здоров'ю всієї екосистеми. Хоча універсальний підхід до сталого ведення сільського господарства відсутній, існує ряд методів, які складають основу сталого аграрного господарства (табл. 1).

Методи сталого аграрного господарства зосереджені на вирощуванні здорових та поживних продуктів для локальних харчових ланцюгів, наприклад, шляхом покращення якості ґрунту. Ефективне управління родючістю ґрунту та циклом поживних речовин є ключовими для забезпечення високого рівня вмісту вітамінів та мінералів у вирощених культурах [3]. Продукція, отримана в рамках сталого сільського господарства, повинна бути вільною від небезпечних агрохімікатів, включаючи пестициди, антибіотики та штучні добрива.

2. Біодинамічне сільське господарство.

Особливістю біодинамічного аграрного господарства є гармонізація виробничих циклів не лише з земними, але й з космічними ритмами. У фундаменті органо-біологічного землеробства лежить прагнення до створення «живого та здорового ґрунту», шляхом підтримки та стимулювання активності його мікрофлори. Господарство

Таблиця 1

Провідні складові існування сталого сільського господарства

Складові	Технологічний опис
Скорочення чи ліквідація синтетичних ресурсів	Може включати в себе відмову від використання пестицидів і гербіцидів, використання реліктового або збереженого насіння замість покращеного гібридного, ротацію сільськогосподарських культур для скорочення популяцій шкідників і, де це можливо і доцільно, використання ручних, а не механізованих методів збирання врожаю для скорочення використання викопного палива
Захист та регенерація ґрунту	Означає посадку покривних культур, щоб уникнути впливу на голий ґрунт елементів, збільшення органічної речовини за рахунок використання компосту та зелених гнойових культур, а також скорочення або уникнення обробки ґрунту.
Заохочення корисної біорізноманітності	Включає відмову від токсичних ресурсів, посадку несільськогосподарської рослинності для залучення запилювачів і заохочення хижаків-шкідників, а також інтеграцію лісового господарства в сільське господарство, де це можливо

Джерело: сформовано авторами за [3, 6]

сприймається як єдиний організм, де чітко налагоджені цикли та кругообіг поживних речовин, узгоджуючись із природною екосистемою.

На сучасному етапі біоземлеробство та агроландшафтне проектування виступають перспективними сферами в сільськогосподарській діяльності, що дають змогу не тільки вирощувати екологічно чисту продукцію та розвивати рекреаційні можливості, але й сприяють збереженню ландшафтної та біологічної різноманітності, а також істотно зменшують кількість забруднювачів, що потрапляють у навколишнє середовище.

Ключові принципи біодинамічного (органічного) землеробства, які спрямовані на вирощування продукції, що підходить для дитячого, лікувального та профілактичного харчування, включають [3, 11]:

- розміщення біоземлеробських господарств на ділянках, вільних від забруднення;
- використання технологій вирощування сільськогосподарських культур без використання пестицидів;
- захист посівів від бур'янів за допомогою агротехнічних заходів, таких як культивація, використання напівпари, а також посіви поживних сидератів з алелопатичним впливом на бур'яни;
- захист посівів від шкідників та хвороб за допомогою агротехнічних, профілактичних та біологічних методів;
- впровадження технічного оснащення для ґрунтозахисних технологій біоземлеробства, включно із використанням широкозахоплювальних важких дискових борін та культиваторів для обробки ґрунту не глибше 4–5 см, кільчасто-шпорових котків, зернових пресових сівалок чи сівалок для прямої сівби; мульчування поверхні ґрунту поживними залишками;
- мінімізація обробки ґрунту призводить до збільшення обороту біогенних елементів у малому біологічному кругообігу, приблизно 500 кг/га, включаючи азот, фосфор, калій, з одночасним вилученням з продукції (зерно, молоко, м'ясо) близько 50–70 кг/га цих елементів щорічно;
- відновлення родючості ґрунтів шляхом використання органічних добрив (наприклад, гною, поживних сидератів), уникаючи застосування синтетичних мінеральних добрив;
- використання меліорантів-детоксикаторів для зменшення переходу забруднювачів з ґрунту у продукцію при невеликому рівні забруднення ґрунту у рамках технологій вирощування.

Ефективність запровадження зазначених методів землеробства буде забезпечена за умови дотримання науково обґрунтованих та чітко визначених технік, які відповідають концепції біоземлеробства.

Під час розробки методів біоземлеробства необхідно враховувати зональний принцип. Імплементация біоземлеробства має включати оцінку ландшафтних особливостей території, де знаходиться господарство, з урахуванням рельєфу, ступеня розчленованості території, лісистості та рівня обробки земель. Ерозійні процеси можуть спричинити переміщення дрібнозему та ксенобіотиків із вододілів до нижніх рівнів рельєфу, що веде до забруднення ґрунтів та рослинної продукції. Тому

потрібно розробити та реалізувати заходи для створення екологічно стабільних агроландшафтів. Це підтверджує, що масове запровадження біоземлеробства можливе лише з дотриманням відповідних підготовчих заходів, спрямованих на реалізацію його концепції [7].

Основні принципи органічного аграрного господарства охоплюють здоров'я, екологію, турботу та справедливість. Ці принципи були розроблені Міжнародною організацією рухів за органічне аграрне господарство з урахуванням можливості їх застосування на глобальному рівні та спрямовані на розвиток органічного руху у всій його багатоманітності.

Авторами були розроблені критерії, за якими сільськогосподарська практика вважається органічною. Ці критерії включають: виробництво продукції без використання пестицидів, інсектицидів, синтетичних добрив, ГМО, стимуляторів росту, гормональних препаратів, антибіотиків; виробництво продукції без використання іонізуючого випромінювання; виробництво продукції з урахуванням фізіологічних та поведінкових потреб тварин, а також умова проведення регулярної інспекції (яка контролює весь процес виробництва, а не лише кінцевий результат) та сертифікації. Право на маркування продукції як: «екологічно чистий продукт», «екологічно безпечний продукт», «натуральний продукт» (відповідно до законодавства країни) виробник отримує тільки після проходження відповідної сертифікації.

3. Органічне сільське господарство.

Термін «органічне сільське господарство» або органічне землеробство та тваринництво визначає підходи до виробництва сільськогосподарської продукції, які передбачають свідому мінімізацію використання штучних (синтетичних) засобів, таких як добрива, пестициди, стимулятори росту та кормові добавки. Замість цього, де це можливо, використовуються природні альтернативи, такі як гній, сидерати. Також активно впроваджуються сівозміни та спеціальні методи обробки ґрунту для підвищення урожайності.

Органічне сільське господарство є системою виробництва, яка підтримує здоров'я ґрунтів, екосистем та людей. Вона базується на екологічних процесах, біорізноманітності та природних циклах, притаманних місцевим умовам, та уникає використання шкідливих ресурсів. Органічне сільське господарство поєднує в собі традиції, інновації та наукові досягнення, щоб поліпшити стан навколишнього середовища, розвивати справедливі відносини та забезпечити гідний рівень життя [9].

Виробництво органічних продуктів харчування є однією з найбільш швидкозростаючих сфер світової економіки. Органічне (екологічне, біологічне) сільське господарство – це спосіб ведення аграрної діяльності, який передбачає значне зменшення (до 98%) застосування синтетичних добрив, пестицидів, регуляторів росту рослин, кормових добавок, антибіотиків. Цей підхід є однією з альтернативних моделей розвитку землеробства, що підтримує його високу продуктивність та екологічну безпеку (табл. 2) [10].

Органічне сільське господарство спрямоване на довгострокове збереження здоров'я рослин, тварин, ґрунту, людини та планети загалом. Для підвищення

Таблиця 2

Рухомі фактори переходу на органічні методи господарювання

№	у рослинництві	у тваринництві
1.	використання принципів біологічної синергії.	– видовідповідний спосіб використання свійської худоби.
2.	– відмова від використання фунгіцидів, гербіцидів, штучних добрив та антибіотиків виключає використання хімічно синтезованих речовин, консервантів, штучних барвників, гормонів, антибіотиків, ароматизаторів, стабілізаторів, підсилювачів смаку, кольору, стимуляторів росту;	– відмова від цілорічного стійлового утримання;
3.	– застосування рослинних відходів як добрив;	– обов'язковий випас худоби на природних пасовищах ;
4.	– використання сівозміни для відновлення ґрунту;	– невикористання синтетичних кормових добавок та гормонів;
5.	– Застосування біологічних способів захисту рослин ;	– заборона на превентивне використання антибіотиків та гормонів росту;
6.	– використання замкнутого циклу землеробство-скотарство (рослинництво – корм, скотарство – добрива);	– застосування стійких до захворювань та найбільш адаптованих до місцевих умов проживання;
7.	– абсолютна заборона на використання ГМО.	– використання замкнутого циклу землеробство скотарство (рослинництво – корм, скотарство – добрива);
8.		– підтримка різноманітності видів, залучених у виробництво;
9.		– абсолютна заборона на використання у розведенні тварин генної інженерії.

Джерело: сформовано авторами за [2, 8, 10]

урожайності, забезпечення мінерального живлення культурних рослин, боротьби з шкідниками та бур'янами воно включає активне використання сівозмін, органічних добрив (гній, компости, поживні залишки), сидератів (зелених добрив – рослин, що вирощуються для внесення в ґрунт з метою покращення його структури, збагачення азотом і придушення бур'янів) та різних безпечних методів обробки ґрунту. Органічне аграрне виробництво прагне гармонізувати потреби людства у вирощених продуктах харчування із законами природи, інтегруючи цю галузь у екосистему. На відміну від індустріального сільського господарства, що намагається змінити природу та підпорядкувати її потребам високої продуктивності, часто за рахунок шкоди природі та людям, органічне виробництво підкреслює гармонію із природними процесами.

Сьогодні принципи органічного землеробства вважаються фундаментом для розвитку цієї сфери по всьому світу [14]. Принцип здоров'я полягає в тому, що органічне аграрне господарство повинне сприяти збереженню та підвищенню здоров'я ґрунтів, рослин, тварин, людей та планети як цілісного і нероздільного організму. Принцип екології означає, що органічне аграрне господарство має базуватися на принципах існування природних екосистем і циклів, працюючи в гармонії з ними та підтримуючи їх. Принцип справедливості вимагає, щоб органічне сільське господарство було засноване на відносинах, що забезпечують справедливість, враховуючи загальне довкілля та життєві шанси. Принцип турботи вимагає, щоб управління органічним аграрним господарством було обережним та відповідальним, з метою захисту здоров'я та добробуту поточних та майбутніх поколінь, а також довкілля [5].

Методи органічного аграрного господарства базуються на принципах біологічної синергії [12, 15]:

1. відмова від застосування фунгіцидів, гербіцидів, штучних добрив та антибіотиків;

2. використання органічних відходів тварин та рослин як джерела добрив;

3. застосування сівозміни для підтримки та покращення родючості ґрунтів;

4. використання біологічних методів захисту рослин;

5. реалізація інтегрованої системи землеробства та тваринництва, де рослинництво забезпечує корм для тварин, а тваринництво – органічні добрива для рослин.

У сфері тваринництва основою органічного господарювання є відмова від постійного утримання тварин у стійлах, забезпечення обов'язкового випасу худоби, не використання синтетичних кормових добавок та гормонів, а також заборона на профілактичне використання антибіотиків [4].

Дослідження в області вегетації виявило, що органічні методи вирощування зернових та сої забезпечують рівень урожайності, аналогічний до традиційних методів, проте з меншими енергетичними витратами на виробництво добрив та без накопичення гербіцидів у ґрунті. Паралельно, швейцарське дослідження вказує на зниження врожайності на 20% у порівнянні з традиційними методами, при цьому зафіксовано зменшення енергетичних витрат на добрива на 60% та на пестициди на 98%. Згідно з порівняльними даними, отриманими американськими прихильниками органічного землеробства, урожайність при органічних методах становить в середньому 97–100% від урожайності, отриманої за допомогою традиційних методів [13]. Усі практики

органічного сільського господарства ґрунтуються на концепції біологічної синергії:

1. відмова від використання синтетичних засобів захисту рослин, заміна їх природними аналогами;

2. використання органічних речовин у аграрній діяльності (гній, рослинні залишки тощо) в якості добрив;

3. жорстке дотримання сівозміни для боротьби з бур'янами та шкідниками, а також для відновлення родючості ґрунтів;

4. ведення господарства за принципом замкненого циклу рослинництва та тваринництва, де рослинництво забезпечує тварин кормом, а тваринництво – органічними добривами для полів. Хоча використання швидкорозчинних синтетичних пестицидів та добрив є забороною, у випадках високого ризику втрати врожаю та неефективності біологічних методів, можливе епізодичне використання хімічних засобів.

В органічному тваринництві, крім відмови від синтетичних харчових добавок, стимуляторів і гормонів, також передбачається утримання тварин у природно наближених умовах. Наприклад, для великої рогатої худоби у літній період обов'язковий випас на природних пасовищах, а цілорічне стійлове утримання є неприпустимим.

Важливим елементом у процесі ведення органічного землеробства є сертифікація, яка не лише констатує факт застосування або не застосування добрив, пестицидів тощо, а й поглиблене вивчення всіх продуктів та напівпродуктів насамперед за хімічним складом та енергетичними характеристиками.

Висновки. Отже, сталий розвиток сільського господарства сприяє збереженню природних ресурсів для їх використання майбутніми поколіннями. Сталі аграрні методи спрямовані на захист і створення родючих ґрунтів, що є ключовим для ефективного росту сільськогосподарських культур. Вони ефективно використовують ресурси прісної води і забезпечують, що вода, що стікає, залишається чистою від токсичних забруднювачів, коли тече до інших екосистем або споживачів. Також стале сільське господарство зменшує залежність від синтетичних добрив та пестицидів, сприяє різноманітності рослинного життя через сівозміни та висаджування різних видів корисних несільськогосподарських рослин на краях полів. Всі ці дії допомагають підтримувати здорове, біорізноманітне середовище на фермах та їх оточенні. Щоб досягти стійкості, сільське господарство повинне задовольняти потреби сучасних та майбутніх поколінь, одночасно забезпечуючи економічну рентабельність, екологічну чистоту та соціальну та економічну справедливість.

Розвиток біодинамічного і органічного аграрного господарства не тільки сприяє виробництву продуктів, корисних для здоров'я людини, але й відіграє важливу роль у збереженні якості довкілля та зміцненні екологічної, соціальної та економічної стійкості країни. Економічне благополуччя, досягнуте за рахунок шкоди навколишньому середовищу, становить загрозу для біологічного існування людини, її фізичного та психічного здоров'я, а також здоров'я майбутніх поколінь. Врахування екологічних стандартів є критично важли-

вим для здоров'я нації, тому без їх дотримання неможливо говорити про економічну ефективність аграрного сектору. У сільському господарстві це особливо актуально, оскільки ця галузь в сучасних умовах відіграє ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки країни в контексті політики імпортозаміщення, що проводиться урядом. Інтенсивний розвиток органічного аграрного господарства, з урахуванням екологічних стандартів і природних особливостей земельних ресурсів, повинен стати основним принципом подальшого розвитку сільського господарства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Амонс С., Красняк О. Екологізація аграрного виробництва як основа формування системи продовольчої безпеки України. Економіка та суспільство. 2023. №(47). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-47-41>.
2. Багорка М.О., Сергієнко А.А. Екологізація виробництва аграрних підприємств як інноваційна складова їх розвитку. Економічні студії. 2021. № 3(33). С. 10–16.
3. Василенко І.А., Чупринов Є.В., Іванченко А.В., Скиба М.І., Воробйова В.І., Галиш В.В. Зелені технології у промисловості: Монографія. Дніпро : Акцент ПП, 2019. 366 с.
4. Еколого-економічні засади збалансованого аграрного виробництва та використання природних ресурсів агросфери: монографія. Київ : ДІА, 2022. 408 с.
5. Гунько Л. Формування сталого (збалансованого) землекористування – базова основа розвитку економіки землевпорядкування в Україні. Агросвіт. 2022. № 9–10. С. 51–61. <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2022.9-10.51>
6. Івашура А.А. Сучасні тенденції розвитку зеленої економіки в умовах глобалізації та мінімалістичного руху: монографія. Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2022. 113 с. URL : <http://surl.li/heowd> (дата звернення 15.11.23).
7. Кононенко Ж.А. Інтенсифікація як складова економічної ефективності використання землі. Ефективна економіка. 2017. № 4. С. 50–56.
8. Лагодієнко Н.В., Лагодієнко В.В. Оцінка економічної складової сталого розвитку аграрного виробництва в умовах відкритості національної економіки. Український журнал прикладної економіки. 2019. Том 4. № 4. С. 265–281. DOI: <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2019-4-31>.
9. Македон В., Михайленко О., Красніков П. Управління розробкою та реалізацією національних і міжнародних проектів у сфері відновлювальної енергетики. Підприємництво та інновації. 2023. №(26). С. 5–13. <https://doi.org/10.32782/2415-3583/26.1>
10. Сітковська А.О., Масляєва О.О. Земельно-ресурсний потенціал аграрного сектору: стан та особливості використання. Агросвіт. 2023. № 9-10. С. 77–81.
11. Управління земельними ресурсами та землекористуванням: базові засади теорії, інституціоналізації, практики: монографія. Біла Церква: ТОВ «Білоцерківдрук», 2021. 227 с.
12. Adam D.H., Supriadi Y.N., Ende Siregar Z.M.E. Green Manufacturing, Green Chemistry And Environmental Sustainability: A Review. International Journal of Scientific & Technology Research. 2020. № 9(04). pp. 2209–2211.

13. Andryeyeva N., Khumarova N., Nikolaychuk T. Aligning the social, environmental, and economic interests of "green growth" of the Ukrainian nature reserve fund objects. *Environmental Economics*. 2019. № 10(1). P. 93–104. doi:10.21511/ee.10(1).2019.07
14. Makedon V., Dzeveluk A., Khaustova Y., Bieliakova O., Nazarenko I. Enterprise multi-level energy efficiency management system development. *International Journal of Energy, Environment, and Economics*. 2021. Vol. 29. Iss. 1. pp. 73–91.
15. Orsini S., Padel S., Lampkin N. Labour Use on Organic Farms: a Review of Research since 2000. *Organic Farming*. 2018. Vol. 4. Iss. 1. pp. 7–15. https://doi.org/10.12924/of2018.04010007

REFERENCES:

1. Amons, S., & Krasnyak, O. (2023). Ekologizatsiya ahrarnoho vyrobnytstva yak osnova formuvannya systemy prodovol'choyi bezpeky Ukrayiny [Ecologization of agricultural production as the basis of the formation of the food security system of Ukraine]. *Economy and Society*, (47). https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-47-41. [in Ukrainian].
2. Bahorka M.O., Serhiyenko A.A. (2021). Ekologizatsiya vyrobnytstva ahrarnykh pidpryyemstv yak innovatsiyna skladova yikh rozvytku. [Greening of the production of agricultural enterprises as an innovative component of their development]. *Ekonomichni studiyi*. № 3(33). P. 10–16. [in Ukrainian].
3. Vasylenko, I.A., Chuprinov, E.V., Ivanchenko, A.V., Skyba, M.I., Vorobyova, V.I., Galish, V.V. (2019). Green technologies in industry. Dnipro, Accent 366 p. [in Ukrainian].
4. Furdychko, O.I. (Ed.). (2022). Ekologo-ekonomichni zasady zbalansovanoho ahrarnoho vyrobnytstva ta vykorystannya pryrodnykh resursiv ahrosfery: monohrafiya [Ecological and economic principles of balanced agricultural production and use of natural resources of the agrosphere: monograph]. Kyiv: DIA [in Ukrainian].
5. Hunko, L. (2022). Formuvannya staloho (zbalansovanoho) zemlekorystuvannya – bazova osnova rozvytku ekonomiky zemlevporyadkuvannya v Ukrayini [Formation of sustainable (balanced) land use – basis of economic development of land planning in Ukraine]. *Agrosvit*, 9–10, 51–61. https://doi.org/10.32702/2306-6792.2022.9-10.51 [in Ukrainian].
6. Ivashura, A.A. (2022). Suchasni tendentsiyi rozvytku zelenoyi ekonomiky v umovakh hlobalizatsiyi ta minimalistichnoho rukhu : monohrafiya [Modern trends in the development of the green economy in the conditions of globalization and minimalist movement : monograph]. Kharkiv, HNEU named after S. Kuznetsa, 113 p. URL : http://surl.li/heowd [in Ukrainian].
7. Kononenko, Zh.A. (2017). Intensyfikatsiya yak skladova ekonomichnoyi efektyvnosti vykorystannya zemli [Intensification as a component of economic efficiency of land use]. *Efektivna ekonomika*, № 4, 50–56. [in Ukrainian].
8. Lahodiienko, N.V. and Lahodiienko, V.V. (2019). Otsinka ekonomichnoyi skladovoyi staloho rozvytku ahrarnoho vyrobnytstva v umovakh vidkrytosti natsional'noyi ekonomiky [Assessment of the economic component of sustainable development of agricultural production in an open national economy]. *Ukrains'kyj zhurnal prykladnoi ekonomiky*, Vol. 4, no. 4, 265–281. DOI: https://doi.org/10.36887/2415-8453-2019-4-31. [in Ukrainian].
9. Makedon, V., Mykhailenko, O., & Krasnikov, P. (2023). Management of the development and implementation of national and international projects in the field of renewable energy. *Entrepreneurship and Innovation*, (26), 5–13. https://doi.org/10.32782/2415-3583/26.1 [in Ukrainian].
10. Sitkovska, A.O., Masliaieva, O.O. (2023). Land and resource potential of the agricultural sector: state and features of use. *Ahrosvit*, no 9–10, 77–81. [in Ukrainian].
11. Tretiak, A. Tretiak, V. Kuriltsev, R. Priadka, T. and Tretiak, N. (2021). Upravlinnia zemel'nymy resursamy ta zemlekorystuvanniam: bazovi zasady teorii, instytut-siolizatsii, praktyky [Management of land resources and land use: basic principles of theory, institutionalization, practice], Belotserkivdruk LL, Bila Tserkva, Ukraine. [in Ukrainian].
12. Adam, D.H., Supriadi, Y.N., Ende, Siregar, Z.M.E. (2020). Green Manufacturing, Green Chemistry And Environmental Sustainability: A Review. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 9(04), 2209–2211.
13. Andryeyeva, N., Khumarova, N. & Nikolaychuk, T. (2019). Aligning the social, environmental, and economic interests of "green growth" of the Ukrainian nature reserve fund objects. *Environmental Economics*, vol. 10, no.1, 93–104. doi: 10.21511 / ee.10 (1).2019.07.
14. Makedon, V., Dzeveluk, A., Khaustova, Y., Bieliakova, O., Nazarenko, I. (2021). Enterprise multi-level energy efficiency management system development. *International Journal of Energy, Environment, and Economics*, Vol. 29. Iss. 1, 73–91.
15. Orsini, S., Padel, S., Lampkin, N. Labour. (2018). Use on Organic Farms: a Review of Research since 2000. *Organic Farming*, Vol. 4, Iss. 1. 7–15. https://doi.org/10.12924/of2018.04010007.

Резніченко В.П., Коломієць Л.В., Тунік Т.М.
Екологічні аспекти харчування: стійке, біодинамічне та органічне сільське господарство

Мета. Оцінити вплив стійкого, біодинамічного та органічного аграрного господарства на екологічні аспекти, з урахуванням їхнього потенціалу для підвищення екологічної стійкості та сприяння здоровому харчуванню.

Методи. Аналітичний огляд для здійснення всебічного аналізу наукових джерел, публікацій та звітів, що стосуються стійкого, біодинамічного та органічного сільського господарства, а також їх впливу на екологічні аспекти харчування; компаративний аналіз з метою порівняння ефективності стійкого, біодинамічного та органічного методів ведення аграрного господарства з традиційними методами в аспектах екологічної стійкості та якості продукції харчування; метод моделювання для оцінки майбутнього розвитку органічного сільського господарства та його впливу на екологічні аспекти харчування.

Результати. Розглянуто аспекти сталого, біодинамічного та органічного сільського господарства, аналізуючи їх вплив на довкілля, якість харчування та здоров'я людства. Основна увага приділяється недолікам індустріального сільського господарства, яке, незважаючи на високі показники урожайності, негативно впливає на здоров'я тварин, людини та довкілля. Розглянуто стале, біодинамічне та органічне сільське аграрне господарство як альтернатива, яка включає застосування принципів та методик, спрямованих на мінімізацію шкоди для

людини, тварин та довкілля. Обґрунтовано важливість переходу до сталого, біодинамічного та органічного сільського господарства для забезпечення екологічної безпеки, здорового харчування та стійкого розвитку суспільства. **Висновки.** Стійке сільське господарство відіграє ключову роль у збереженні природних ресурсів для використання майбутніми поколіннями, створюючи родючі ґрунти, що є важливим для ефективного росту продовольчих культур. Використання стійких аграрних методів дозволяє ефективно використовувати ресурси прісної води та забезпечувати її чистоту від токсичних забруднювачів для інших екосистем та споживачів. Стійке сільське господарство зменшує залежність від синтетичних добрив та пестицидів та сприяє різноманітності рослинного життя. Забезпечення стійкості сільського господарства має включати в себе не тільки економічну рентабельність, але й екологічну чистоту та соціальну та економічну справедливість. Розвиток біодинамічного та органічного аграрного господарства сприяє не лише виробництву здорових продуктів, але й зміцненню екологічної, соціальної та економічної стійкості країни.

Ключові слова: стале аграрне господарство, біодинамічне виробництво, органічне землеробство, біорізноманіття, екологічні стандарти, харчові продукти.

Reznichenko V.P., Kolomiets L.V., Tunik T.M.

Ecological aspects of nutrition: sustainable, biodynamic and organic agriculture

Purpose. Assess the impact of sustainable, biodynamic and organic agriculture on environmental aspects, taking into account their potential to increase environmental sustainability and promote healthy eating. **Methods.** Analytical review to carry out a comprehensive analysis of scientific sources, publications and reports related to sustainable, biodynamic and organic agriculture, as well as their impact on ecological aspects of nutrition; compar-

ative analysis to compare the effectiveness of sustainable, biodynamic and organic farming methods with traditional methods in terms of environmental sustainability and quality of food products; a modeling method for assessing the future development of organic agriculture and its impact on the ecological aspects of nutrition. **Results.** Aspects of sustainable, biodynamic and organic agriculture are considered, analyzing their impact on the environment, food quality and human health. The main attention is paid to the shortcomings of industrial agriculture, which, despite high productivity indicators, negatively affects the health of animals, people and the environment. Considered sustainable, biodynamic and organic agriculture as an alternative, which includes the application of principles and methods aimed at minimizing harm to humans, animals and the environment. The importance of the transition to sustainable, biodynamic and organic agriculture to ensure environmental safety, healthy nutrition and sustainable development of society is substantiated. **Conclusions.** Sustainable agriculture plays a key role in preserving natural resources for the use of future generations by creating fertile soils that are essential for the efficient growth of food crops. The use of sustainable agricultural methods makes it possible to efficiently use fresh water resources and ensure its purity from toxic pollutants for other ecosystems and consumers. Sustainable agriculture reduces dependence on synthetic fertilizers and pesticides and promotes a diversity of plant life. Ensuring the sustainability of agriculture must include not only economic profitability, but also environmental cleanliness and social and economic justice. The development of biodynamic and organic agriculture contributes not only to the production of healthy products, but also to strengthening the ecological, social and economic stability of the country.

Key words: sustainable agriculture, biodynamic production, organic farming, biodiversity, ecological standards, food products.

ВПЛИВ СОРТОВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НА ФОРМУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА УРОЖАЙНІСТЬ СОЇ В УМОВАХ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

РИБАЛЬЧЕНКО А.М. – кандидат сільськогосподарських наук

orcid.org/0000-0002-2308-7853

Полтавський державний аграрний університет

СЕРДЮК А.Е. – студент II курсу магістратури

orcid.org/0009-0009-4776-5450

Навчально-науковий інститут агротехнологій, селекції та екології

Полтавського державного аграрного університету

Постановка проблеми. Сорт є важливою складовою інноваційного розвитку сільського господарства. В сучасних умовах захист прав селекціонера в умовах ринкових відносин має відбуватися шляхом введення системи збору роялті на законодавчому рівні: відносини між селекційними установами-оригінаторами, власниками сорту та виробниками насіння мають вибудовуватися на основі договорів про розмноження, а також продаж насіння сортів третім особам. Вирощування кондиційного насіння є важливою умовою розвитку сільського господарства та економічного зростання рослинницької галузі [1].

Сортовий потенціал країни має задовольнити сучасні потреби аграрного виробництва. Останнім часом стрімко збільшився вітчизняний селекційний сортовий потенціал. Значна частка припадає саме на сегмент сортів ранньостиглого типу. Слід зазначити, що селекціонер створює сорт для поширення в конкретному регіоні та ґрунтово-кліматичній зоні [2].

Майбутнє зростання виробничого потенціалу сої потребує фактичної наявності і запровадження новітніх сортів з найкращим компонуванням елементів насіннєвої продуктивності, ранньостиглості, стійкості до біотичних та абіотичних факторів [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сортівні ресурси країни повинні забезпечувати продовольчі потреби. Нарощення валового виробництва сої стало можливим завдяки праці вітчизняних селекціонерів. Саме вони створили нові високопродуктивні сорти. Значний ареал поширення сої в світі в умовах сьогодення пояснюється універсальністю напрямів використання [4].

Україна займає одні з перших місць за посівними площами та валовим виробництвом зерна в Європі. Державний реєстр сортів рослин України нараховує близько 300 сортів сої на 2023 рік. За останні двадцять років майже втричі зросла кількість сортів у Реєстрі. Збільшилася кількість ранньостиглих сортів. Більшість сучасних сортів створені для поширення в умовах певних ґрунтово-кліматичних умов [5].

Сорт, в першу чергу, повинен забезпечити вимоги виробництва. В сучасних умовах розвитку агропромислового комплексу, для збільшення урожайності сорт повинен максимально реалізувати генетичний потенціал. Створення адаптивних сортів, які мають значний

генетичний потенціал та високий рівень стійкості до несприятливих абіотичних та біотичних факторів першочергове завдання [6].

Сорт має бути пластичним. Також він має забезпечити стабільно високу урожайність по роках, зокрема, не зважаючи на мінливі умови навколишнього середовища. Власне, виробничники при виборі сорту для певного регіону звертають увагу на його адаптивний потенціал [7].

Слід зазначити, що максимально можливий генетичний потенціал наявних сортів сої за продуктивністю залишається не повністю реалізованим. У виробничих умовах сьогодення він розкритий всього на 60%. Для розкриття максимального генетичного потенціалу культури потрібно дотримуватися науково-обґрунтованих рекомендацій технології вирощування сої [8].

Дослідження наявного асортименту сої свідчить про те, що за тривалістю періоду вегетації переважна більшість сортів належать до скоростиглої групи. Для отримання максимально можливої продуктивності таких сортів доцільно враховувати гідротермічні умови зонального розміщення посівних площ під соєю [9, 10].

Впровадження у виробництво високопродуктивних сортів сої повинно обов'язково супроводжуватися дотриманням технології вирощування. Важливо також раціональне розміщення сої в сівозміні, забезпечення рослин поживними речовинами, ефективний захист від бур'янів, шкідників та хвороб. При збалансованому поєднанні зазначених факторів є змога досягти максимальної реалізації генетичного потенціалу продуктивності сорту [11, 12].

Для збільшення валового виробництва сої слід працювати над продуктивним потенціалом рослин. Створення високопродуктивних сортів сої, адаптованих до певних ґрунтово-кліматичних умов, дозволить збільшити обсяги виробництва [13]. В майбутньому доцільно не лише постійно збільшувати посівні площі, а й реалізувати генетичний потенціал продуктивності сортів сої у визначених ґрунтово-кліматичних умовах [14].

Метою дослідження було встановити залежність рівня формування насіннєвої продуктивності сої від сортових властивостей, сформулювати рекомендації щодо поліпшення технології вирощування культури в умовах Лівобережного Лісостепу України. Для досягнення поставленої мети передбачалося виконання таких

завдань: визначити тривалість періоду вегетації сортів сої; дослідити прояв елементів продуктивності; встановити рівень врожайності досліджуваних сортів.

Матеріали та методика досліджень. Наукові дослідження проводили впродовж 2021–2023 років в умовах Лівобережного Лісостепу України. Повторність досліду – триразова. Об'єктом досліджень були сорти сої: Діона, КиВін, Писанка, ЕС Ментор, Фенікс. У дослідях вивчали внесені до Реєстру сорти сої ранньостиглої групи, рекомендовані для вирощування в Лісостеповій зоні України. Ранньостигла група об'єднує сорти сої з тривалістю періоду вегетації 90–110 діб. Польові дослідження, спостереження та обліки проводилися загальноприйнятої методики [15].

Грунт – чорноземи типові слабозмиті важкосуглинкові. Вміст гумусу в орному шарі 0–20 см становить 4,17%, на глибині 44–54 см – 2,58%, на глибині 67–77 см – 1,68 см. Реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної та нейтральна, рН сольовий по профілю становить 6,1–6,9. Забезпеченість рухомими формами фосфору і калію середня і складає: фосфору – 7,36 мг, калію – 9,6 мг на 100 г ґрунту. Бал бонітету складає 61.

Сума річних опадів за середніми багаторічними даними Полтавської метеостанції становить 465 мм. Атмосферні опади в умовах регіону служать основним джерелом нагромадження запасів ґрунтової вологи, від чого залежить вологозабезпеченість сільськогосподарських культур, їх ріст, розвиток і врожайність. Погодні умови протягом 2021–2023 рр. відрізнялися як за температурою, та і за розподілом опадів у період вегетації сої, що дозволило комплексно вивчити вплив досліджуваних факторів.

Результати досліджень. Тривалість періоду вегетації є визначальною умовою до поширення сорту в певних ґрунтово-кліматичних умовах. За результатами трирічних досліджень найбільш скоростиглими були сорти

Діона та Писанка відповідно – 93 та 96 діб, сорт Фенікс мав найдовший період вегетації – 108 діб. Загалом, за тривалістю періоду вегетації сорти сої є цілком придатними для вирощування в умовах Лісостепу України. Найбільшу висоту рослини 86,4 см мав сорт Фенікс. Висота кріплення нижніх бобів у всіх сортів вище 10 см. У сорту ЕС Ментор найвищий показник кріплення нижнього бобу – 14,7 см у середньому за роками. Стійкість до вилягання та осипання у досліджуваних сортів знаходилася на рівні 8–9 балів (табл. 1).

Найвищий показник кількості бобів на рослині сформував сорт Писанка – 65,4 шт. у середньому за роками. Максимальну кількість насіння з рослини сформував сорт КиВін 96,7 шт. Показник маси насіння з рослини між досліджуваними сортами змінювався від 15,4 г у сорту ЕС Ментор до 22,8 г у сорту КиВін. Найбільшу масу 1000 насінин сформували сорт КиВін – 183,5 г та Писанка – 172,4 г (табл. 2).

Урожайність сої протягом років досліджень відрізнялася. За результатами трирічних досліджень максимальну урожайність сформував сорт КиВін – 2,51 т/га, сорт Писанка сформував урожайність на 0,17 т/га меншу за сорт КиВін і вона становила – 2,34 т/га (табл. 3).

На сьогодні залишається актуальною проблема одержання високих і стабільних врожаїв сої у виробничих умовах господарств Полтавської області. Важливим фактором, що має вплив на формування урожайності, а також її стабільний прояв за роками, є оптимальне співвідношення агротехнічних заходів та підбір сорту з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов зони вирощування.

У 2022 році урожайність сорту Діона становила 2,27 т/га, КиВін – 2,69 т/га, Писанка – 2,54 т/га, ЕС Ментор – 2,15 т/га, Фенікс – 2,39 т/га. Середня урожайність 2022 року становила 2,41 т/га і була найвищою за роки досліджень. Загалом мінімальний рівень вро-

Таблиця 1

Показники технологічності ранньостиглих сортів сої, 2021–2023 рр.

Сорт	Тривалість періоду вегетації, діб	Висота рослин, см	Висота кріплення нижніх бобів, см	Стійкість до вилягання, бал	Стійкість до осипання, бал
Діона	93	73,2	11,6	9	8
КиВін	104	84,3	12,1	9	9
Писанка	96	69,1	10,5	9	9
ЕС Ментор	105	78,5	14,7	9	8
Фенікс	108	86,4	13,2	8	9

Таблиця 2

Елементи структури врожаю сої залежно від сорту, 2021–2023 рр.

Сорт	Кількість бобів на рослині, шт.	Кількість насінин на рослині, шт.	Масанасіння з рослини, г	Маса 1000 насінин, г
Діона	52,3	83,9	17,2	157,2
КиВін	62,5	96,7	22,8	183,5
Писанка	65,4	92,5	21,3	172,4
ЕС Ментор	50,6	75,3	15,4	153,6
Фенікс	61,3	94,8	19,1	168,3

Таблиця 3

Урожайність сої залежно від сортових властивостей, т/га

Сорт	Урожайність, т/га			Середнє за три роки	Прибавка, т/га
	2021	2022	2023		
Діона	2,19	2,27	2,09	2,18	-
КиВін	2,46	2,69	2,37	2,51	+0,33
Писанка	2,37	2,54	2,12	2,34	+0,16
ЕС Ментор	2,04	2,15	1,98	2,05	-0,13
Фенікс	2,31	2,39	2,18	2,29	+0,11
Середнє за рік	2,27	2,41	2,15	2,28	
НІР _{0,05} , т/га	0,16	0,19	0,13		

жайності сформувався у 2023 році і становив у сорту Діона – 2,09 т/га, КиВін – 2,37 т/га, Писанка – 2,12 т/га, ЕС Ментор – 1,98 т/га, Фенікс – 2,18 т/га. Середня урожайність 2023 року виявилася найнижчою за роки проведення досліджень – 2,15 т/га. У 2021 році урожайність сорту Діона становила 2,19 т/га, КиВін – 2,46 т/га, Писанка – 2,37 т/га, ЕС Ментор – 2,04 т/га, Фенікс – 2,31 т/га. Середня урожайність 2021 року становила 2,27 т/га.

Висновки. За результатами проведених досліджень умовах Лівобережного Лісостепу України проаналізовано особливості формування елементів продуктивності та урожайності сої в залежності від сорту. Важливим фактором, що має вплив на формування урожайності, а також її стабільний прояв за роками, є оптимальне співвідношення агротехнічних заходів та підбір сорту з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов зони вирощування. Найбільшу висоту рослин (86,4 см) мав сорт сої Фенікс, кращі показники у висоті кріплення нижнього бобу (14,7 см) були відмічені у сорту ЕС Ментор у середньому за роками. Найвищий показник кількості бобів на рослині сформував сорт Писанка – 65,4 шт., маси 1000 насінин сорт КиВін – 183,5 г та Писанка – 172,4 г. Дослідження зернової продуктивності ранньостиглих сортів сої показало, що найкращу врожайність зерна (2,51 т/га) забезпечив сорт КиВін, який реалізував свої сортові властивості, а також адаптивність до конкретних умов вирощування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Орленко Н. С., Костенко Н. П., Лікар С. П., Душар М. Б. Аналіз урожайності та якісних характеристик нових сортів сої культурної (*Glycine max* (L.) Merrill). *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 106. С. 110–118.
- Рибальченко А. М. Прояв гетерозису та ступеня фенотипового домінування за елементами продуктивності та тривалістю періоду вегетації сої F₁. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія та біологія*. 2021. № 46 (4). С. 62–67. <https://doi.org/10.32845/agrobio.2021.4.9>
- Шевніков М. Я., Міленко О. Г., Лотиш І. І. Урожайність сортів сої залежно від елементів технології вирощування. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 3. С. 15–21. DOI 10.31210/visnyk2018.03.02
- Іванюк С. В. Потенціал продуктивності соєвого поля. *Агробізнес сьогодні*. 2015. № 21 (316). С. 50–51.
- Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2023 рік. Київ, 2023. URL: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reystestr-sortiv-roslin>.
- Баган А. В., Шакалій С. М., Барат Ю. М. Формування насінневої продуктивності нуту залежно від сорту та інокуляції насіння. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 111. С. 14–21. DOI <https://doi.org/10.32851/2260099.2020.111.2>
- Чернишенко П. В. Характеристика сортів сої за екологічною пластичністю урожайності та якості насіння в умовах східного Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. 2014. № 87. С. 99–106.
- Петриченко В. Ф. Наукові основи сталого соєсіяння в Україні. *Корми і кормовиробництво*. 2010. № 69. С. 3–10.
- Камінський В. Ф., Мосьондз Н. П. Формування продуктивності сої залежно від агротехнічних заходів в умовах північного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2010. № 67. С. 45–50.
- Рибальченко А. М. Особливості формування сортових ресурсів та урожайності сої в Україні. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2022. № 3. С. 18–25. doi: <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.03.02>
- Міленко О. Г., Антонець М. О., Копань Д. В., Добровольський С. О., Лукіна А. Р. Урожайність скоростиглих сортів сої залежно від норми висіву насіння. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 4. С. 103–111. doi: 10.31210/visnyk2021.04.13
- Вожегова Р. А., Найдьонова В. О., Воронюк Л. А. Продуктивність сої за різних способів основного обробітку ґрунту та доз внесення добрив при зрошенні. *Зрошуване землеробство*. 2016. № 65. С. 20–22.
- Лавриненко Ю. О., Кузьмич В. І., Боровик В. О. Селекція сої на покращення ознак продуктивності та якості в умовах зрошення. *Зрошуване землеробство*. 2016. № 66. С. 113–115.
- Іванів М. О., Ганжа В. В. Вплив елементів технології на показники продуктивності сортів сої в умовах краплинного зрошення. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 118. С. 83–93. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.118.10>
- Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. П., Костогриз П. В. Основи наукових досліджень в агрономії. К: Дія. 2005. 288 с.

REFERENCES:

1. Orlenko, N. S., Kostenko, N. P., Likar, S. P. & Dushar, M. B. (2019). Analiz urozhainosti ta yakisnykh kharakterystyk novykh sortiv soi kulturnoi (Glycine max (L.) Merrill) [Analysis of productivity and quality characteristics of new cultivars of cultivated soybean (Glycine max (L.) Merrill)]. Tavriiskiyi naukovyi visnyk – Taurian Scientific Bulletin, 106, 110–118 [in Ukrainian].
2. Rybalchenko, A. M. (2021). Proïav heterozyosu ta stupenia fenotypovoho dominuvannya za elementamy produktyvnosti ta tryvalistiu periodu vehetatsii soi F₁ [Manifestation of heterosis and degree of phenotypic dominance by elements of productivity and duration of vegetation period of soybean F₁]. Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seria: Ahronomiia ta biolohiia – Bulletin of Sumy National Agrarian University. Series: Agronomy and Biology, 46 (4), 62–67. <https://doi.org/10.32845/agrobio.2021.4.9> [in Ukrainian].
3. Shevnikov, M. Ya., Milenko, O. H., Lotysh I. I. (2018). Urozhainist sortiv soi zalezno vid elementiv tekhnolohii vyroshchuvannya. Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii – Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, 3, 15–21. DOI 10.31210/visnyk2018.03.02 [in Ukrainian].
4. Ivanyuk, S. V. (2015). Potencial produktivnosti soyevogo polya [Soybean productivity potential]. Agrobiznes сьогодні – Agribusiness today, 21 (316), 50–51 [in Ukrainian].
5. Derzhavnyi reïestr sortiv roslyn, prydatnykh dla poshyrennia v Ukraini na 2023 rik [State Register of Plant Varieties Suitable for Distribution in Ukraine for 2023]. Kyiv. URL: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reïestr-sortiv-roslyn> [in Ukrainian].
6. Bahan, A. V., Shakalii, S. M. & Barat, Yu. M. (2020). Formuvannya nasinniovoi produktyvnosti nutu zalezno vid sortu ta inokuliatcii nasinnia [Formation of chickpea seed productivity depending on the variety and seed inoculation]. Tavriiskiyi naukovyi visnyk – Taurian Scientific Bulletin, 111, 14–21. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.111.2> [in Ukrainian].
7. Chernyshenko, P. V. (2014). Kharakterystyka sortiv soi za ekolohichnoi plastychnistiu urozhainosti ta yakosti nasinnia v umovakh skhidnoho Lisostepu Ukrainy [Characterization of soybean varieties according to the ecological plasticity of yield and seed quality in the conditions of the eastern forest-steppe of Ukraine]. Tavriiskiyi naukovyi visnyk – Taurian Scientific Bulletin, 87, 99–106 [in Ukrainian].
8. Petrychenko, V. F. (2010) Naukovi osnovy staloho soiesiïannia v Ukraini [Scientific bases of sustainable cohesion in Ukraine]. Kormy i kormovyrobnytstvo – Feeds and Feed Production, 69, 3–10 [in Ukrainian].
9. Kaminskyi, V. F. & Mosondz, N. P. (2010). Formuvannya produktyvnosti soi zalezno vid ahrotekhnichnykh zakhodiv v umovakh pivnichnoho Lisostepu Ukrainy. Kormy i kormovyrobnytstvo – Feeds and Feed Production, 67, 45–50 [in Ukrainian].
10. Rybalchenko, A. M. (2022). Osoblyvosti formuvannya sortovykh resursiv ta urozhainosti soi v Ukraini. Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii – Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, 3, 18–25. doi: <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.03.02> [in Ukrainian].
11. Milenko, O. H., Antonets, M. O., Kopan, D. V., Dobrovolskyi, S. O., & Lukina, A. R. (2021). Urozhainist skorostyhykh sortiv soi zalezno vid normy vysivu nasinnia [Yield capacity of early-maturing soybean varieties depending on seeding rate]. Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii – Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, 4, 103–111. doi: 10.31210/visnyk2021.04.13 [in Ukrainian].
12. Vozhegova, R. A., Naydonova, V. O., & Voronyuk, L. A. (2016). Produktivnist soi za riznykh sposobiv osnovnoho obrobitku gruntu ta doz vnesen-nia dobrvy pry zroshenni [Productivity of soy at the different methods of basic treatment of soil and doses of fertilizers on irrigation]. Zroshuvane zemlerobstvo – Irrigated Agriculture, 65, 20–22 [in Ukrainian].
13. Lavrynenko, Yu. O., Kuzmych, V. I. & Borovyk, V. O. (2016). Seleksiia soi na pokrashchennia oznak produktyvnosti ta yakosti v umovakh zroshennia [Selection of soybeans to improve the signs of productivity and quality under irrigation]. Zroshuvane zemlerobstvo – Irrigated Agriculture, 66, 113–115 [in Ukrainian].
14. Ivaniv, M. O., & Hanzha, V. V. (2021). Vplyv elementiv tekhnolohii na pokaznyky produktyvnosti sortiv soi v umovakh kraplynnoho zroshennia [The influence of elements of technology on productivity indicators of soybean varieties under conditions of drop splicing]. Tavriiskiyi naukovyi visnyk – Taurian Scientific Bulletin, 118, 83–93 [in Ukrainian] DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.118.10>
15. 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].

Рибальченко А.М., Сердюк А.Е. Вплив сортових властивостей на формування елементів продуктивності та урожайності сої в умовах Лівобережного Лісостепу України

Мета. Встановити залежність рівня формування насінневої продуктивності сої від сортових властивостей, сформувавши рекомендації щодо поліпшення технології вирощування культури в умовах Лівобережного Лісостепу України. Для досягнення поставленої мети передбачалося виконання таких завдань: визначити тривалість періоду вегетації сортів сої; дослідити прояв елементів продуктивності; встановити рівень врожайності досліджуваних сортів.

Методи. Наукові дослідження виконані протягом 2021–2023 років лабораторним і польовим методом. Повторність у досліді – триразова. Для детального дослідження особливостей формування продуктивності різних сортів сої у досліді висівали внесені до Реєстру сорти сої ранньостиглої групи, рекомендовані для вирощування в Лісостеповій зоні України.

Результати. За результатами трирічних досліджень найбільш скоростиглими були сорти Діона та Писанка відповідно 93 та 96 діб, сорт Фенікс мав найдовший період вегетації – 108 діб. Найбільшу висоту рослини 86,4 см мав сорт Фенікс. Висота кріплення нижніх бобів у всіх сортів вище 10 см. У сорту ЕС Ментор найвищий показник кріплення нижнього бобу – 14,7 см у середньому за роками. Стійкість до вилягання та осипання у досліджуваних сортів знаходилася на рівні 8–9 балів.

Найвищий показник кількості бобів на рослині сформував сорт Писанка – 65,4 шт. у середньому за роками.

Максимальну кількість насіння з рослини сформував сорт КиВін 96,7 шт. Показник маси насіння з рослини між досліджуваними сортами змінювався від 15,4 г у сорту ЕС Ментор до 22,8 г у сорту КиВін. Найбільшу масу 1000 насінин сформували сорт КиВін – 183,5 г та Писанка – 172,4 г.

За результатами трирічних досліджень максимальну урожайність сформував сорт КиВін – 2,51 т/га, сорт Писанка сформував урожайність на 0,17 т/га меншу за сорт КиВін і вона становила – 2,34 т/га. У 2022 році урожайність сорту Діона становила 2,27 т/га, КиВін – 2,69 т/га, Писанка – 2,54 т/га, ЕС Ментор – 2,15 т/га, Фенікс – 2,39 т/га. Середня урожайність 2022 року становила 2,41 т/га і була найвищою за роки досліджень. Загалом мінімальний рівень врожайності сформувався у 2023 році і становив у сорту Діона – 2,09 т/га, КиВін – 2,37 т/га, Писанка – 2,12 т/га, ЕС Ментор – 1,98 т/га, Фенікс – 2,18 т/га. Середня урожайність 2023 року виявилася найнижчою за роки проведення досліджень – 2,15 т/га. У 2021 році урожайність сорту Діона становила 2,19 т/га, КиВін – 2,46 т/га, Писанка – 2,37 т/га, ЕС Ментор – 2,04 т/га, Фенікс – 2,31 т/га. Середня урожайність 2021 року становила 2,27 т/га.

Висновки. Важливим фактором, що має вплив на формування урожайності, а також її стабільний прояв за роками, є оптимальне співвідношення агротехнічних заходів та підбір сорту з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов зони вирощування. Найбільшу висоту рослин (86,4 см) мав сорт сої Фенікс, кращі показники у висоті кріплення нижнього бобу (14,7 см) були відмічені у сорту ЕС Ментор у середньому за роками. Найвищий показник кількості бобів на рослині сформував сорт Писанка – 65,4 шт., маси 1000 насінин сорт КиВін – 183,5 г та Писанка – 172,4 г. Дослідження зернової продуктивності ранньостиглих сортів сої показало, що найкращу врожайність зерна (2,51 т/га) забезпечив сорт КиВін, який реалізував свої сортові властивості, а також адаптивність до конкретних умов вирощування.

Ключові слова: соя, сорт, валове виробництво, урожайність, елементи продуктивності.

Rybalchenko A.M., Serdiuk A.E. The influence of varietal properties on the formation of elements of productivity and productivity with it in the conditions of the Left Bank Forest Steppe of Ukraine

Purpose. To establish the dependence of the level of formation of seed productivity of soybeans on varietal properties, to formulate recommendations for improving the culture cultivation technology in the conditions of the Left Bank Forest Steppe of Ukraine. To achieve the goal, the following tasks were expected to be performed: determine the duration of the vegetation period of soybean varieties; to investigate the manifestation of performance elements; to establish the yield level of the researched varieties.

Methods. Scientific research was carried out during 2021–2023 by laboratory and field methods. Repetition

in experiments – three times. For a detailed study of the peculiarities of the formation of the productivity of different varieties of soybeans, the varieties of soybeans of the early ripening group included in the Register, recommended for cultivation in the forest-steppe zone of Ukraine, were sown in the experiments.

Results. According to the results of three years of research, the earliest ripening varieties were Diona and Pysanka, respectively, 93 and 96 days, while Feniks had the longest growing season – 108 days. The highest plant height of 86.4 cm was in the Feniks variety. The height of the lower beans in all varieties is above 10 cm. The ES Mentor variety has the highest rate of lower bean attachment – 14.7 cm on average over the years. Resistance to lodging and shattering in the studied varieties was at the level of 8–9 points.

The highest index of the number of beans per plant was formed by the variety Pysanka – 65.4 pcs. on average over the years. The maximum number of seeds per plant was formed by the KiVin variety – 96.7 pcs. The index of seed weight per plant between the studied varieties varied from 15.4 g in the ES Mentor variety to 22.8 g in the KiVin variety. The largest weight of 1000 seeds was formed by the variety KiVin – 183.5 g and Pysanka – 172.4 g.

According to the results of three years of research, the maximum yield was formed by the KiVin variety – 2.51 t/ha, the Pysanka variety formed a yield of 0.17 t/ha less than the KiVin variety and it amounted to 2.34 t/ha. In 2022, the yield of Diona was 2.27 t/ha, KiVin – 2.69 t/ha, Pysanka – 2.54 t/ha, ES Mentor – 2.15 t/ha, Feniks – 2.39 t/ha. The average yield in 2022 was 2.41 t/ha and was the highest in the years of research. In general, the minimum yield level was formed in 2023 and amounted to 2.09 t/ha for Diona, 2.37 t/ha for KiVin, 2.12 t/ha for Pysanka, 1.98 t/ha for ES Mentor, and 2.18 t/ha for Feniks. The average yield in 2023 was the lowest for the years of research – 2.15 t/ha. In 2021, the yield of Diona was 2.19 t/ha, KiVin – 2.46 t/ha, Pysanka – 2.37 t/ha, ES Mentor – 2.04 t/ha, Feniks – 2.31 t/ha. The average yield in 2021 was 2.27 t/ha.

Conclusions. An important factor that influences the formation of yields and their stable manifestation over the years is the optimal ratio of agrotechnical measures and the selection of a variety based on the soil and climatic conditions of the growing area. The highest plant height (86.4 cm) was observed in the soybean variety Phoenix, and the best performance in the height of the lower bean (14.7 cm) was observed in the variety ES Mentor on average over the years. The highest index of the number of beans per plant was formed by the variety Pysanka – 65.4 pcs, the weight of 1000 seeds of the variety KiVin – 183.5 g and Pysanka – 172.4 g. The study of the grain productivity of early-ripening soybean varieties showed that the best grain yield (2.51 t/ha) was provided by the KiVin variety, which realized its varietal properties and adaptability to specific growing conditions.

Key words: soybean, variety, gross production, productivity, elements of productivity.

ЕФЕКТИВНІСТЬ БІОФУНГІЦИДІВ ПРОТИ ХВОРОБ ЛИСТКОВОГО АПАРАТУ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ

САБЛУК В.Т. – доктор сільськогосподарських наук, професор
orcid.org/0000-0002-6124-4346

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків
Національної академії аграрних наук України

ЗАПОЛЬСЬКА Н.М. – кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0001-8356-3228

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків
Національної академії аграрних наук України

ШЕНДРИК К.М. – кандидат біологічних наук, доцент
orcid.org/0000-0001-8356-3228

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків
Національної академії аграрних наук України

БУЗИННИЙ М.В. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0009-0005-2541-8782

Білоцерківська дослідно-селекційна станція Інституту біоенергетичних культур
і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України

ПЕДОС В.П. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0009-0006-2297-4828

Білоцерківська дослідно-селекційна станція Інституту біоенергетичних культур
і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України

ЗМІЄВСЬКИЙ О.В. – молодший науковий співробітник
orcid.org/0009-0004-2743-1131

Білоцерківська дослідно-селекційна станція Інституту біоенергетичних культур
і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. У відповідності з вимогами Міжнародної конвенції про біорізноманіття (Ріо-де-Жанейро, 1992) та Європейського зеленого курсу (Брюссель, 2019) в останні роки значна увага у наукових дослідженнях приділяється пошуку шляхів зменшення використання синтетичних пестицидів для захисту сільськогосподарських рослин від шкідливих організмів, замінивши їх препаратами біологічного походження. Керуючись цими принципами визначалась ефективність біофунгіцидів, створених на основі грибів і бактерій, проти хвороб листкового апарату рослин буряків цукрових. Встановлено, що застосування таких із них як ФітоХелп і МікоХелп забезпечує високу ефективність контролю ураженості листків рослин буряків цукрових плямистостями, яка майже не поступається показниками використання проти них синтетичних фунгіцидів, що в свою чергу сприяє збереженню довкілля від забруднення хімічними речовинами.

Мета: встановлення ефективності біофунгіцидів проти хвороб листкового апарату рослин буряків цукрових.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Хвороби буряків цукрових дуже серйозний фактор у буряківництві. Через них досить часто виникають серйозні втрати врожаю, а також знижується якість продукції. Тому проблема захисту цієї культури від них є актуальною [1].

Практично від періоду змикання листків буряків цукрових у рядках (традиційно це третя декада червня) наростає небезпека поширення у посівах спеціалізованих хвороб листків. Заселення листкових пластинок їх

збудниками призводить до зменшення площі асиміляційної поверхні і, відповідно, менших обсягів фотосинтезу [2].

В умовах Лісостепу найпоширенішими і найнебезпечнішими хворобами листків буряків цукрових є церкоспороз – *Cercospora beticola* Sacc, альтернаріоз – *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl., фомоз – *Phoma betae* Frank., борошниста роса – *Erysiphe communis* Grev. та інші.

Зокрема, щорічно великої шкоди посівам буряків цукрових завдає церкоспороз. За сприятливих умов розвитку цієї хвороби (висока вологість і підвищена температура повітря у літній період) відбувається передчасне відмирання нижнього і середнього ярусів листків, що знижує врожайність коренеплодів на 25% і більше та їх цукристість на 1–1,5%.

Зараження рослин буряків цукрових церкоспороною інфекцією відбувається через продихи, куди потрапляють гіфи гриба під час проростання конідій. Здебільшого це відбувається вранці, коли роса сприяє розчиненню мінеральних і органічних речовин, які знаходяться на поверхні листків. За перших променів сонця продихи відкриваються і гіфи проникають в мезофіл листка без будь-яких перешкод. Для проростання конідій гриба необхідна температура від 12 до 35°C і відносна вологість повітря до 98%. Зниження температури і підвищення вологості повітря призводять до збільшення початкового ураження. За сприятливих погодних умов інкубаційний період хвороби триває 24–48 годин [3].

Крім церкоспорозу небезпечною хворобою для буряків цукрових є борошниста роса, яка в окремі роки призводить до значних втрат продуктивності культури. Недобір урожайності коренеплідів особливо за раннього ураження нею рослин складає від 10 до 40%.

Дана хвороба проявляється на листках у вигляді білого борошнистого нальоту. Спочатку появляються білі поодинокі плями, потім наліт вкриває всю листову поверхню і стає щільним [4].

Крім названих плямистостей листовий апарат буряків цукрових також уражується такими хворобами як альтернаріоз та фомоз, які діагностуються головним чином у другій половині вегетації рослин. За даними ряду дослідників, в окремі роки складаються надзвичайно сприятливі умови для розвитку їх збудників і вони домінують у загальній масі плямистостей на листках рослин цієї культури, що призводить до значних втрат урожайності коренеплідів та істотного зниження їх цукристості.

Альтернаріоз – плямистість, яка інтенсивно проявляється у посівах буряків цукрових у країнах Західної Європи. Проте в останні роки відмічається чітка тенденція до зростання ураженості нею фабричних посівів та насінників цієї культури і в Україні, особливо у західних, північних та центральних областях, коли кількість уражених рослин становить 4–16% і більше.

Ураженість листків буряків цукрових альтернаріозом починається із країв, поступово поширюючись до середини. Іноді хвороба проявляється у вигляді бурих плям наприкінці липня – початку серпня на листках другого ярусу. Характерною ознакою альтернаріозу є те, що за вологих умов плями покриваються чорним нальотом із грибниці та конідій. За значного ураження листової пластини рослин цією хворобою, плями зливаються, утворюючи широкі некротичні зони.

Фомоз, або зональна плямистість листків, відмічається у всіх районах буряконасіння на рослинах, ослаблених несприятливими умовами росту та розвитку.

Характерною ознакою фомозу є те, що на листках нижнього, рідше середнього ярусів з'являються некротичні плями, що поступово розростаються. Також важливою ознакою є наявність концентричних зон [5].

На сьогоднішній день найбільш ефективним способом обмеження розвитку хвороб є використання фунгіцидів способом обприскування ними посівів як превентивно, так і лікувально – після появи перших ознак захворювання.

Фунгіциди контактної дії при попаданні на листки рослин утворюють захисну плівку, яка може знищити збудника хвороби, або погіршити його розвиток, а препарати системної дії проникають в рослинні тканини і роблять їх отруйними для збудника хвороби. Якщо початок зараження хворобою припадає на липень–серпень достатньо двох обробітків для пригнічення хвороби, на серпень–вересень – однієї, якщо ж розвиток хвороби почався у вересні – обприскування не потрібні, оскільки плямистість вже не вплине на продуктивність культури [6].

Для збереження довкілля від забруднення хімічними сполуками слід використовувати фунгіциди біологічного походження [7, 8].

До мікроорганізмів, які використовуються у складі біологічних препаратів для захисту рослин, належать гриби роду *Trichoderma* і бактерії роду *Bacillus*, які, завдяки своїм унікальним властивостям, пригнічують ріст фітопатогенної мікрофлори та стимулюють ріст рослин [9, 10, 11].

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводилися в умовах Білоцерківської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН у 2019–2022 рр. у відповідності з «Методикою досліджень з ентомології і фітопатології у посівах цукрових буряків» [12]. Площа облікової ділянки 13,5 м², повторність 3-и разова.

У досліді використовували біофунгіциди ФітоХелп і МікоХелп створених на основі грибів і бактерій. За еталон взято синтетичний фунгіцид Дерозал 500 SC. Норми витрати біопрепаратів 1 л/га, а еталону – 0,4 л/га.

Обліки ураженості листового апарату буряків цукрових хворобами проводились подекадно, починаючи з появи перших ознак хвороби.

Результати. Встановлено, що біофунгіциди, в основі яких є антагоністичні гриби і антимікробні бактерії проявляють високу ефективність контролю ураженості листового апарату рослин буряків цукрових такими хворобами як церкоспороз *Cercospora beticola*, альтернаріоз *Alternaria alternata*, фомоз *Phoma beta* і борошниста роса *Erysiphe communis*. Зокрема, за використання біофунгіциду ФітоХелп, створеного на базі концентрату бактерій роду *Bacillus*, забезпечується зниження ураженості листового апарату церкоспорозом за профілактичного застосування на 67,0%, а за лікувального на 51,2%, фомозом відповідно на 41,1 і 27,5, альтернаріозом на 59,8 і 44,4 і борошнистою россою на 66,3% і 57,6%. Так само отримано позитивні результати за використання біофунгіциду МікоХелп, в основі якого є сапрофітні гриби роду *Trichoderma*, живі клітини бактерій *Bacillus subtilis*, а також бактерії із родів *Azotobacter*, *Enterobacter* і *Enterococcus* та біологічно-активні продукти життєдіяльності мікроорганізмів – продуцентів, які за превентивного застосування забезпечують ефективний контроль ураженості листового апарату плямистостями. Зокрема, ефективність даного біофунгіциду проти церкоспорозу за профілактичного використання становила 64,9%, а за лікувального 49,4%, проти фомозу відповідно 41,2 і 32,9 проти альтернаріозу – 47,6 і 38,6 та борошнистої роси 65,0 і 58,6. Але порівнюючи дані їх ефективності проти патогенів з результатами отриманими від застосування синтетичного фунгіциду Дерозал 500 SC, то ні один із них не досягнув його показників щодо зниження ураженості листового апарату рослин буряків цукрових хворобами. Зменшення їх ефективності проти всіх хвороб, що обліковувались порівняно з показниками еталону становило від 3,4 до 12,0%.

Найменшу різницю в показниках ефективності між варіантами з використанням синтетичного фунгіциду Дерозал 500 SC і біологічними препаратами ФітоХелп і МікоХелп отримано за контроль ураженості листового апарату альтернаріозом від 3,4 до 11,3%, тоді як

проти борошнистої роси від 9,0 до 12,5%, фомозу від 4,4 до 10,6% і церкоспорозу від 6,3 до 8,7%.

Така розбіжність в показниках ефективності біопрепаратів і синтетичного фунгіциду проти хвороб листового апарату рослин буряків цукрових вказує на те, що вона залежить від ряду факторів основними з яких є спосіб їх застосування, термін з'явлення хвороби на листках, чутливості збудника до діючої речовини або

біологічного агента тощо. Зокрема, за превентивного обприскування листків буряків цукрових як біологічними так і синтетичними фунгіцидами ефективність їх використання вища порівняно з терапевтичним способом їх застосування, тобто після з'явлення перших ознак захворювання. Як видно з результатів дослідження різниця у показниках ефективності між способами застосування біофунгіцидів проти всіх хвороб коливається

Таблиця 1

Ефективність біопрепаратів проти хвороб листового апарату рослин буряків цукрових, БЦДСС, 2019–2022 рр.

№ з/п	Варіанти	Норма витрати, л/га	Спосіб застосування	Поширеність хвороби, %	Розвиток хвороби, %	Ефективність	
						%	+ – до еталону
Cercospora beticola							
1	Контроль	-	-	69,2	37,7	-	-
2	Дезорал 500 SC	0,4	проф.*	25,8	9,4	73,3	-
			лікув.**	36,7	15,7	57,8	-
3	ФітоХелп	1,0	проф.*	31,7	12,5	67,0	-6,3
			лікув.**	41,3	18,1	51,2	-6,6
4	МікоХелп	1,0	проф.*	31,5	12,8	64,8	-8,7
			лікув.**	40,7	18,8	49,4	-8,4
	P-level***	-	-	0,04	0,04	0,04	-
Phoma beta							
1	Контроль	-	-	38,9	20,9	-	-
2	Дезорал 500 SC	0,4	проф.*	17,4	7,4	51,6	-
			лікув.**	20,0	9,4	37,3	-
3	ФітоХелп	1,0	проф.*	21,4	8,0	41,0	-10,6
			лікув.**	22,7	11,9	27,5	-9,8
4	МікоХелп	1,0	проф.*	21,1	7,5	41,2	-10,4
			лікув.**	21,4	11,0	32,9	-4,4
	P-level***	-	-	0,03	0,03	0,03	-
Alternaria alternata							
1	Контроль	-	-	26,0	5,0	-	-
2	Дезорал 500 SC	0,4	проф.*	12,0	1,7	63,2	-
			лікув.**	14,7	2,7	49,9	-
3	ФітоХелп	1,0	проф.*	13,9	2,0	59,8	-3,4
			лікув.**	16,0	2,9	44,4	-5,5
4	МікоХелп	1,0	проф.*	14,7	2,1	47,6	-5,6
			лікув.**	16,7	3,1	38,6	-11,3
	P-level***	-	-	0,05	0,05	0,05	-
Erysiphe communis							
1	Контроль	-	-	59,9	36,8	-	-
2	Дезорал 500 SC	0,4	проф.*	22,7	8,1	77,8	-
			лікув.**	28,0	11,8	67,6	-
3	ФітоХелп	1,0	проф.*	25,3	12,4	66,3	-11,5
			лікув.**	30,0	15,6	57,6	-10,0
4	МікоХелп	1,0	проф.*	27,1	12,8	65,0	-12,8
			лікув.**	30,0	15,2	58,6	-9,0
	P-level***	-	-	0,03	0,03	0,03	-

* – профілактичне обприскування посівів

** – лікувальне обприскування посівів

*** – суттєвість різниці між варіантами дослідів та показником P-level, розрахованим за критерієм Стюдента

Таблиця 2

Урожайність коренеплодів буряків цукрових за використання біофунгіцидів проти хвороб листового апарату, БЦДСС, 2019–2022 рр.

№ з/п	Препарат	Норма витрати, л/га	Спосіб застосування	Урожайність, т/га	Цукристість, %	Збір цукру	
						т/га	+/- до контролю
1	Контроль	-	-	49,7	17,4	8,64	-
			проф.	53,7	17,8	9,91	1,27
			лікув.	53,7	17,5	9,40	0,76
3	ФітоХелп	1,0	проф.	54,9	18,0	9,88	1,24
			лікув.	51,8	17,8	9,22	0,58
4	МікоХелп	1,0	проф.	54,4	17,7	9,62	0,98
			лікув.	52,6	17,5	9,20	0,56
	P-level	-	-	0,04	0,04	0,04	-

у межах 7,5–15,2%, що переконливо свідчить, про доцільність превентивного їх використання.

Щодо впливу терміну з'явлення плямистості на листках рослин на ефективність біофунгіцидів то здебільшого найперше на них проявляється альтернативний і найпізніше борошниста роса. Відповідно різниця у показниках ефективності біопрепаратів і еталону проти альтернативного найменша (-3,4 – -11,3%), а проти борошнистої роси найбільша (-9,0 – -12,8%).

Відносно чутливості збудників хвороб листового апарату рослин буряків цукрових до грибів і бактерій, на основі яких створені біофунгіциди, то судячи з того, що ефективність цих препаратів була найнижчою проти фомозу і становила 32,9–41,2%, що на 5,7–15,8% нижче контролю інших хвороб, можна припустити, що грибок *Phoma betae* проявляє найбільшу стійкість до впливу на нього цих біологічних агентів. За цим принципом можна також припустити, що найменшу стійкість проти них проявляє грибок *Erysiphe communis*, а за ним *Alternaria alternate* і *Cercospora beticola* (табл. 1).

Отже, використання біофунгіцидів ФітоХелп і МікоХелп забезпечує високу ефективність контролю ураженості листового апарату рослин буряків цукрових такими хворобами як церкоспороз, борошниста роса альтернативний і фомоз, що може служити альтернативою щодо застосування проти них синтетичних препаратів.

Використання біопрепаратів проти хвороб листового апарату рослин буряків цукрових позитивно позначалось на продуктивності культури. Зокрема, у варіантах з ними урожайність коренеплодів і їх цукристість були вищими за показники контролю. Так, за застосування біофунгіциду ФітоХелп урожайність коренеплодів буряків цукрових була за профілактичного обприскування ним посівів на 5,2 т/га, а за лікувального на 2,1 т/га вищою ніж у контролі. Так само була вищою їх цукристість відповідно на 0,6 і 0,4%, і збір цукру на 1,27 і 0,76 т/га порівняно з контролем.

За застосування біофунгіциду МікоХелп ці показники становили відповідно 4,7 і 2,8 т/га, 0,1 і 0,3%, та 0,56 і 0,98 т/га (табл. 2).

Висновки. Біофунгіциди ФітоХелп і МікоХелп, створені на основі бактерій і грибів забезпечують високу ефективність контролю ураженості листового апа-

рату рослин буряків цукрових хворобами, що в свою чергу сприяє підвищенню врожайності коренеплодів, їх цукристості та збору цукру з одиниці площі. Крім того, використання фунгіцидів біологічного походження відповідає вимогам Міжнародної Конвенції про біорізноманіття та Європейському зеленому курсу щодо збереження довкілля від забруднення хімічними сполуками.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Присяжнюк О. І., Присяжнюк Л. М., Мельник С. І., Гринів С. М. Буряки цукрові – селекція, насінництво та технологія вирощування. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2022. 310 с.
2. Саблук В. Т., Шендрік Р. Я., Запольська Н.М. Шкідники і хвороби цукрових буряків. Київ: Колобіг, 2005. 359 с.
3. Запольська Н. М. Особливості розвитку плямистостей. *Цукрові буряки*. 2003. -№ 4. – С. 13.
4. Ніколенко А. В., Саблук В. Т. Ефективність фунгіцидів проти борошнистої роси у посівах цукрових буряків. *Карантин і захист рослин*. – 2015. – № 2. – С. 7–9.
5. Горобець А. І. Альтернативний і фомоз в посівах цукрових буряків. *Цукрові буряки*. – 2013. – № 1. – С. 14–15.
6. Запольська Н. М. Роль фунгіцидів в обмеженні розвитку церкоспорозу. *Агроном*. 2007. – № 1. – С. 43–44.
7. Смірнов В. В., Підгорський В. С., Іутинська Г. О. Мікробні біотехнології в сільському господарстві. *Вісник аграрної науки*. 2002. – № 4. – С. 5–10.
8. Раманаускас Ю., Кузминскас Й., Радзявичюс Г. Впровадження зеленого курсу ЄС в Литві. *Збірник праць учасників IX Міжнародної науково-практичної конференції «Органічне виробництво і продовольча безпека»*. Житомир: Поліський національний університет, 2021 р.
9. Ігнат В. В. Застосування біологічних препаратів в технології органічного вирощування овочевих культур. *Збірник праць учасників IX Міжнародної науково-практичної конференції «Органічне виробництво і продовольча безпека»*. Житомир: Поліський національний університет, 2021 р.
10. Ключевич М. М., Столяр С. Г., Ільчишин Л. М. Вплив біологічних препаратів на розвиток склероспорозу проса посівного в Поліссі України. *Збірник праць учасників IX Міжнародної науково-практичної конференції «Органічне виробництво і продовольча безпека»*.

безпека». Житомир: Поліський національний університет, 2021 р.

11. The World of Organic agriculture. Statistics and emerging Trends 2020. FiBL & IFOAM. Organic international. 2020. 335 p.: <http://www.fibl.org/en/homepage.html>.
12. Саблук В. Т., Грищенко О. М., Запольська Н. М. та ін. Методика досліджень з ентомології і фітопатології у посівах цукрових буряків. Київ: ФОП Корзун Д. Ю. 2013. 52 с.

REFERENCES:

1. Prysiazhnyuk O. I., Prysiazhnyuk L. M., Melnyk S. I., Hryniv S. M. Buriaky tsukrovi – seleksia, nasinnytsvo ta tekhnologia vyroshchuvannia. [Sugar beets – selection, seed production and cultivation technology]: monograph. Vinnytsia: TOV "TVORI", 2022. 310. [in Ukrainian].
2. Sabluk V. T., Shendryk R. Ya., Zapolska N. M. Shkidnyky i khvoroby tsukrovyykh buriakiv. [Pests and diseases of sugar beets]. K.: Kolobig, 2005. 359. [in Ukrainian].
3. Zapolska N. M. Osoblyvosti rozvytku pliamystostei. [Peculiarities of spot development]. *Sugar beets*. 2003. 4. 13–14. [in Ukrainian].
4. Nikolenko A. V., Sabluk V. T. [Effectiveness of fungicides against powdery mildew in sugar beet crops]. *Quarantine and plant protection*. 2015. 2. 7–9. [in Ukrainian].
5. Horobets A. I. Alternarioz i fomez v posivakh tsukrovyykh buriakiv. [Alternaria and fomes in sugar beet crops]. *Sugar beets*. 2013. 1. 14–15. [in Ukrainian].
6. Zapolska N. M., Shendryk K. M. Rol fungitsydiv v obmezheni rozvytku tserkosporozu. [The role of fungicides in limiting the development of cercosporosis]. *Agronom*. 2007. 1. 43–44. [in Ukrainian].
7. Smirnov V. V., Pidhorskyi V. S., Iutynska G. O. Mikrobni biotekhnologii v silskomu gospodarstvi. [Microbial biotechnology in agriculture]. *Herald of Agrarian Science*. 2002. 4. 5–10. [in Ukrainian].
8. Ramanauskas Yu., Kuzminskas J., Radziavichius G. Vprovadzhennia zelenogo kursu ES v Lytvi. [Implementation of the EU Green Course in Lithuania]. *Proceedings of the participants of the 10th International Scientific and Practical Conference "Organic Production and Food Safety"*, Zhytomyr: Polisky National University, 2021. [in Ukrainian].
9. Ignat V. V. Zastosuvannia biologichnykh preparativ v tekhnologii organichnogo vyroshchuvannia ovochevykh kultur. [Application of biological preparations in the technology of organic cultivation of vegetable crops]. *Collection of works of the participants of the 10th International Scientific and Practical Conference "Organic Production and Food Safety"*. Zhytomyr: Polish National University, 2021. [in Ukrainian].
10. Klyuchevych M. M., Stolyar S. G., Ilchyshyn L. M. Vplyv biologichnykh preparativ na rozvytok sklerosporozu prosa posivnogo v Polissi Ukrainy. [The influence of biological preparations on the development of sclerosporosis of seed millet in Ukraine]. *Collection of works of the participants of the 10th International Scientific and Practical Conference "Organic Production and Food Safety"*. Zhytomyr: Polish National University, 2021. [in Ukrainian].
11. The World of Organic agriculture. Statistics and emerging Trends 2020. FiBL & IFOAM. Organic international. 2020. 335 p.: <http://www.fibl.org/en/homepage.html>.

12. Sabluk V. T., Hryshchenko O. M., Zapolska N. M. Metodyka doslidzhen z entomologii i fitopatologii u posivakh tsukrovyykh buriakiv. [Methods of entomology and phytopathology research in sugar beet crops]. Kyiv: FOP Korzun D. Yu., 2013. 52. [in Ukrainian].

Саблук В.Т., Запольська Н.М., Шендрік К.М., Бузинний М.В., Педос В.П., Змієвський О.В. Ефективність біофунгіцидів проти хвороб листового апарату буряків цукрових

Мета. Встановлення ефективності біофунгіцидів проти хвороб листового апарату рослин буряків цукрових.

Методи. Польові, лабораторні, статистичні.

Результати. Встановлено, що біофунгіциди, в основі яких є гриби і бактерії проявляють високу ефективність контролю ураженості листового апарату рослин буряків цукрових такими хворобами як церкоспороз *Cercospora beticola* Sacc, альтернarioз *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl., фомоз – *Phoma betae* Frank., борошниста роса – *Erysiphe communis* Grev. Зокрема, за використання біофунгіциду ФітоХелп, створеного на базі концентрату бактерій роду *Bacillus*, забезпечується зниження ураженості листового апарату церкоспорозом за профілактичного обприскування посівів на 67,0%, а за лікувального на 51,2%, фомозом відповідно на 41,0 і 27,5, альтернarioзом 52,8 і 44,4 і борошнистою росю на 66,3 і 57,6%. Так само отримано позитивні результати за використання біофунгіциду МікоХелп, в основі якого є сапрофітні гриби-антагоністи роду *Trichoderma*, а також живі клітини бактерій *Bacillus subtilis*, *Azotobacter*, *Enterococcus*, *Enterobacter*, біологічно-активні продукти життєдіяльності мікроорганізмів-продуцентів, які за превентивного застосування забезпечують ефективний контроль ураженості листового апарату плямистостями. Зокрема, ефективність такого біофунгіциду проти церкоспорозу за профілактичного використання становила 64,8%, а за лікувального 49,4%, проти фомозу відповідно 41,2 і 32,9 проти альтернarioзу 47,6 і 38,6 та борошнистої роси 65,0 і 58,6%. Застосування біопрепаратів проти хвороб листового апарату буряків цукрових свою чергу позитивно позначилось на врожайності коренеплодів їх цукристості і збору цукру з оцінки площі. Зокрема, у варіантах з використання біофунгіцидів врожайність коренеплодів була більшою за контроль на 2,1–5,2 т/га, їх цукристість на 0,1–0,6% і збір цукру на 0,56–1,27 т/га.

Висновки. Використання біофунгіцидів ФітоХелп і МікоХелп забезпечує високу ефективність контролю ураженості листового апарату рослин буряків цукрових хворобами, яка майже не поступається показником застосування проти них хімічних препаратів.

Ключові слова: біологічні препарати, мікози, контроль ураження плямистостями, довкілля, продуктивність культури.

Sabluk V.T., Zapolska N.M., Shendryk K.M., Buzinnyi M.V., Pedos V.P., Zmievskiy O.V. Biofungicide effectiveness for leaf disease control in sugar beet

Goal. To assess the efficiency of biofungicides in leaf disease control in sugar beet. **Methods.** Field, laboratory, and statistical. **Results.** Biofungicides based on fungi and bacteria were found highly efficient in controlling the affection of sugar beet by leaf disease agents such as

Cercospora beticola Sacc. (cercosporosis), *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. (alternariosis), *Phoma betae* Frank. (phomosis), and *Erysiphe communis* Grev. (powdery mildew). In particular, biofungicide PhytoHelp, developed on the basis of a concentrate of bacteria of the genus *Bacillus*, ensures a decrease in the leaf affection by cercosporosis by 67.0% when used for preventive spraying and 51.2% for treatment, phomosis by 41.0% and 27.5%, respectively, alternariosis by 52.8% and 44.4%, respectively, and powdery mildew by 66.3 and 57.6%, respectively. Positive results were also obtained for the application of biofungicide MycoHelp, which is based on saprophytic fungi-antagonists of the genus *Trichoderma*, as well as live cells of the bacteria *Bacillus subtilis*, *Azotobacter*, *Enterococcus*, and *Enterobacter*, bioactive waste products of microorganisms-producers. It ensures effective control of the leaf apparatus affection with leaf spot when applied as a prevention measure. The

efficiency of this biofungicide against cercosporosis as a preventive measure was 64.8% and therapeutic measure 49.4%; against phomosis 41.2% and 32.9%, respectively; against alternariosis 47.6% and 38.6%, respectively; and powdery mildew 65.0% and 58.6%, respectively. The use of biological preparations against diseases of the leaf apparatus of sugar beet, in turn, had a positive effect on the root yield, sugar content of roots and sugar yield. In the treatments with biofungicides, root yield was higher than in the control by 2.1–5.2 t/ha, sugar content of roots by 0.1–0.6%, and sugar yield by 0.56–1.27 t/ha.

Conclusions. Biofungicides PhytoHelp and MycoHelp are highly efficient in controlling leaf diseases of sugar beet, and their efficiency is almost equal to the efficiency of chemicals.

Key words: biological products, mycoses, leaf spot control, environment, crop productivity.

ЗАЛЕЖНІСТЬ МІЖ СТІЙКІСТЮ ВЕГЕТАТИВНОЇ МАСИ ДО ХВОРОБ ТА УРОЖАЙНІСТЮ ПОМІДОРУ

СЄВІДОВ В.П. – кандидат сільськогосподарських наук

orcid.org/0000-0002-3826-5149

Державний біотехнологічний університет

Постановка проблеми. Розвинене виробництво культури помідора у багатьох країнах світу та їх велика доля у структурі валових зборів овочевої продукції пояснюється високою екологічною пластичністю, високим рівнем врожайності, можливістю глибокої переробки плодів, високою біологічною цінністю [1]. Плоди помідора містять велику кількість сухої речовини, цукрів, аскорбінової кислоти, титрованих кислот завдяки чому є цінним споживчим продуктом [2]. Сучасний рівень виробництва, не дозволяє продуктивно вирішувати проблеми стабілізації розвитку аграрного сектору вітчизняної економіки в цілому та забезпечувати його розширене відтворення. З огляду на це першочерговими завданнями подальшого інноваційного розвитку промислового овочівництва є оволодіння новітніми методами підвищення врожайності та збільшення виробництва овочів, поліпшення їх якості тощо [3].

Захист рослин є надважливим завданням, адже втрати валової продукції внаслідок ураження рослин та плодів бактеріальними захворюваннями втрати врожаю можуть сягати 10–20%. Культура помідора особливо схильна до ураження за тривалого вирощування на одному місці, без проведення культурозміни [4].

Захист рослин здійснюється в декількох напрямках, як за допомогою хімічних засобів захисту рослин так і біологічних препаратів [5]. Кожен з цих способів має свої переваги. Застосування біологічних засобів захисту потребує чіткого регламентування та зміни препаратів відповідно періоду вегетації помідора, що потребує досить значних фінансових та ресурсних витрат. Хімічні препарати захисту рослин є в цьому сенсі більш універсальними. Вимоги сучасного регламенту застосування фунгіцидів пропонують лише два види обробки: контактними та комбінованими препаратами. Препарати на основі сполук міді є здавна відомими захисту рослин від інфекційних та грибкових захворювань.

Ці препарати характеризуються контактно-профілактичною і захисною дією. Вони більш згубно діють на спори грибів, а на розвиток міцелію гриба ці препарати мають менш негативну дію. Мідь з препаратів поступово поглинається цитоплазмою клітин грибів, накопичуючись там до летальної дози [6].

Визначення ефективних доз застосування препарату гідроксиду міді у концентрації 770 г/кг є актуальним і важливим в аспекті мінімізації негативного впливу на рослину та фітоценоз.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Хвороби рослин помідорів у господарствах Дніпропетровської, Запорізької і Херсонської областей України мають бактеріальне походження, які спричинені збудни-

ками бактеріального раку *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, чорної бактеріальної плямистості *Xanthomonas vesicatoria* та крапчастості *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* [6]. Загалом фітосанітарний стан у Степу та східних областях Лісостепу характеризується масовим поширенням фітофторозу (*Phytophthora infestans* de Bary). До 100% обстежених площ були уражені у Херсонській області та 36–85% рослин були уражені у Херсонській, Сумській, Донецька та Рівненській областях. Верхівкова гниль поширювалась на 10–36% площ у Донецькій, Херсонській областях [7].

Застосування фунгіцидів забезпечує покращення більшості біохімічних показників рослини. Випробовування хімічних засобів захисту проти хвороб показало ефективність при використанні їх на посівах помідора, препарати стримували розвиток хвороб та дозволили покращити показники збереження урожайності помідора в межах 7,5–12,0 т/га або 17,2–27,6% [8].

Метою дослідження є дослідження ефективності застосування для захисту рослин препарату Чемпіон (гідроксид міді 770 г/кг) шляхом визначення оптимальної концентрації у контексті отримання максимальної врожайності.

Матеріали і методи досліджень. Наукові польові дослідження проводили впродовж 2018–2021 рр. на дослідній ділянці Державного біотехнологічного університету, що розташована у селищі Докучаєвське Харківського району Харківської області. Дослідження проводили відповідно до загальноприйнятих методичних рекомендацій для вирощування помідору у захищеному ґрунті «Методики дослідної справи в овочівництві і баштанництві», «Методики державного сортовипробування сільськогосподарських культур», «Методики державного сортовипробування сільськогосподарських культур: Картопля, овочеві та баштанні культури», «Основ наукових досліджень з овочевими культурами в захищеному ґрунті» [9–13]. Протягом вегетаційного періоду рослин проводили фенологічні і біометричні вимірювання, вели облік урожайності, маси плодів, товарності.

Схема досліджу:

фактор А – гібриди помідору, занесені до Державного реєстру сортів, придатних для поширення в Україні за групою стиглості:

- 1) Панєкра F1 – ранній,
 - 2) Матіас F1 – середньоранній;
- Фактор Б:

- 1) без обробки (контроль);
- 2) обробка препаратом Чемпіон у концентрації 30 г/10 л;

3) обробка препаратом Чемпіон у концентрації 60 г/10 л;

4) обробка препаратом Чемпіон у концентрації 90 г/10 л.

У третю декаду лютого насіння досліджуваних гібридів висівали у касети, у третю декаду квітня – першу декаду травня висаджували в теплицю. Варіанти дослідів розміщували методом повної рендомізації. Загальна площа ділянки – 8 м², площа облікової ділянки – 5 м², повторність – чотириразова, загальна кількість рослин – 480 шт. Схема висаджування розсади на постійне місце у плівкову теплицю 90+50×35 см.

Результати досліджень. В схему досліду були включені наступні варіанти: вирощування помідорів у захищеному ґрунті за традиційною технологією (контроль); варіанти вирощування за умов препаратом Чемпіон (препаратом гідроксиду міді 770 г/кг) у різних концентраціях у фазі 3 листків та у фазі початку цвітіння.

Фенологічні спостереження свідчать, що за всіма варіантами досліду фази розвитку у рослин розпочиналися практично одночасно. Поява проростків на поверхні ґрунту з моменту посіву спостерігалась в середньому через 3–4 доби, масове проростання ще через 2–3 доби. Початок фази масового цвітіння у рослин гібриду Панекра F1 відмічено через 60 діб, гібриду Матіас F1 через 59 діб після появи масових сходів. Перехід рослин у фазу плодоношення після початку цвітіння відбувся на 65–66 добу. У середньому за період досліджень перехід рослин у фазу масового плодоношення становив 126 діб відносно сходів. Обробки рослин гібриду Панекра F1 препаратом Чемпіон у концентрації 30 г/10 л подовжили період плодоношення за цим варіантом досліду до 103 діб. За іншими варіантами – 93–94 доби. Відзначено наступну реакцію рослин гібриду Панекра F1 на умови вирощування $V=5,45\%$ (похибка досліду – $S_x=2,5$); гібриду Матіас F1 – $V=0,62\%$ (похибка досліду – $S_x=3,0$).

Показники отримані в досліді свідчать про те, що різниця в біометричних параметрах рослин помідора простежується залежно від концентрації препарату Чемпіон який використовували для обробки. Найбільшу масу рослини та площу асиміляційної поверхні у фазі

масового цвітіння відзначено у гібриду Панекра F1 за обробки препаратом Чемпіон у концентрації 90 г/10 л на 7,4% та 13,1% більше контролю, відповідно. У гібриду Матіас F1 найбільшу масу рослини за обробки у концентрації 60 г/10 л – більше контролю на 6,4% та площу асиміляційної поверхні у концентрації – 90 г/10 л – на 11,4%.

У фазі масового плодоношення у гібриду Панекра F1 за обробки препаратом Чемпіон у концентрації 60 г/10 л показники маси рослини та маси плоду були максимальними, на 7,4% та 13,1% більше контролю, відповідно. Максимальним показник площі асиміляційної поверхні був за обробки у концентрації 90 г/10 л – на 5,3% більше контролю. У гібриду Матіас F1 найбільшу масу рослини та площу асиміляційної поверхні відзначено за обробки препаратом у концентрації – 90 г/10 л – на 11,4%. Маса плоду була найбільшою за обробки у концентрації 60 г/10 л – більше контролю на 4,3%.

Отримані в результаті проведених досліджень показують, що обробка рослин препаратом гідроксиду міді 770 г/кг Чемпіон у концентраціях 60 г/10 л та 90 г/10л допомагала успішно стримувати розвиток таких грибкових хвороб, як фітофтороз, альтернаріоз та бактеріальна плямистість (табл. 1).

За досліджуваний період обробка рослин помідора препаратом Чемпіон у концентраціях 60 г/10 л та 90 г/10 л показала стовідсоткову ефективність проти грибкових хвороб. За цими варіантами досліду практично не відзначено випадків ураження рослин. Розвиток хвороб стримувався на 60,8% та 61,5%. Обробка фунгіцидом у концентрації 30 г/10 л для гібриду Панекра F1 показала ефективність на рівні 1,0%, для гібриду Матіас F1 рівень захворюваності рослин був більший за контроль на 1,8%.

Дослідженням встановлено, що найвища врожайність (табл. 2).

Застосування препарату Чемпіон у концентрації 30 г/10 л не показало ефективності порівняно з варіантом без обробки для гібриду Панекра F1 – 16,2 кг/м², на 1,07% менше контролю та для гібриду Матіас F1 – 16,8 кг/м², на 3,46% менше контролю. Обробка рослин у концентрації 90 г/10 л дозволило отримати рівень врожайності для гібриду Панекра F1 – 17,0 кг/м², на 3,82%

Таблиця 1

Технічна ефективність фунгіциду Чемпіон проти грибкових хвороб, (за 2018–2021 рр.), %

Гібрид (фактор А)	Концентрація препарату (фактор Б)	2018		2019		2020		2021		в середньому
Панекра F1	без обробки (контроль)	11,3	–	10,2	–	11,9	–	8,5	–	–
	30 г / 10 л	11,7	-2,8	9,4	7,5	10,9	7,9	9,2	-8,7	1,0
	60 г / 10 л	0	100,0	0	100,0	0	100,0	0	100,0	100,0
	90 г / 10 л	0	100,0	0	100,0	0	100,0	0	100,0	100,0
Матіас F1	без обробки (контроль)	11,4	–	10,5	–	9,5	–	8,4	–	–
	30 г / 10 л	11,6	-1,3	9,7	7,5	10,5	-11,3	8,6	-2,0	-1,8
	60 г / 10 л	0	100,0	0	100,0	0	100,0	0	100,0	100,0
	90 г / 10 л	0	100,0	0	100,0	0	100,0	0	100,0	100,0

Таблиця 2

Вплив фунгіцидів на формування врожаю помідора, (за 2018–2022 рр.).

Гібрид (фактор А)	Концентрація препарату (фактор Б)	Урожайність, кг/м ²					Збережений врожай	
		2018	2019	2020	2021	в середньому	± кг/м ²	± %
Панекра F1	без обробки (контроль)	15,6	16,1	15,6	18,1	16,4	–	–
	30 г / 10 л	15,1	16,4	15,8	17,4	16,2	-0,18	-1,07
	60 г / 10 л	16,4	17,1	16,6	18,8	17,2	0,88	5,35
	90 г / 10 л	16,3	16,1	16,7	18,8	17,0	0,63	3,82
	НІР _{0,95}	1,12	0,11	0,13	0,16	–	–	–
Матіас F1	без обробки (контроль)	16,2	16,9	17,1	19,2	17,4	–	–
	30 г / 10 л	15,7	16,8	16,2	18,3	16,8	-0,60	-3,46
	60 г / 10 л	16,9	17,1	16,9	18,6	17,4	0,03	0,14
	90 г / 10 л	17,0	16,7	16,6	18,9	17,3	-0,05	-0,29
	НІР _{0,95}	1,12	0,04	0,09	0,09	–	–	–

більше контролю, а для гібриду Матіас F1 – 17,3 кг/м², на 0,29% менше контролю.

Застосування для обробки рослин препарату у препараті Чемпіон у концентрації 60 г/10 л показало найбільший рівень загальної врожайності як для гібриду Панекра F1 на рівні – 17,2 кг/м², на 5,35% більше контролю так і для гібриду Матіас F1 – 17,4 кг/м², на 0,14% більше контролю.

Висновки. Результати досліджень індетермінантних гібридів помідора F1 Панекра і Матіас свідчать, що обробка уразливих до грибкових хвороб фунгіцидом на основі препарату гідроксида міді 770 г/кг є ефективною та забезпечує гарантований захист у концентраціях вище 60 г/10 л. Набільшу ефективність у формуванні загальної врожайності показало застосування препарату Чемпіон у концентрації 60 г/10 л на рівні для гібриду Панекра F1 на рівні – 17,2 кг/м², для гібриду Матіас F1 – 17,4 кг/м².

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Божко Л.Ю., Барсукова О.А., Ярмольська О.Є. Кліматичні умови вирощування томатів в Україні. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2013. № 13. С. 75–85.
- Гаврис І.Л. Біохімічні показники плодів помідора за використання регуляторів росту рослин. *Наукові доповіді НАУ*. 2007. Вип. 1 (6). С. 22–28.
- Скупський Р.М. Організаційно-економічні засади інноваційного розвитку промислового овочівництва в аграрних підприємствах : монографія. Херсон : Грінь Д.С., 2013. 442 с.
- Pseudomonas syringae* pv. *tomato* and *Xanthomonas* spp. on tomato. *EPPO Bulletin*. 2011. Vol. 41. P. 269–271.
- Коломієць Ю. В., Григорюк І. П., Буценко Л. М. Діагностика бактеріальних хвороб рослин помідорів в умовах відкритого і закритого ґрунту України. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2016. № 7. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2016_7_7
- Ковбасенко Р.В., Григорюк І.П., Теслюк В.В., Ковбасенко В.М. Ретман М.С. Механізми дії міді

на метаболічні процеси рослин: монографія. 2021. 409 с.

- Прогноз фітосанітарного стану агроценозів України та рекомендації щодо захисту рослин у 2022 р. Науково-виробниче видання / За ред. В.В. Сідляренко, В.Б. Калашнікова. К.: Держпродспоживслужба. 2022. 329 с.
- Яровий Г. І., Кузьменко В. І. Ефективність застосування фунгіцидів проти хвороб помідора. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2014. Вип. 16. С. 273–279.
- Методика державного сорто випробування сільськогосподарських культур. Вип. 1 : Загальна частина. / ред. В.В. Волкодав; К. : Державна комісія України по випробуванню та охороні сортів рослин, 2000. 100 с.
- Методика державного сорто випробування сільськогосподарських культур. Вип. 4 : Картопля, овочеві та баштанні культури. / ред. В.В. Волкодав. К. : Державна комісія України по випробуванню та охороні сортів рослин, 2001. 104 с.
- Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві / за ред. Г.Л. Бондаренка, К.І. Яковенка. Х. : Основа, 2001. 369 с.
- Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина / уклад.: С.О. Ткачик, О.І. Присяжнюк, Н.В. Лещук. 4-те вид., випр. і допов. Вінниця : Корзун Д.Ю., 2017. 120 с.
- Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва / за ред. С.О. Ткачик. 3-те вид., випр. і доп. Вінниця: ФОП Корзун Д. Ю., 2017. 159 с.

REFERENCES:

- Bozhko, L.Yu., Barsukova, O.A., Yarmolska, O.Ye. Klimatychni umovy vyroshchuvannya tomativ v Ukraini [Climatic conditions for growing tomatoes in Ukraine]. *Ukrainskyi hidrometeorologichnyi zhurnal – Ukrainian hydro-meteorological journal*. 2013. № 13. S. 75–85. [In Ukrainian]
- Havrys, I.L. Biokhimichni pokaznyky plodiv pomidora za vykorystannia rehulatoriv rostu roslin [Biochemical

- indicators of tomato fruits using plant growth regulators]. *Naukovi dopovidi NAU – Scientific reports of NAU*. 2007. Vyp. 1 (6). S. 22–28. [In Ukrainian]
3. Skupskyi, R.M. *Orhanizatsiino-ekonomichni zasady innovatsiinoho rozvytku promyslovoho ovochivnytstva v ahrarykh pidpriemstvakh : monohrafiia*. [Organizational and economic principles of innovative development of industrial vegetable growing in agricultural enterprises: monograph]. Kherson : Hrin D.S., 2013. 442 s. [In Ukrainian]
 4. *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* and *Xanthomonas* spp. on tomato. *EPPO Bulletin*. 2011. Vol. 41. P. 269–271. [In English]
 5. Kolomiets, Yu.V., Hryhoriuk, I.P., Butsenko, L.M. *Diahnostyka bakterialnykh khvorob roslyn pomidoriv v umovakh vidkrytoho i zakrytoho gruntu Ukrainy*. [Diagnosis of bacterial diseases of tomato plants in open and closed soil conditions of Ukraine]. *Naukovi dopovidi Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy – Scientific reports of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine*. 2016. № 7. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2016_7_7 [In Ukrainian]
 6. Kovbasenko, R.V., Hryhoriuk, I.P., Tesliuk, V.V., Kovbasenko, V.M., Retman, M.S. *Mekhanizmy dii midy na metabolichni protsesy roslyn: monohrafiia*. [Mechanisms of copper action on plant metabolic processes: monograph]. 2021. 409 s. [In Ukrainian]
 7. *Prohnoz fitosanitarnoho stanu ahrotsenoziv Ukrainy ta rekomendatsii shchodo zakhystu roslyn u 2022 r. Naukovo-vyrobnyche vydannia*. [Forecast of the phytosanitary state of agrocenoses of Ukraine and recommendations for plant protection in 2022. Scientific and production edition]. / Za red. V.V. Sidliarenko, V.B. Kalashnikov. 2022. K.: Derzhprodspozhyvsluzhba. 329 s. [In Ukrainian]
 8. Yarovyi, H.I., Kuzmenko, V.I. *Efektivnist zastosuvannia funhitsydiv proty khvorob pomidora*. [Effectiveness of fungicides against tomato diseases]. *Visnyk Tsentru naukovoho zabezpechennia APV Kharkivskoi oblasti – Bulletin of the Center for Scientific Support of APV of Kharkiv Region*. 2014. Vyp. 16. 273–279. [In Ukrainian]
 9. *Metodyka derzhavnoho sortovyprobuvannia silskohospodarskykh kultur. Vyp. 1 : Zahalna chastyna*. [Methodology of state variety testing of agricultural crops. Vol. 1 : General part.] / red. V.V. Volkodav. K. : Derzhavna komisiia Ukrainy po vyprobuvanniu ta okhroni sortiv roslyn, 2000. 100 s. [In Ukrainian]
 10. *Metodyka derzhavnoho sortovyprobuvannia silskohospodarskykh kultur. Vyp. 4 : Kartoplia, ovochevi ta bashtanni kultury*. [Methodology of state variety testing of agricultural crops. Vol. 4: Potatoes, vegetable and melon crops] / red. V.V. Volkodav. K. : Derzhavna komisiia Ukrainy po vyprobuvanniu ta okhroni sortiv roslyn, 2001. 104 s. [In Ukrainian]
 11. *Metodyka doslidnoi spravy v ovochivnytstvi i bashtannytstvi* [Methodology of research work in vegetable growing and melon growing] / za red. Bondarenka H.L., Yakovenka K.I. Kh. : Osnova, 2001. 369 s. [In Ukrainian]
 12. *Metodyka provedennia kvalifikatsiinoi ekspertyzy sortiv roslyn na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. Zahalna chastyna* [Methodology for the qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. General part] / uklad.: S.O. Tkachyk, O.I. Prysiashniuk, N.V. Leshchuk. 4-te vyd., vypr. i dopov. Vinnytsia : Korzun D.Iu., 2017. 120 s. [In Ukrainian]
 13. *Metodyka provedennia kvalifikatsiinoi ekspertyzy sortiv roslyn na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. Metody vyznachennia pokaznykiv yakosti produktsii roslynnytstva* [Methodology for the qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. Methods of determining plant production quality indicators] / za red. S.O. Tkachyk 3-tie vyd., vypr. i dop. Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu., 2017. 159 s. [In Ukrainian]
- Свідов В.П. Залежність між стійкістю вегетативної маси до хвороб та урожайністю помідору**
- Мета.** Метою є дослідження ефективності застосування для захисту рослин препарату Чемпіон шляхом визначення оптимальної концентрації у контексті отримання максимальної врожайності. **Методи.** Польовий дослід, аналітичні і статистичні методи обробки експериментальних даних. Наукові польові дослідження проводили впродовж 2018–2021 рр. на дослідній ділянці Державного біотехнологічного університету, що розташована у селищі Докучаєвське Харківського району Харківської області. Протягом вегетаційного періоду рослин проводили фенологічні і біометричні вимірювання, вели облік урожайності, маси плодів, товарності. **Результати.** У результатах досліджень подано усереднені показники за чотири роки. Фенологічні спостереження свідчать, що за всіма варіантами дослідів фази розвитку у рослин розпочиналися практично одночасно. Показники отримані в досліді свідчать про те, що різниця в біометричних параметрах рослин помідора простежується залежно від концентрації препарату Чемпіон який використовували для обробки. Отримані в результаті проведених досліджень показують, що обробка рослин препаратом Чемпіон у концентраціях 60 г/10 л та 90 г/10 л допомагала успішно стримувати розвиток таких грибкових хвороб, як фітофтороз, альтернаріоз та бактеріальна плямистість. **Висновки.** Результати досліджень індетермінантних гібридів помідора F1 Панекра і Матіас свідчать, що обробка уразливих до грибкових хвороб фунгіцидом Чемпіон ефективною та забезпечує гарантований захист у концентраціях вище 60 г/10 л. Набільшу ефективність у формуванні загальної врожайності показало застосування препарату Чемпіон у концентрації 60 г/10 л на рівні для гібриду Панекра F1 на рівні – 17,2 кг/м², для гібриду Матіас F1 – 17,4 кг/м².
- Ключові слова:** помідор, захищений ґрунт, гібрид, технологія, фунгіцид, захист рослин, урожайність.
- Sevidov V.P. The relationship between resistance of vegetative mass to diseases and yield of tomato**
- Goal.** The goal is to study the effectiveness of the use of Champion (copper hydroxide 770 g/kg) for plant protection by determining the optimal concentration in the context of obtaining the maximum yield. **Methods.** Field experiment, analytical and statistical methods of experimental data processing. Scientific field research was conducted during 2018–2021 at the experimental site of the State Biotechnology University, located in the village of Dokuchaevske, Kharkiv District, Kharkiv Region. During the growing season of plants, phenological and biometric measurements were carried out, productivity, fruit mass, and marketability were recorded. **The results.** In the results of the research, the average indicators of the

field experiment for four years are presented. Phenological observations indicate that, according to all variants of the experiment, the phases of plant development began almost simultaneously. The indicators obtained in the experiment indicate that the difference in the biometric parameters of tomato plants can be traced depending on the concentration of the Champion drug used for processing. The results of the research show that the treatment of plants with the preparation of copper hydroxide 770 g/kg Champion in concentrations of 60 g/10 l and 90 g/10 l helped to successfully restrain the development of such fungal diseases as phytophthora, Alternaria and bacterial

spot. **Conclusions.** The results of studies of indeterminate F1 tomato hybrids by Panekra and Mathias indicate that the treatment of fungi susceptible to fungal diseases with a fungicide based on the preparation of copper hydroxide 770 g/kg is effective and provides guaranteed protection in concentrations above 60 g/10 l. The use of the Champion drug in a concentration of 60 g/10 l showed the greatest efficiency in the formation of the total yield at the level for the hybrid Panekra F1 at the level of 17.2 kg/m², for the hybrid Matias F1 – 17.4 kg/m².

Key words: tomato, protected soil, hybrid, technology, fungicide, plant protection, productivity.

УДК 631.527.5:633.15:581.13:631.8:022.43
DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.21.16>

ВПЛИВ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ НА ЛІНІЙНІ РОЗМІРИ РОСЛИН КУКУРУДЗИ

СТЕПАНЕНКО М.В. – здобувач

orcid.org/0000-0002-1286-4151

Білоцерківський національний аграрний університет

ГРАБОВСЬКИЙ М.Б. – доктор сільськогосподарських наук

orcid.org/0000-0002-8494-7896

Білоцерківський національний аграрний університет

Постановка проблеми. Вирощуванню кукурудзи в Україні приділяється велика увага. Основою потенційної урожайності даної культури є фотосинтетична діяльність та величина лінійних розмірів рослин. Морфологічні ознаки якісно відображають вплив чинників навколишнього середовища та елементів технології на продуктивність. Такі морфологічні ознаки, як висота рослин та кріплення качанів взагалі визначають можливість застосування механізованого вирощування та збирання. Враховуючи це дослідження впливу застосування макро- та мікродобрив на архітектуру посіву кукурудзи є актуальним та потрібним напрямом наукових досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Висота рослин та кріплення качанів формуються на основі біологічних особливостей конкретного вирощування і можуть змінюватися під впливом умов вирощування. Крім того дефіцит вологи та високі температури негативно впливають на ріст кукурудзи та формування качанів, тоді як наявність бур'янів збільшує конкуренцію рослин та може підвищити витягування кукурудзи і зменшити висоту закладання качанів [1, 2]. Для досягнення кращих результатів у вирощуванні кукурудзи важливо забезпечити відповідні умови її росту, включаючи регуляцію вологості, температури та боротьбу з бур'янами [3-5].

Висота рослин та висота прикріплення качанів – це ознаки, які залежить від генетичних факторів, але можуть бути модифіковані умовами довкілля та агротехнікою вирощування [6-8].

Оптимальними параметрами архітектури посівів кукурудзи є висота рослин в межах 200-320 см, а висота кріплення качанів – 60-110 см. Збільшення висоти рослин та кріплення качанів, відносно оптимальних значень, сприяє збільшенню витрат на проведення збирання робіт [9, 10].

Важливе значення для формування лінійних розмірів рослин кукурудзи має застосування мікро- та макроелементів у вигляді позакоренових підживлень. Система удобрення із внесенням їх у підживлення має високу ефективність в умовах, коли доступність елементів живлення з ґрунту обмежена або коли погодні умови сприяють зниженню поглинання поживних речовин кореневою системою рослин. Застосування підживлень сприяє зростанню урожайності, оптимізує живлення рослин в період вегетації в конкретних погодно-кліматичних умов року.

Ефективність підживлень суттєво залежить від співвідношення мікроелементів та макроелементами, що

тісно взаємодіють між собою в біохімічних процесах в рослинному організмі.

Використання підживлень у системі удобрення кукурудзи сприяє поглинанню елементів живлення усіма надземними частинами, в тому числі листовою поверхнею та стеблом, особливо це важливо для критичних періодів росту та розвитку рослин, коли необхідно забезпечити оптимальне та збалансоване живлення рослин кукурудзи.

Листкове підживлення поліпшує синтез у рослинах хлорофілу, що сприяє кращому забарвленню листя та підвищує фотосинтез і позитивно впливає на фотосинтетичну активність рослин, забезпечуючи їх ріст та розвиток. Варто відзначити, що за рахунок стимулювання синтезу ауксинів і інших коренестимулюючих речовин, позакоренове підживлення сприяє кращому розвитку кореневої системи рослин кукурудзи та поліпшує поглинання вологи та поживних речовин із ґрунту. Крім того підвищена активність кореневої системи і покращений стан листової поверхні сприяють покращенню газообміну і поглинанню вологи з навколишнього середовища.

Дослідження впливу системи удобрення, в тому числі підживлень, на архітектоніку посіву кукурудзи є актуальним, оскільки в літературі немає достатньої інформації про дану залежність, а думки вчених із даного питання істотно різняться.

Метою досліджень є вивчення впливу підживлень макро- та мікроелементами на формування лінійних розмірів рослин на прикладі досліджуваного середньопізннього гібриду кукурудзи СИ Зефір (ФАО 430).

Матеріал та методика досліджень. Польові дослідження проводились на протязі 2021-2022 рр. в умовах дослідного поля науково-виробничого центру (НВЦ) Білоцерківського національного аграрного університету Київської області, яке розташоване в Правобережного Лісостепу.

Регіон досліджень характеризується помірно-континентальним кліматом, в 2022 році спостерігалось зменшення кількості опадів в порівнянні із 2021 роком, що в кінцевому результаті вплинуло на формування морфологічних ознак досліджуваних гібридів кукурудзи. За даними Білоцерківської метеостанції, середньорічна температура повітря становить + 8 °С з відхиленнями за роками від 4 до 7 °С. Максимальна температура влітку сягає 36-38 °С, а мінімальна температура взимку складає – 24 °С. Протягом вегетації рослин кукурудзи, в основному, створюються сприятливі умови для їх росту і розвитку. Тривалість вегетаційного періоду коливається від 90 до 160 днів. Сума позитивних температур вище

+10 °С становить у межах 2650-2660 °С. Річні показники відносної вологості повітря становлять у середньому 75-77 %; у літній період вони зменшуються до 48-50 %, а взимку підвищуються до 80-85 %.

Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем типовий вилуваний, середньоглибокий, малогумусний, грубо-пилувато-легкосуглинковий на карбонатному лесі. Згідно заключного туру агрохімічного обстеження орний шар ґрунту має вміст крупного пилу 49,8-58,2 %, фізичної глини – 30,5-34,2 %, мулу – 18,6-24,21 % і піску – 9,8-19,1 %. За агрохімічною характеристикою, ґрунт містить 3,4 % гумусу (за методом Тюріна і Конової), азоту, що легко гідролізується 85-115 мг/кг ґрунту (за методом Корнфільда), рухомих форм фосфору і калію відповідно 130-160 і 120-130 мг/кг ґрунту (за методом Чирикова). У ґрунті виявлено середню здатність нітрифікації – 2,0-3,3 мг/100 г абсолютно сухого ґрунту. Валова забезпеченість сполуками P_2O_5 і K_2O є середньою – відповідно 0,05 і 1,41 %.

Гідролітична кислотність становить 1,4-1,8 мг-екв./100 г ґрунту (за методом Капена). Реакція ґрунтового розчину є близькою до нейтральної – 6,4-6,8. Ємність поглинання ґрунту – 24-27 мг-екв./100 г. Уміст кальцію (Ca) складає 16,3-22,0 м. екв. на 100 г ґрунту. Вміст Mg становить всього 2,39-4,00 мг. екв./100 г ґрунту.

Сівбу проводили 8-рядною сівалкою Great Plains (YP-825A-16TR) нормою висіву 75 тис. насінин/га. Облікова площа ділянок становила 38,6 м². Повторність триразова.

Схема досліду включала варіанти системи удобрення: 1) Без внесення добрив (контроль); 2) N_{40} перед сівбою; 3) N_{40} перед сівбою + Нутривант Плюс Кукурудза; 4) N_{40} перед сівбою + Вуксал Р Мах; 5) N_{40} перед сівбою + Розалік Zn, P, N, S. N_{40} перед сівбою + Розалік Zn, P, N, S, які застосовувались на посівах середньопізннього гібриду СИ Зефір (ФАО 430).

В якості азотних добрив використовували аміачну селітру із вмістом азоту 34,6%. Норма внесення мікродобрива Нутривант Плюс Кукурудза становила 3 кг/га, Вуксал Р Мах – 2 л/га, Розалік Zn, P, N, S – 3 л/га. Норма витрати робочого розчину 300 л/га.

Визначення висоти рослин та прикріплення качанів проводили відповідно до загальноприйнятих методик для кукурудзи [11, 12].

Результати досліджень. Висота рослин та кріплення господарсько-цінного качана є одними із найбільш агротехнічних характеристик гібридів кукурудзи. Дані морфологічні ознаки мають важливе значення для формування врожаю.

В наших дослідженнях внесення добрив передбачало застосування азоту в нормі 40 кг д. р./га перед сівбою та внесення мікродобрив Нутривант Плюс Кукурудза Розалік Zn, P, N, S у підживлення.

Із даних літератури відомо, що важливим фактором, який впливає на ріст і розвиток кукурудзи належить мінеральному живленню рослин. Саме процес фотосинтезу та мінеральне живлення сприяє інтенсивному процесу обміну речовин між рослиною та навколишнім середовищем [13, 14]. Через це суттєво поліпшуються процеси росту і розвитку рослин кукурудзи, зокрема і на формування висоти рослин.

Визначення висоти рослин проводили у фазу 7-8 листків, цвітіння волотей, молочної стиглості та повної стиглості зерна. Характеристика середньопізннього гібриду кукурудзи СИ Зефір залежно від застосування макро- та мікродобрив приведено в таблиці 1.

Із даних таблиці 1 видно, що у фазу 7-8 листків найменша висота рослин була відмічена на контрольному варіанті (без внесення добрив) і в 2021 році вона становила 50,7 см, а в 2022 році – 48,3 см, застосування азотних добрив перед сівбою у нормі 40 кг д. р./га сприяло зростанню висоти рослин в порівнянні із контролем

Таблиця 1

Динаміка висоти рослин гібриду кукурудзи СИ Зефір залежно від системи удобрення, см (за 2021–2022 рр.)

Гібрид	Система удобрення	Фаза розвитку рослин											
		7-8 листків			цвітіння волотей			молочна стиглість зерна			повна стиглість зерна		
		2021	2022	середнє	2021	2022	середнє	2021	2022	середнє	2021	2022	середнє
СИ Зефір (ФАО 430)	Без внесення добрив (контроль)	50,7	48,3	49,5	233,2	210,1	221,7	238,9	214,1	226,5	239,4	214,5	226,9
	N_{40} перед сівбою	54,8	53,4	54,1	237,2	218,4	227,8	242,7	223,6	233,2	243,1	224,0	233,6
	N_{40} перед сівбою + Нутривант Плюс Кукурудза	55,1	54,0	54,6	239,5	220,5	230,0	243,8	225,4	234,6	244,1	225,6	234,9
	N_{40} перед сівбою + Вуксал Р Мах	55,0	53,7	54,4	240,5	218,9	229,7	244,5	226,2	235,4	244,8	226,6	235,7
	N_{40} перед сівбою + Розалік Zn, P, N, S	54,6	54,2	54,4	238,7	222,0	229,4	243,2	227,0	234,1	243,7	228,3	234,5
НІР ₀₅ , см		3,2	2,9	–	9,3	8,1	–	10,6	9,4	–	11,6	10,4	–

на 4,1 та 5,1 см, на варіанті із застосуванням азотних добрив перед сівбою у нормі 40 кг д. р./га у поєднанні із внесенням мікродобрива Нутривант Плюс Кукурудза – зростання склало на 4,4 та 5,7 см, застосування азотних добрив перед сівбою у нормі 40 кг д. р./га у поєднанні із внесенням мікродобрива Вуксал Р Мах забезпечило зростання висоти рослин на 4,3 та 5,4 см, а застосування азотних добрив перед сівбою у нормі 40 кг д. р./га у поєднанні із внесенням мікродобрива Розалік Zn, P, N, S – на 3,9 та 5,9 см, відповідно.

На вплив елементів живлення на прояв морфологічних ознак у гібридів кукурудзи вказують у своїх дослідженнях ряд дослідників [15-20]. Проведеними нами дослідженнями повністю підтверджені дані залежності.

Також, варто відмітити, різницю висоти рослин у розрізі років досліджень, зокрема в 2021 році середня висота рослин у фазу 7-8 листків у досліджуваного середньопізнього гібриду кукурудзи становила – 54,04 см, а в 2022 році – 52,72 см, у фазу цвітіння волотей – 237,82 та 217,58 см, у фазу молочної стиглості – 242,62 та 222,86 см та у фазу повної стиглості зерна – 243,02 та 232,2 см, відповідно. Тобто, за кліматичними показниками 2021 рік виявився більш сприятливим для формування лінійних розмірів рослин гібриду кукурудзи СИ Зефір порівняно із 2022 роком.

Висота рослин у фазу цвітіння волотей зросла на 164,86-183,78 см в порівнянні із висотою рослин у фазу 7-8 листків. На контрольному варіанті на даному варіанті вона становила 230,0 та 210,1 см, застосування азотних добрив перед сівбою у нормі 40 кг д. р./га сприяло зростанню висоти рослин в порівнянні із контролем на 4,0 та 8,3 см, застосування азотних добрив перед сівбою у нормі 40 кг д. р./га у поєднанні із внесенням мікродобрива Нутривант Плюс Кукурудза – 6,3 та 10,4 см, застосування азотних добрив перед сівбою у нормі 40 кг д. р./га у поєднанні із внесенням мікродобрива Вуксал Р Мах – 7,3 та 8,8 см, а застосування азотних добрив перед сівбою у нормі 40 кг д. р./га у поєднанні із внесенням мікродобрива Розалік Zn, P, N, S – 5,5 та 9,9 см, відповідно.

У фазу молочної стиглості на контрольному варіанті висота рослин 238,9 см та 214,1 см, на варіанті із внесенням азотних добрив перед сівбою у нормі 40 кг д. р./га – 242,7 та 223,6 см, на варіанті із застосуванням азотних добрив перед сівбою у нормі 40 кг д. р./га у поєднанні із внесенням мікродобрива Нутривант Плюс Кукурудза – 243,8 та 225,4 см, застосування азотних добрив перед сівбою у нормі 40 кг д. р./га у поєднанні із внесенням мікродобрива Вуксал Р Мах – 244,5 та 226,2 см, а застосування азотних добрив перед сівбою у нормі 40 кг д. р./га у поєднанні із внесенням мікродобрива Розалік Zn, P, N, S – 243,2 та 225,0 см, відповідно.

Найбільше значення висоти рослин відмічено у фазу повної стиглості зерна, на контрольному варіанті – 239,4 та 214,5 см, на варіанті із внесенням азотних добрив перед сівбою у нормі 40 кг д. р./га – 243,1 та 224,0 см, на варіанті із застосуванням азотних добрив перед сівбою у нормі 40 кг д. р./га у поєднанні із внесенням мікродобрива Нутривант Плюс Кукурудза – 244,1 та 225,6 см, застосування азотних добрив перед сівбою

у нормі 40 кг д. р./га у поєднанні із внесенням мікродобрива Вуксал Р Мах – 244,8 та 226,6 см, а застосування азотних добрив перед сівбою у нормі 40 кг д. р./га у поєднанні із внесенням мікродобрива Розалік Zn, P, N, S – 243,7 та 225,3 см, відповідно.

Отже, поліпшення живлення рослин за рахунок використання добрив сприяє оптимізації ростових процесів рослин гібриду кукурудзи СИ Зефір, що в кінцевому результаті відображається на значенні лінійних розмірів рослин кукурудзи.

Висновки. Результатами наших досліджень встановлено, що формування архітектури посіву середньопізнього гібриду кукурудзи СИ Зефір істотно залежить від системи застосування добрив. Найкращим для формування лінійних розмірів рослин виявився варіант із застосуванням азотних добрив перед сівбою у нормі 40 кг д. р./га у поєднанні із внесенням мікродобрива Нутривант Плюс Кукурудза нормою 2 л/га у фазу молочної стиглості, в середньому за два роки досліджень – 235,4 см та у фазу повної стиглості зерна – 235,7 см.

Через це застосування азотних добрив та позакорневих підживлень є ефективним елементом поліпшення лінійних розмірів рослин та оптимізації оптимальних параметрів архітектури посіву кукурудзи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Каленська С.М., Єрмакова Л.М. Біологія та екологія сільськогосподарських рослин: Підручник. Вінниця: ФОП Данилюк, 2013. 482 с.
2. Chen X, Chen F, Chen Y, Gao Q, Yang X, et al. Modern maize hybrids in Northeast China exhibit increased yield potential and resource use efficiency despite adverse climate change. *Global Change Biol.* 2013. 19: 923-936. doi: 10.1111/gcb.12093.
3. Mehmeti A. and Demaj A. Sherifi E and Waldhardt R. Growth and productivity of weeds in two maize crop production systems. *Herbologia.* 2011. 12(2): 105-112.
4. Touch V. Martin R.J. and Scott J.F. Economics of weed management in maize in pailin province cambodia. *International journal of environmental and rural development.* 2013. 4: 215-219.
5. Congreve M., Daniel R. Get the first second and third punch in on Feathertop Rhodes Grass. GRDC Update Papers 3 August 2015.
6. Дудка М., Шевченко О. Мікродобрива й кукурудза. *Farmer the Ukrainian.* 2016. № 5 (77). С. 68-69.
7. Паламарчук В.Д. Вплив висоти рослин та висоти прикріплення качанів на придатність гібридів кукурудзи до механізованого вирощування. *Хранение и переработка зерна.* 2010. № 3. С. 20-22.
8. Ковальчук І. Критерії підбору гібридів кукурудзи для різних умов вирощування. *Farmer the Ukrainian.* 2015. № 12(72), грудень. С. 82-84.
9. Мазур В. А., Паламарчук В. Д., Поліщук І. С., Паламарчук О. Д. Новітні агротехнології у рослинництві: Підручник. Вінниця, 2017. 588 с.
10. Widderick M., Meulen A van der., Churchett J., McLean A. Weed issues and action items. GRDC Update Papers 31 July. 2015. 35-36.
11. Вовкодав В. В. Методика державного сортопробування сільськогосподарських культур (зернові, круп'яні та зернобобові). К., 2001. 64 с.

12. Лебідь Є. М., Циков В. С., Пашченко Ю. М. та ін. Методика проведення польових дослідів з кукурудзою. Дніпропетровськ, 2008. 27 с.
13. Паламарчук В.Д., Дідур І.М., Колісник О.М., Алексєєв О.О. Аспекти сучасної технології вирощування висококрохмальної кукурудзи в умовах Лісостепу правобережного: монографія. Вінниця: ТОВ Друк. 2020. 536 с.
14. Калетник Г.М., Паламарчук В.Д., Гончарук І.В., Ємчик Т.В., Телекало Н.В. Перспективи використання кукурудзи для енергоефективного та екологічного розвитку сільських територій: монографія. Вінниця: ФОП Кушнір Ю. В., 2021. 260 с.
15. Лень О. І., Тоцький В. М., Гангур В. В., Єремко Л. С. Вплив системи удобрення та основного обробітку ґрунту на продуктивність гібридів кукурудзи. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 2. С. 52-58. doi: 10.31210/visnyk2021.02.06
16. Паламарчук В.Д. Вплив позакоренових підживлень на прояв лінійних розмірів рослин кукурудзи. *Науковий вісник НУБіП України*. 2018. № 286. С. 231-244.
17. Паламарчук В.Д. Вплив позакоренових підживлень на висоту кріплення качанів у гібридів кукурудзи. *Агробіологія*. 2018. № 1 (138). С. 89-98.
18. Паламарчук В.Д., Демчук Б.С. Роль позакоренових підживлень у сучасних технологіях вирощування зернової кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 1 (20). С. 60-76.
19. Паламарчук В. Д., Колісник О. М. Сучасна технологія вирощування кукурудзи для енергоефективного та екологічного розвитку сільських територій: монографія. Вінниця: ТОВ Друк, 2022. 372 с.
20. Kovalenko O.A., Palamarchuk V.D., Krychkovskiy V.Y. Erbe der europäischen wissenschaft wirtschaft, management, erziehungswissenschaften, psychologie, landwirtschaft, kunstgeschichte heritage of european science economics, management, education, psychology, agriculture, art history. «Maize as a source of starch and bioethanol: conditions and cultivation elements. Monographic series «European Science». Karlsruhe 2022. Book 9. Part 2. P. 95-119. Doi: 10.30890/2709-2313.2022-09-02-010
1. Palamarchuk V.D., Polishchuk I.S., Kalenska S.M., Yermakova L.M. (2013). Biologiya ta ekolohiya silskohospodarskykh roslyn: Pidruchnyk [Biology and Ecology of Agricultural Plants: Textbook]. Vinnytsia: FOP Danyliuk. 482 p. [in Ukrainian]
2. Chen X, Chen F, Chen Y, Gao Q, Yang X, et al. (2013). Modern maize hybrids in Northeast China exhibit increased yield potential and resource use efficiency despite adverse climate change. *Global Change Biol.* № 19. pp. 923-936. doi: 10.1111/gcb.12093.
3. Mehmeti A. and Demaj A. Sherifi E and Waldhardt R. (2011). Growth and productivity of weeds in two maize crop production systems. *Herbologia*. № 12(2). pp. 105-112.
4. Touch V. Martin R.J. and Scott J.F. (2013). Economics of weed management in maize in pailin province cambodia. *International journal of environmental and rural development*. № 4. pp. 215-219.
5. Congreve M., Daniel R. (2015). Get the first second and third punch in on Feathertop Rhodes Grass. GRDC Update Papers 3 August 2015.
6. Dudka M., Shevchenko O. (2016). Mikrodobryva y kukurudza [Microfertilizers and corn]. *Farmer the Ukrainian*. № 5(77). pp. 68-69. [in Ukrainian]
7. Palamarchuk V.D. (2010). Vplyv vysoty roslyn ta vysoty prykriplennia kachaniv na prydatnist hibrydiv kukurudzy do mekhanizovanoho vyroshchuvannya [Influence of height of plants and height of fastening of cabins on the suitability of maize hybrids to mechanized cultivation]. *Khranjenje y pererobotka zerna. Nauchno-praktycheskyi zhurnal [Storage and processing of grain. Scientific and practical journal]*. № 3. pp. 20-22. [in Ukrainian]
8. Kovalchuk I. (2015). Kryterii pidboru hibrydiv kukurudzy dlia riznykh umov vyroshchuvannya [Criteria for selecting maize hybrids for different growing conditions]. *Famer the Ukrainian*. № 12(72). pp. 82-84. [in Ukrainian]
9. Mazur V.A., Palamarchuk V.D., Polishchuk I.S., Palamarchuk O.D. (2017). Novitni ahrotekhnolohii u roslynnytstvi: Pidruchnyk. [Newest agrotechnologies in crop production: Textbook]. Vinnytsia. 588 p. [in Ukrainian]
10. Widderick M., Meulen A van der., Churchett J., McLean A. (2015). Weed issues and action items. GRDC Update Papers 31, July. pp. 35-36.
11. Vovkodav V. V. (2001). Metodyka derzhavnoho sortovy-probuвання silskohospodarskykh kultur (zernovi, kru-piani ta zernobobovi) [The method of state variety testing of agricultural crops (grain, cereals and leguminous plants)]. K. 64 p. [in Ukrainian]
12. Lebid Ye. M., Tsykov V. S., Pashchenko Yu. M. ta in. (2008). Metodyka provedennia polovykh doslidiv z kukurudzoiu [Method of conducting field experiments with corn]. Dnipropetrovsk. 27 p. [in Ukrainian]
13. Palamarchuk V.D., Didur I.M., Kolisnyk O.M., Aleksieiev O.O. (2020). Aspekty suchasnoi tekhnolohii vyroshchuvannya vysokokrokhmalnoi kukurudzy v umovakh Lisostepu pravoberezhnoho: monohrafiia [Aspects of modern technology for the cultivation of high-starch corn in the forests of the Right Bank Forest Steppe: monograph]. Vinnytsia: TOV Druk. 536 p. [in Ukrainian]
14. Kaletnik H.M., Palamarchuk V.D., Honcharuk I.V., Yemchuk T.V., Telekalo N.V. (2021). Perspektyvy vyko-rystannia kukurudzy dlia enerhoeffektyvnoho ta ekolo-hobezpechnoho rozvytku silskykh terytorii: monohrafiia [Prospects for the development of corn crops for energy-efficient and environmentally friendly development of rural areas: monograph]. Vinnytsia: FOP Kushnir Yu. V. 260 p. [in Ukrainian]
15. Len O.I., Totyskyi V.M., Hanhur V.V., Yermenko L.S. (2021). Vplyv systemy udobrennia ta osnovnoho obrobittu ґрунту na produktyvnist hibrydiv kukurudzy [Injection of the fertilizer system and the main soil treatment for the productivity of corn hybrids]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii [Newsletter of the Poltava State Agrarian Academy]*. 2021. № 2. P. 52-58. doi: 10.31210/visnyk2021.02.06 [in Ukrainian]
16. Palamarchuk V.D. (2018). Vplyv pozakorenevnykh pidzhyvlen na proiav liniinykh rozmiriv roslyn kukurudzy [The infusion of rooted growth to develop the linear dimensions of corn plants]. *Naukovyi visnyk NUBiP*

REFERENCES:

- Ukrainy [Scientific newsletter of NUBaES of Ukraine]. 286. P. 231-244. [in Ukrainian]
17. Palamarchuk V.D. (2018). Vplyv pozakorenevnykh pidzhyvlen na vysotu kriplennia kachaniv u hibrydiv kukurudzy [Influx of rooted growth to the height of the mounting of pumps in corn hybrids]. *Ahrobiolohiia [Agrobiology]*. 1 (138). P. 89-98. [in Ukrainian]
 18. Palamarchuk V.D., Demchuk B.S. (2021). Rol pozakorenevnykh pidzhyvlen u suchasnykh tekhnolohiiakh vyroshchuvannia zernovoi kukurudzy [The role of root adaptations in current technologies for growing grain corn]. *Silke gospodarstvo ta lisivnytstvo [Silk State and Forestry]*. 1 (20). P. 60-76. [in Ukrainian]
 19. Palamarchuk V. D., Kolisnyk O. M. (2022). Suchasna tekhnolohiia vyroshchuvannia kukurudzy dlia enerhoefektyvnoho ta ekolohobezpechnoho rozvytku silskykh terytorii: monohrafiia [Current technology of maize cultivation for energy-efficient and environmentally friendly development of rural areas: monograph]. Vynnytsia: TOV Druk. 372 p. [in Ukrainian]
 20. Kovalenko O.A., Palamarchuk V.D., Krychkovskiy V.Y. Erbe der europäischen wissenschaft wirtschaft, management, erziehungswissenschaften, psychologie, landwirtschaft, kunstgeschichte heritage of european science economics, management, education, psychology, agriculture, art history. «Maize as a source of starch and bioethanol: conditions and cultivation elements. Monographic series «European Science». Karlsruhe 2022. Book 9. Part 2. P. 95-119. Doi: 10.30890/2709-2313.2022-09-02-010

Степаненко М.В., Грабовський М.Б. Вплив системи удобрення на лінійні розміри рослин кукурудзи

Мета досліджень: вивчити вплив підживлень макро- та мікроелементами на формування лінійних розмірів рослин на прикладі досліджуваного середньопізнного гібриду кукурудзи СИ Зефір (ФАО 430). **Методи досліджень:** лабораторний, польовий, лабораторно-польовий математично-статистичний. Оптимізація живлення рослин для поліпшення ростових процесів це фундамент майбутньої продуктивності рослин шляхом створення посівів із сприятливими лінійними розмірами рослин, це ще раз підтверджує важливість системи удобрення на шляху реалізації генетичного потенціалу гібридів кукурудзи. Дослідження впливу системи удобрення на прояв лінійних розмірів рослин проводили протягом 2021-2022 рр. в умовах Білоцерківського національного аграрного університету на чорноземних типових вилугуваних, малогумусних, грубопилувато-легкосуглинкових ґрунтах, що сформувалися на карбонатному лесі. Дослідження ефективності системи удобрення для прояву морфологічних ознак проводили на посівах середньопізнного гібриду кукурудзи СИ Зефір (ФАО 430). **Результати досліджень.** Визначення висоти рослин проводили у фазу 7-8 листків, цвітіння волотей, молочної стиглості та повної стиглості зерна. Нами встановлено, що у фазу 7-8 листків найменша висота рослин була відмічена на контрольному варіанті (без внесення добрив) і в 2021 році вона становила 50,7 см, а в 2022 році – 48,3 см, застосування азотних добрив перед сівбою у нормі 40 кг д. р./га сприяло зростанню висоти рослин в порівнянні із контролем на 4,1 та 5,1 см, на варіанті із застосуванням азотних добрив перед сівбою у нормі 40 кг д. р./га у поєднанні із внесенням мікродобрива Нутривант Плюс Кукурудза – зростання склало

на 4,4 та 5,7 см, застосування азотних добрив перед сівбою у нормі 40 кг д. р./га у поєднанні із внесенням мікродобрива Вуксал Р Мах забезпечило зростання висоти рослин на 4,3 та 5,4 см, а застосування азотних добрив перед сівбою у нормі 40 кг д. р./га у поєднанні із внесенням мікродобрива Розалік Zn, P, N, S – на 3,9 та 5,9 см, відповідно. Висота рослин у фазу цвітіння волотей зросла на 164,86-183,78 см в порівнянні із висотою рослин у фазу 7-8 листків. Використання підживлень забезпечило зростання висоти рослин на 4,0-10,4 см, в порівнянні із контрольним варіантом. У фазу молочної стиглості також відмічене зростання висоти рослин на варіантах із застосуванням макро- та мікродобрив. Найбільше значення висоти рослин відмічено у фазу повної стиглості зерна, на контрольному варіанті – 239,4 та 214,5 см, на варіанті із внесенням азотних добрив перед сівбою у нормі 40 кг д. р./га – 243,1 та 224,0 см, на варіанті із застосуванням азотних добрив перед сівбою у нормі 40 кг д. р./га у поєднанні із внесенням мікродобрива Нутривант Плюс Кукурудза – 244,1 та 225,6 см, застосування азотних добрив перед сівбою у нормі 40 кг д. р./га у поєднанні із внесенням мікродобрива Вуксал Р Мах – 244,8 та 226,6 см, а застосування азотних добрив перед сівбою у нормі 40 кг д. р./га у поєднанні із внесенням мікродобрива Розалік Zn, P, N, S – 243,7 та 225,3 см, відповідно. **Висновки.** Результатами наших досліджень встановлено, що формування архітектури посіву середньопізнного гібриду кукурудзи СИ Зефір істотно залежить від системи застосування добрив. Найкращим для формування лінійних розмірів рослин виявився варіант із застосуванням азотних добрив перед сівбою у нормі 40 кг д. р./га у поєднанні із внесенням мікродобрива Нутривант Плюс Кукурудза нормою 2 л/га у фазу молочної стиглості, в середньому за два роки досліджень – 235,4 см та у фазу повної стиглості зерна – 235,7 см.

Ключові слова: мікроелементи, удобрення, кукурудза, фаза розвитку, макроелементи, висота рослин, підживлення.

Stepanenko M.V., Grabovskyi M.B. Influence of fertilization system on linear dimensions of maize plants

The purpose of the research: to study the effect of fertilizing with macro- and microelements on the formation of linear plant sizes on the example of the studied medium-late maize hybrid SI Zephyr (FAO 430). **Research methods:** laboratory, field, laboratory and field mathematical and statistical. Optimization of plant nutrition to improve growth processes is the foundation of future plant productivity by creating crops with favorable linear plant sizes, which once again confirms the importance of the fertilizer system in the realization of the genetic potential of maize hybrids. The study of the effect of the fertilizer system on the manifestation of linear plant sizes was conducted during 2021-2022 at Bila Tserkva National Agrarian University on typical leached, low-humus, coarse-dusty light loam soils formed on carbonate loess. The effectiveness of the fertilizer system for the manifestation of morphological traits was studied on crops of the medium-late maize hybrid SI Zephyr (FAO 430). **Research results.** Plant height was determined in the phase of 7-8 leaves, flowering panicles, milk ripeness and full grain ripeness. We found that in the phase of 7-8 leaves, the lowest plant height was noted in the control variant (without fertilization) and in 2021 it was 50.7 cm, and in 2022 – 48.3 cm, the use of nitrogen fertiliz-

ers before sowing at a rate of 40 kg d.p./ha contributed to an increase in plant height compared to the control by 4.1 and 5.1 cm, in the variant with the use of nitrogen fertilizers before sowing at a rate of 40 kg d.p./ha in combination with the introduction of microfertilizer Nutri Vant Plus Corn – the growth was 4.4 and 5.7 cm, the use of nitrogen fertilizers before sowing at a rate of 40 kg d.p./ha in combination with the application of Vuksal P Max microfertilizer ensured an increase in plant height by 4.3 and 5.4 cm, and the application of nitrogen fertilizers before sowing at a rate of 40 kg d.p./ha in combination with the application of Rosalik Zn, P, N, S microfertilizer – by 3.9 and 5.9 cm, respectively. The height of plants in the flowering phase of panicles increased by 164.86-183.78 cm compared to the height of plants in the phase of 7-8 leaves. The use of fertilizers provided an increase in plant height by 4.0-10.4 cm compared to the control variant. In the phase of milk ripeness, an increase in plant height was also noted in the variants with the use of macro- and microfertilizers. The highest value of plant height was noted in the phase of full grain ripeness, in the control variant – 239.4 and 214.5 cm, in the variant with the application of nitrogen fertilizers before sowing at a rate

of 40 kg d.p./ha – 243.1 and 224.0 cm, in the variant with the application of nitrogen fertilizers before sowing at a rate of 40 kg d.p./ha in combination with the application of microfertilizer Nutrivant Plus Corn – 244.1 and 225.6 cm, the use of nitrogen fertilizers before sowing at a rate of 40 kg d.p./ha in combination with the application of Vuksal P Max microfertilizer – 244.8 and 226.6 cm, and the application of nitrogen fertilizers before sowing at a rate of 40 kg d.p./ha in combination with the application of Rosalik Zn, P, N, S microfertilizer – 243.7 and 225.3 cm, respectively. **Conclusions.** The results of our research have established that the formation of the architectonics of sowing of the medium-late maize hybrid SI Zephyr significantly depends on the fertilizer application system. The best option for the formation of linear plant sizes was the variant with the use of nitrogen fertilizers before sowing at a rate of 40 kg d.p./ha in combination with the application of microfertilizer NutriVant Plus Corn at a rate of 2 l/ha in the phase of milk ripeness, an average of 235.4 cm for two years of research and 235.7 cm in the phase of full grain ripeness.

Key words: trace elements, fertilizers, corn, developmental stage, macronutrients, plant height, fertilization.

ІНДИКАЦІЯ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ РІПАКУ ОЗИМОГО ЗА ПОКАЗНИКАМИ ІНДУКЦІЇ ФЛУОРЕСЦЕНЦІЇ ХЛОРОФІЛУ

ЦИЦЮРА Я.Г. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

orcid.org/0000-0002-9167-833X

Вінницький національний аграрний університет

ТОМЧУК О.М. – аспірант

orcid.org/0000-0003-3720-0519

Вінницький національний аграрний університет

Постановка проблеми. Озимий ріпак відноситься до стратегічних для агропромислового сектору України сільськогосподарських культур багатопільового використання. Саме багатогранність культури зумовлена застосуванням основної і похідної продукції ріпаку озимого в харчовій, хімічній, біоенергетичній галузях та зумовлює пошук оптимального поєднання урожайного потенціалу високоінтенсивних сучасних сортів і гібридів ріпаку з оптимальними показниками якості отриманої сировини за основними технологічними та фізіолого-хімічними параметрами. Для досягнення даних цілей застосовуються різні важелі інтенсивних технологій вирощування культури з яких домінуючими є система удобрення та агротехнологічні рішення у способах обробітку ґрунту та контролю шкочинних організмів в агрофітоценозах культури. З огляду на це важливим чинником регулювання як рівня урожайності культури, так і якості отриманого насіння є конструювання системи удобрення з огляду на існуючі тенденції комбінованого поєднання макро- і мікроелементів в єдиному циклі з огляду на критичні фазофази ріпаку озимого [1–3]. Не дивлячись на відносно добру опрацьованість цього питання наукової спільнотою, наявність великої кількості різноманітних технологічних схем та їх варіантів утруднює процес оперативного прийняття рішень у цьому важливому аспекті технології вирощування ріпаку озимого та вимагає дієвих механізмів оцінки рівня адаптивності та «технологічної оптимальності» системи удобрення конкретно для певних ґрунтово-кліматичних умов та виробничих потужностей відповідного сільськогосподарського підприємства. Одним із таких методів оцінки у приміненні до ряду сільськогосподарських культур є метод флуоресценції хлорофілу з оцінкою стану фотосинтетичного апарату рослин за впливу відповідної системи удобрення [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Асиміляційна поверхня рослин є результуючою індикаційною системою, яка стало реагує на будь-які заходи технологічної оптимізації умов росту і розвитку рослин. Індукція флуоресценції хлорофілу у цьому плані розглядається як системний фізіологічний індикатор результуючого характеру, який є вираженням вказаної реакції на рівні фотосистеми рослин [5–7].

Флуоресценція хлорофілу – це показник, що дозволяє досліджувати в живих об'єктах протікання фотохімічних реакцій, пов'язаних з роботою фотосистеми II (ФСII), яка є найбільш чутливою до факторів зовніш-

нього середовища. Результати досліджень інтенсивності флуоресценції хлорофілу (ІФХ) сприяють більш глибокому розумінню регуляторних механізмів, що забезпечують ефективне перетворення енергії в первинних і наступних стадіях фотосинтезу [8–9]. Графік зміни індексу флуоресценції хлорофілу від моменту початку освітлювання до досягнення стаціонарного рівня несе інформацію про зміни стан фотосинтезуючого апарату листа рослини. Ці зміни протікають за час від декількох десятків секунд до декількох хвилин, в залежності від об'єкта та умов експерименту [9]. Часова залежність інтенсивності флуоресценції хлорофілу має характерний вигляд кривої з одним чи кількома максимумами і отримала назву кривої індукції флуоресценції хлорофілу (крива Каутського). Форма цієї кривої досить чутлива до змін, які відбуваються у фотосинтетичному апараті рослин при адаптації до різних умов середовища, що стало основою широкого використання ефекту Каутського в дослідженні фотосинтезу та реакції асиміляційного апарату рослин на різні агротехнологічні чинники зокрема добрива та засоби захисту [10].

Відомо, що певні відрізки кривої індукції флуоресценції хлорофілу є індикаторами відповідних фізіологічних процесів у ланцюзі фотосинтезу. Тому порушення окремих ланок фотосинтезу, які викликані екзо- та ендогенними чинниками, проявляються у характерних змінах відповідних відрізків кривої індукції флуоресценції хлорофілу [11].

Особливості індукції флуоресценції хлорофілу залежать від стану всієї системи фотосинтезу і відображають кінетику перебігу всіх ланок біохімічного ланцюга фотосинтезу [12]. Зміни у будь-якій ланці фотосинтезу призводять до зміни вигляду кривої індукції флуоресценції хлорофілу. Тому за виглядом цієї кривої можна діагностувати поточний стан фотосинтетичного апарату рослини, оцінювати зміни ефективності фотосинтезу при змінах світлового режиму, температури, вологості, застосування добрив та рістстимулюючих препаратів [8, 11]. При цьому вказується, що вплив на цей процес варіантів застосування макро- і мікроелементів, біологічних рістстимулюючих препаратів є питанням дискусійним, оскільки визначається природою і хімізмом вказаних речовин, їх фізіологічною активністю та строками застосування [13].

Метою досліджень було дослідити можливість застосування методології флуоресценції хлорофілу для оцінки оптимальності конструювання системи удобрення ріпаку озимого.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводились у рамках вивчення оптимізації елементів технології вирощування ріпаку озимого на біоенергетичні потреби в умовах Правобережного Лісостепу України. Польові дослідження проводили впродовж 2022–2023 років на базі ТОВ «ВІН-АГРО ГРУП» відповідно до договору щодо проведення досліджень між даним підприємством і Вінницьким національним аграрним університетом у рамках виконання ініціативної тематики «Оптимізація адаптивних технологій вирощування хрестоцвітних культур в умовах Лісостепу правобережного» (№ д/р 0122U201054).

Досліди було закладено на сірих лісових ґрунтах. Агротехнологічна характеристика дослідного поля: рівний рельєф, тип ґрунту сірі лісові із такими властивостями: глибина гумусово-елювіального горизонту 30 см, колір сірий, низький вміст гумусу – 2,00% та лужногідролізованого азоту (за Корнфілдом) – 81 мг/кг ґрунту, підвищений вміст рухомого фосфору (за Мачигінім) – 171,9 мг/кг ґрунту та підвищений обмінного калію (за Чиріковим) – 129 мг/кг ґрунту. Емність катіонного обміну – 19,5 мг.-екв. на 100 г ґрунту, рН 6,3–7,0.

Погодні умови за вегетаційний період сезонів 2021/2022 та 2022/2023 року характеризувались задовільно-оптимальними режимами для ростових процесів та органогенезних перетворень рослин ріпаку озимого із певною пролонгацією міжфазних вегетаційних періодів у весняно-літній період вегетації культури та певних ефектів прискореного дозрівання за рахунок підвищеного режиму середньодобових температур у період дозрівання насіння в умовах сезону 2022/2023 року. Екстремально низькі температури відмічено у період кінця грудня– другої декади січня за рівня $-12,0^{\circ}\text{C}$ для сезону 2021/2022 року та -9 – $-11,0^{\circ}\text{C}$ для сезону 2022/2023 року.

Програмою досліджень було передбачено закладення одного багатофакторного польового дослідження якого представлена у табл. 1. Повторність у досліді чотирьохразова. Розміщення варіантів – систематичне у два яруси. Площа облікової дослідної ділянки – 50 м², загальної – 60 м².

Сівбу проводили у кінці третьої декади серпня нормою 500 тис. насінин/га з міжрядям 35 см. Після сівби застосовували коткування. У дослідженнях використано два високоінтенсивних гібриди ріпаку озимого – середньостиглий Абсолют (Limagrain) та середньоранній Домінатор (DSV).

Для захисту проти шкочинних організмів на обох сортах застосовувались наступні варіанти хімічного захисту: у фазі 2 листочки гербіцид Бутізан Авант (2,5 л/га) + через 5 днів кіллітоп (1,5 л/га) (циперметрин 50 гр/л + хлор пірифос 500 г/л) проти підгризаючих совок + інсектицид інстрайкер (0,2 л/га) у фазі 7–8 листочків + після відновлення вегетації проти комплексу хвороб та шкідників Дерозал (карбендазим 500 г/л, 1 л/га) та Еванс (0,15 л/га) + у фазу бутонізації Кларк (0,4 кг/га), Вето (0,5 л/га), Інстрайкер (0,2 л/га) + на фазу середини цвітіння проти ріпакового квіткоїда Піктор (0,4 л/га) та Біская (0,5 л/га).

Попередник у всіх варіантах досліду озима пшениця. Проводився основний обробіток ґрунту після збирання попередника, він передбачав дискування на глибину 6–8 см та оранку на глибину 23–25 см.

Передпосівний обробіток ґрунту передбачав культивування на глибину загортання насіння.

Для обліку показників індукції флуоресценції хлорофілу застосовано портативний флуорометр «Флоратест» відповідно до визначених регламентів застосування приладу [12–14] при загальній експозиції функціонального вимірювання 3 хвилини. Листові пластинки для вимірювання брались на фазу цвітіння (ВВСН 64–65) з огляду на фенологічні дати застосування варіантів удобрення у системі факторів досліду з ідентичних ярусів за висотою стебла з розрахунку 25 для кожного повторення при 4-х разовому повторенні. Вимірюванню передувала темнова адаптація листка тривалістю 10 хвилин.

В ході експериментів аналізували загальноприйняті показники кривої індексу флуоресценції хлорофілу (ІФХ, рис. 1) [8–11]: F_0 – мінімальна флуоресценція, F_{pi} – величина «плато» індукції флуоресценції, F_m – максимальна флуоресценція, F_{st} – флуоресценція в стаціонарному стані. Похідні показники кривої ІФХ представлено в таблиці 2.

Результати досліджень. Відповідно до представлених результатів (табл. 3) фотосистема рослин озимого ріпаку продемонструвала індикаційну чутливу реакцію на зміну інтенсифікації застосування фонового удобрення та технологічного поєднання рістрегулюючих препаратів та мікродобрив. При цьому, зміна структури фонового живлення очевидно вплинула позитивно на загальні темпи ростових процесів рослин ріпаку озимого та стан перезимівлі, а застосування мікродобрив позитивно відобразилось на власне їх фотосистемі з позиції таких показників як фізіологічна активність, життєздатність пластид, хлорофільний індекс що підтверджується позитивними приростами величини базових показників кривої ІФХ (F_0 , F_{pi} , F_m , F_{st}) та узгоджується з аналогічними вивченнями на різних сільськогосподарських культурах [16] в тому числі і на ріпаку [17–20].

Критерій F_0 визначає загальну активність фотосистеми листків рослин. Нижче його значення вказує на сповільненість реакційних центрів у плані ФАР збудження та швидкості імплементації передачі енергії в даних центрах [8, 9]. Зміна системи фонового удобрення у співставленні варіантів B_2 та B_1 вплинула на підвищення на 6,0% даного показника, що підтверджує позитивну дію як сірковмісних добрив, так і застосування рідких форм азотних добрив по мерзло-талому ґрунті відмічену у ряді досліджень [2, 3] Вплив застосування рістрегулюючих речовин за усереднення показника для варіантів C_1 та C_2 формування початкової флуоресценції хлорофілу (F_0) не мав істотних відмінностей. Що на нашу думку пояснюється специфічністю рістрегуляторів ретардатної природи, які визначають морфогенез органів рослини а не фізіологічну активність фотосистеми, що відмічено в дослідженнях Зузи С.Г. та ін [16]. Застосування системи позакоренових підживлень мало найвищу істотність різницевого ефекту у співставленні

Таблиця 1

Схема досліду з вивчення впливу комбінованої системи удобрення ріпаку озимого на реалізацію його урожайного потенціалу та формування показників якості насіння

Гібрид (чинник А)	Фонове удобрення (чинник В)	Застосування регуляторів росту у тому числі з комп- лексним фунгіцидним ефектом (чинник С)	Позакореневе підживлення мікродобривами (чинник D)
Абсолют (Limagrain) (A ₁) Домінатор (DSV) (A ₂)	Базовий (B ₁) (ВВСН 00: Діамофоска N-9% P-25% K-25% (100 кг/га) + Росаферт 5-10-25 (120 кг/га); ВВСН 19-20 (по мерзло- талому ґрунту): Росаферт NPK 16-14-07 (100 кг/га) + карбамід (150 кг/га) Норма внесення для варіанту – N ₁₀₀ P ₅₁ K ₆₂	Контроль (без обробки) (C ₁)	(D ₁) Без підживлення
			(D ₂) Розалік (В, Мо, S) (1 л/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га) (ВВСН 31-34))
			(D ₃) Розасоль 18-18-18+МЕ (3 кг/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га) (ВВСН 51-53))
			(D ₄) Розалік (В, Мо, S) (1 л/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га) (ВВСН 31-34)) + Розасоль 18-18-18+МЕ (3 кг/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га) (ВВСН 51-53))
	Поліпшений (B ₂) (ВВСН 00: Діамофоска N-9% P-25% K-25% (100 кг/га) + Росаферт 5-10-25+10S (120 кг/га); ВВСН 19-20 (по мерзло- талому ґрунту): Росаферт NPK 16-14-07 (100 кг/га) + КАС-32 (200 л/га) + Тіосульфат амонію (30 л/га)) Норма вне- сення для варі- анту – N ₁₀₀ P ₅₁ K ₆₂ S ₂₂	ВВСН 14-18: Регулятор Букат ((тебеконазол 500 гр/л) (0,35 л/га)); ВВСН 35-39: Карамба Турбо 0,65 л/га + Букат 0,35 л/га (C ₂)	(D ₁) Без підживлення
			(D ₂) Розалік (В, Мо, S) (1 л/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га) (ВВСН 31-34))
			(D ₃) Розасоль 18-18-18+МЕ (3 кг/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га) (ВВСН 51-53))
			(D ₄) Розалік (В, Мо, S) (1 л/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га) (ВВСН 31-34)) + Розасоль 18-18-18+МЕ (3 кг/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га) (ВВСН 51-53))
	Поліпшений (B ₂) (ВВСН 00: Діамофоска N-9% P-25% K-25% (100 кг/га) + Росаферт 5-10-25+10S (120 кг/га); ВВСН 19-20 (по мерзло- талому ґрунту): Росаферт NPK 16-14-07 (100 кг/га) + КАС-32 (200 л/га) + Тіосульфат амонію (30 л/га)) Норма вне- сення для варі- анту – N ₁₀₀ P ₅₁ K ₆₂ S ₂₂	Контроль (без обробки) (C ₁)	(D ₁) Без підживлення
			(D ₂) Розалік (В, Мо, S) (1 л/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га) (ВВСН 31-34))
			(D ₃) Розасоль 18-18-18+МЕ (3 кг/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га) (ВВСН 51-53))
			(D ₄) Розалік (В, Мо, S) (1 л/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га) (ВВСН 31-34)) + Розасоль 18-18-18+МЕ (3 кг/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га) (ВВСН 51-53))
	Поліпшений (B ₂) (ВВСН 00: Діамофоска N-9% P-25% K-25% (100 кг/га) + Росаферт 5-10-25+10S (120 кг/га); ВВСН 19-20 (по мерзло- талому ґрунту): Росаферт NPK 16-14-07 (100 кг/га) + КАС-32 (200 л/га) + Тіосульфат амонію (30 л/га)) Норма вне- сення для варі- анту – N ₁₀₀ P ₅₁ K ₆₂ S ₂₂	ВВСН 14-18: Регулятор Букат ((тебеконазол 500 гр/л) (0,5 л/га)); ВВСН 35-39: Карамба Турбо 0,65 л/га + Букат 0,35 л/га (C ₂)	(D ₁) Без підживлення
			(D ₂) Розалік (В, Мо, S) (1 л/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га) (ВВСН 31-34))
			(D ₃) Розасоль 18-18-18+МЕ (3 кг/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га) (ВВСН 51-53))
			(D ₄) Розалік (В, Мо, S) (1 л/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га) (ВВСН 31-34)) + Розасоль 18-18-18+МЕ (3 кг/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га) (ВВСН 51-53))

* – фаза розвитку озимого ріпаку за шкалою ВВСН.

значення показника F_0 для варіантів застосування мікродобрив по відношенню до контрольного варіанту. Так у послідовному ряду варіантів досліду D₂–D₃–D₄ прирости становили 2,8%, 4,4% та 5,7% відповідно.

Показник F_{pl} (флуоресценція зони «плато») є індикатором інтенсивності передачі сигналів фотосистеми по реакційних центрах (РЦ), які не передають енергію на електрон-транспортний ланцюг [9]. По своїй суті це певний рубіж сповільнення кривої ІФХ та визначає специфічну організацію власне фотосистеми рослин. Відмічається [6], що додаткове мінеральне живлення за рахунок стабілізуючої оптимізації фотосистеми та зростання концентрації хлорофілу сприяє більш високому ординатному значенні цієї точки. Такі висновки

підтверджено у наших дослідженнях у варіанті застосування позакореневих підживлень де вже згадуваний варіант приростів у ряду варіантів D₂–D₃–D₄ становив 3,9%, 6,3% та 9,8% відповідно. Відмічено і специфічний прояв формування даного показника у варіанті застосування рістрегулюючих препаратів (чинник С). При застосуванні даних препаратів (чинник С₂) з усередненням по досліді відмічено загальне зниження величини F_{pl} майже на 1%, що ще раз підтверджує специфічність дії ретардатних речовин у нашому випадку на формування фотосистеми рослин.

Динаміка формування величини показника максимальної флуорисценції F_m , який характеризує потенційну продуктивність фотосинтезу рослин мав специ-

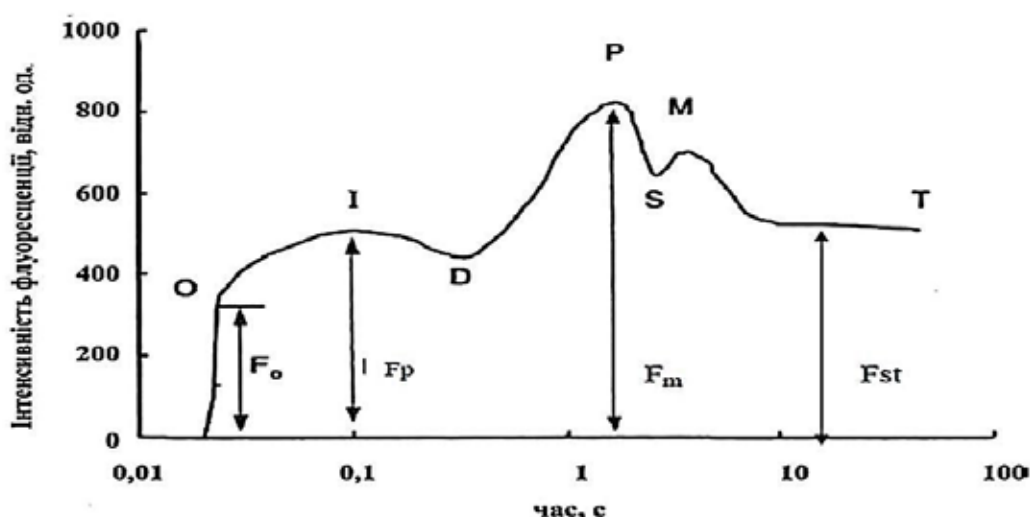


Рис. 1. Типова крива індукції флуоресценції хлорофілу Каутського і Гірша: F_0 – початкове значення індукції флуоресценції після включення опромінення; F_p (або F_{pl}) – «плато» індукції флуоресценції; F_m – максимальне значення індукції флуоресценції; F_{st} – стаціонарне значення індукції флуоресценції після світлової адаптації листка рослини [9]

Таблиця 2

Похідні індексні показники кривої ІФХ (відповідно до протоколу аналізу кривої флуоресценції хлорофілу [8–11])

Індекси кривої ІФХ	Формули для визначення
Зростання флуоресценції	$dF_{pl} = F_{pl} - F_0$
Максимальна змінна флуоресценція	$F_v = F_m - F_0$
Індекс впливу екзогенних та ендогенних факторів	$\frac{dF_{pl}}{F_v}$
Фотохімічна (квантова) ефективність (EP)	$EP = \frac{F_v}{F_m}$
Фотохімічне гасіння (Q_{ue})	$Q_{ue} = \frac{F_0}{F_v}$
Водний потенціал листка (L_{wp})	$L_{wp} = \frac{F_m}{F_0}$
Індекс життєздатності рослин (RF_d)	$RF_d = \frac{F_m - F_{st}}{F_{st}}$
Індикатор ендогенних (стресових) факторів (K_{ef})	$K_{ef} = \frac{F_{st}}{F_m}$
Величина фотохімічного гасіння флуоресценції (QP)	$QP = \frac{F_m - F_{st}}{F_m - F_0}$
Індекс ефективності первинних реакцій фотосинтезу (K_{prp})	$K_{prp} = \frac{F_v}{F_0}$
Коефіцієнт згасання флуоресценції (K_{fd})	$K_{fd} = \frac{F_m}{F_{st}}$
Відносна зміна флуоресценції в момент часу t (V_t)	$V_t = \frac{F_{st} - F_0}{F_m - F_0}$

Таблиця 3

Показники кривої ІФХ залежно від варіантів удобрення ріпаку озимого на фазу цвітіння (ВВСН 64–65) (середнє за 2022–2023 рр. у відносних одиницях еталона флуоресценції)**

Фонове удобрення (В)*	Регулятор росту (С)	Варіант підживлення (D)	F_0	F_{pl}	F_m	F_{st}	dF_{pl}	F_v	dF_{pl}/F_v	EP
B ₁	C ₁	D ₁	430	484	1649	520	54	1219	0,044	0,739
		D ₂	441	502	1791	561	61	1350	0,045	0,754
		D ₃	449	520	1864	569	71	1415	0,050	0,759
		D ₄	451	538	1898	587	87	1447	0,060	0,762
	C ₂	D ₁	438	477	1727	529	39	1289	0,030	0,746
		D ₂	440	487	1788	540	47	1348	0,035	0,754
		D ₃	445	495	1927	560	50	1482	0,034	0,769
		D ₄	451	505	1981	574	54	1530	0,035	0,772
B ₂	C ₁	D ₁	442	459	1837	529	17	1395	0,012	0,759
		D ₂	467	488	1979	560	21	1512	0,014	0,764
		D ₃	477	501	2093	589	24	1616	0,015	0,772
		D ₄	486	529	2178	608	43	1692	0,025	0,777
	C ₂	D ₁	459	487	1958	563	28	1499	0,019	0,766
		D ₂	471	505	2022	579	34	1551	0,022	0,767
		D ₃	475	512	2155	594	37	1680	0,022	0,780
		D ₄	481	521	2289	619	40	1808	0,022	0,790
B	C	D	L_{wp}	Q_{ue}	RF_d	K_{ef}	QP	K_{prp}	K_{fd}	V_t
B ₁	C ₁	D ₁	3,83	0,353	2,171	0,315	0,926	2,835	3,171	0,074
		D ₂	4,06	0,327	2,193	0,313	0,911	3,061	3,193	0,089
		D ₃	4,15	0,317	2,276	0,305	0,915	3,151	3,276	0,085
		D ₄	4,21	0,312	2,233	0,309	0,906	3,208	3,233	0,094
	C ₂	D ₁	3,94	0,340	2,265	0,306	0,929	2,943	3,265	0,071
		D ₂	4,06	0,326	2,311	0,302	0,926	3,064	3,311	0,074
		D ₃	4,33	0,300	2,441	0,291	0,922	3,330	3,441	0,078
		D ₄	4,39	0,295	2,451	0,290	0,920	3,392	3,451	0,080
B ₂	C ₁	D ₁	4,16	0,317	2,473	0,288	0,938	3,156	3,473	0,062
		D ₂	4,24	0,309	2,534	0,283	0,938	3,238	3,534	0,062
		D ₃	4,39	0,295	2,553	0,281	0,931	3,388	3,553	0,069
		D ₄	4,48	0,287	2,582	0,279	0,928	3,481	3,582	0,072
	C ₂	D ₁	4,27	0,306	2,478	0,288	0,931	3,266	3,478	0,069
		D ₂	4,29	0,304	2,492	0,286	0,930	3,293	3,492	0,070
		D ₃	4,54	0,283	2,628	0,276	0,929	3,537	3,628	0,071
		D ₄	4,76	0,266	2,698	0,270	0,924	3,759	3,698	0,076
HIP ₀₅	F ₀	A 4,40; B 3,39; C 3,39; D 5,25; AB 6,68; AC 6,68; AD 9,90; BC 5,25; BD 7,88; CD 7,88; ABC 9,90; ABD 14,46; ACD 14,46; BCD 11,61; ABCD 20,91								
	F _{pl}	A 4,76; B 3,68; C 3,68; D 5,66; AB 7,18; AC 7,18; AD 10,62; BC 5,66; BD 8,47; CD 8,47; ABC 10,62; ABD 15,47; ACD 15,47; BCD 12,43; ABCD 22,33								
	F _m	A 16,57; B 13,32; C 13,32; D 19,30; AB 23,88; AC 23,88; AD 34,23; BC 19,30; BD 27,75; CD 27,75; ABC 34,23; ABD 48,87; ACD 48,87; BCD 39,70; ABCD 69,56								
	F _{st}	A 3,00; B 2,24; C 2,24; D 3,63; AB 4,69; AC 4,69; AD 7,09; BC 3,63; BD 5,59; CD 5,59; ABC 7,09; ABD 10,48; ACD 10,48; BCD 8,36; ABCD 15,28								

* – річні умови у системі багатofакторного дисперсійного аналізу використано як додатковий чинник;

** – за системної подібності отриманих результатів у статті наведено показники для сорту Абсолют.

фічну динаміку змін у межах варіантів досліджу. Значення F_m позитивно корелює із загальною ефективністю фотосистеми рослин при передачі збуджуючого сигналу у донорно-акцепторній фізіологічній схемі фотосистеми

листка рослин [9]. Відмічено позитивні прирости показника на 12,9% за інтенсифікації та оптимізації фонового мінерального живлення (чинник B₂) на 3,6% при застосуванні рістрегулюючих речовин, та послідовного макси-

мального приросту на 16,4% у варіанті максимального комбінованого поєднання всіх варіантів.

Підтверджуються вище зроблені висновки і результати оцінки ще одного базового критерію кривої ІФХ – F_{st} . Ступінь зниження рівня флуоресценції хлорофілу від максимального (F_m) до стаціонарного (F_{st}) часто використовують як інтегральний показник активності фотосинтетичного апарату рослин [4, 5, 13]. Зростання цього показника вказує на гальмування відтоку відновлених фотопродуктів від реакційних центрів внаслідок несприятливих факторів середовища [7]. За нашими оцінками формування даного показника було близьким до показника F_0 , що ми пояснюємо особливістю його формування, що визначається умовами взаємодії фізіологічних аспектів фотосистеми обумовлених генетичною природою у взаємодії із абіотичними чинниками довкілля, відмічену у ряді досліджень [7, 11, 12]. Так, максимальне значення F_{st} зафіксовано у варіанті максимального поєднання варіантів оптимізації удобрення ($B_2-C_2-D_4$) 619 відносних одиниць еталона флуоресценції з приростом до варіанту мінімальної інтенсифікації ($B_1-C_1-D_1$) 11,5%.

Вагому інформативність щодо ефективності вивчаємих варіантів удобрення засвідчили і похідні показники кривої ІФХ на підставі базових показників представлені у таблиці 3. Так показник F_v , який визначає амплітуду переходу від початку кривої ІФХ до її максимального значення (F_m) та визначає швидкість реакції реакційних центрів фотосистеми на фотосинтезуюче збудження [13] продемонстрував послідовне динамічне зростання у межах 15,1% у співсталенні варіантів B_2 і B_1 , 4,6% у співставленні варіантів C_2 і C_1 та 19,9% у співставленні варіантів D_1 та D_4 .

Показник L_{wp} , який характеризує водний потенціал листка та визначає стійкість асиміляційного апарату рослин до атмосферної посухи та низьких значень відносної вологості повітря [7] мав динамічний стабільний ріст у розрізі варіантів досліді у таких значеннях для пар співставлення B_2 і B_1 – 6,6%, C_2 і C_1 – 3,2%, D_1 і D_4 – 10,1%.

Показник RF_d , який визначає рівень життєздатності агроценозу за певного технологічного його конструювання [16, 17] істотно підвищувався за послідовного додавання заходів оптимізації живлення ріпаку озимого та мав максимальне значення на рівні 2,698 умовних одиниць флуоресценції на варіанті з комплексним застосуванням всіх факторів такої оптимізації з приростом до контролю за їх повної відсутності у значенні 24,3%. При цьому за рахунок зниження темпів квантового гасіння індукції флуоресценції хлорофілу (показник Q_{ue}) (зниження в інтервалі 4–12%), зниження на 1–3% рівня квантового виходу енергії (показник Q_P) згідно із рядом досліджень [8, 9] – загальна тривалість зміни флуоресценції для варіантів із поєднанням варіантів досліді $B_2-C_2-D_4$ має істотно менші значення, що характеризує стан фотосистеми як реакційно більш ефективний, ніж у варіанті без застосування факторів оптимізації удобрення.

За значенням критеріїв L_{wp} , RF_d , K_{prp} та K_{fd} , які визначають наявність абіотичного тиску на асиміляційний

апарат рослин [4, 6, 11, 13], якісна оптимізація фонових удобрення на фоні застосування рістрегулюючих речовин фунгіцидної природи та комбінованого застосування мікродобрив у критичні фази росту і розвитку озимого ріпаку забезпечує загальне зниження стресовості стану рослин та підвищення їх віталітету в агроценозі.

Висновки. Таким чином, результати наших досліджень засвідчили, що за базовими показниками кривої ІФХ (F_0 , F_{pl} , F_m , F_{st}), фотосистема рослин ріпаку озимого чутливо реагує на оптимізацію їх живлення, що дозволяє використати показник індукції флуоресценції хлорофілу для оцінки системи удобрення ріпаку озимого. При цьому максимальні базові показники кривої ІФХ (F_0 , F_{pl} , F_m , F_{st}) та оптимізовані похідні показники розраховані на їх основі відмічено у варіанті що передбачає поліпшену систему фонових удобрення (варіант B_2), застосування рістрегулюючих препаратів із фунгіцидним ефектом (варіант C_2) та використання системи позако-рених підживлень за технологічним змістом варіанту D_4 досліді.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Yang M., Shi L., Xu F. S., Lu J. W., Wang Y. H. Effects of B, Mo, Zn, and their interactions on seed yield of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Pedosphere*. 2009. Vol. 19. P. 53–59.
2. Shoja T., Majidian M., Rabiee M. Effects of zinc, boron and sulfur on grain yield, activity of some antioxidant enzymes and fatty acid composition of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Acta agriculturae Slovenica*. 2018. Vol. 111. № 1. P. 73–84.
3. Мазур В. А., Мацера О. О. Аналіз зміни якісних показників насіння озимого ріпаку залежно від строків посіву та системи удобрення. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 4 (12). С. 5–17.
4. Брайон О. В., Корнєєв Д. Ю., Снегур О. О., Китаєв О. І. Інструментальне вивчення фотосинтетичного апарату за допомогою індукції флуоресценції хлорофілу: Методичні вказівки для студентів біологічного факультету. Київ: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2000. 15 с.
5. Strasser R. J., Srivastava A., Tsimilli-Michael M. The fluorescence ramping tool to characterize and screen photosynthetic samples. In: *Probing Photosynthesis: Mechanism, Regulation & Adaptation*. Ed. Mohanty, Yunusand Parthre. London: «Taylor & Francis», 1998. P. 1–59.
6. Патика М. В., Груша В. В., Гордієнко Т. І. Моніторинг ростових процесів рослин в агрофітоценозах експрес-методом індукції флуоресценції хлорофілу. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2014. Вип. 3. С. 49–55.
7. Годлевська О. О., Залоїло І. А., Кожем'яко Я. В., Посудін Ю. І. Застосування портативного флуориметра для оцінювання резистентності рослин до біотичних факторів. *Науковий вісник НУБіП України*. 2011. Вип. 161. С. 217–225.
8. Kalaji H. M., Schansker G., Brestic M., Bussotti F., Calatayud A., Ferroni L., Shelonzek H. Frequently asked questions about chlorophyll fluorescence, the sequel. *Photosynthesis Research*. 2016. Vol. 132. Is. 1. P. 13–66.

9. Brestic M., Zivcak M. PSII fluorescence techniques for measurement of drought and high temperature stress signal in plants: protocols and applications. In: Rout G. R., Das A. B. (eds.) *Molecular stress physiology of plants*. Springer Dordrecht, 2013. P. 87–131.
10. Murchie E. H., Lawson T. Chlorophyll fluorescence analysis: A guide to good practice and understanding some new applications. *Journal of Experimental Botany*. 2013. Vol. 64. P. 3983–3998.
11. Ковирьова О. В. Методи обробки вимірів кривих індукції флуоресценції хлорофілу. *Комп'ютерні засоби, мережі та системи*. 2014. № 13. С. 117–124.
12. Сарахан Є. В. Особливості практичного застосування портативних біосенсорних приладів сімейства «Флоратест». *Комп'ютерні засоби, мережі та системи*. 2011. № 10. С. 94–103.
13. Moustakas M., Calatayud A., Guidi L. Chlorophyll fluorescence imaging analysis in biotic and abiotic stress. *Frontiers in Plant Science*. 2021. Vol. 12. e 658500.
14. Романов В. О., Артеменко Д. М., Брайко Ю. О. Сімейство портативних приладів «Флоратест»: підготовка до серійного виробництва. *Комп'ютерні засоби, мережі та системи*. 2011. № 10. С. 85–93.
15. Портативний флуорометр «Флоратест» (настанова з експлуатації). Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України. 2011. 27 с.
16. Зуза С. Г., Погромська Я. А., Зуза В. О. Застосування методу індукції флуоресценції хлорофілу при вивченні впливу некореневого підживлення кукурудзи карбамідом. *Вісник Донецького Національного Університету. Сер. А: Природничі науки*. 2010. № 2. С. 238–243.
17. Савчук Ю. М., Антоненко О. Ф. Зміна індукції флуоресценції хлорофілу у рослин ріпаку озимого залежно від мікродобрив. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2016. № 5. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2016_5_14
18. Wang C., Yang J., Chen W. Contribution of the leaf and silique photosynthesis to the seeds yield and quality of oilseed rape (*Brassica napus* L.) in reproductive stage. *Science Reports*. 2023. Vol. 13. e 4721.
19. Pużyńska K., Kulig B., Halecki W. Response of oilseed rape leaves to sulfur and boron foliar application. *Acta Physiologia Plant*. 2018. Vol. 40. E 169.
20. Magney T. S., Barnes M. L., Yang X. On the covariation of chlorophyll fluorescence and photosynthesis across scales. *Geophysical Research Letters*. 2020. Vol. 47. e 2020GL091098.
- [Analysis of changes in quality parameters of winter rape seeds depending on sowing time and fertilizer system]. *Silke gospodarstvo ta lisivnytstvo*. № 4 (12). S. 5–17. [in Ukrainian]
4. Braion, O. V., Kornieiev, D. Iu., Sniehur, O. O., Kytaiev, O. I. (2000). Instrumentalne vuvchennia fotosyntetichnoho aparatu zadopomohoiu induksii fluorestsentsi i khlorofilu: Metodychni vkazivky dlia studentiv biolohichnoho fakultetu [Instrumental study photosynthetic apparatus using chlorophyll fluorescence induction Guidance for students of biological faculty]. Kyiv, Ukraine: Publishing and printing center «Kyiv University», 15. [in Ukrainian]
5. Strasser, R. J., Srivastava, A., Tsimilli-Michael, M. (1998). The fluorescence transient as a tool to characterize and screen photosynthetic samples. London: «Taylor & Francis».
6. Patyka, M. V. Hrusha, V. V., Hordiienko, T. I. (2014). Monitoryng rostovykh protsesiv roslyn v ahrofitotsenozakh ekspres-metodom induksii fluorestsentsii khlorofilu [Monitoring of plant growth processes in agrophytocenoses by express method of chlorophyll fluorescence induction]. Zbirnyk naukovykh prats NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN». 2014. Vyp. 3. S. 49–55. [in Ukrainian]
7. Hodlevska, O. O., Zaloilo, I. A., Kozhemiako, Ya. V., Posudin, Yu. I. (2011). Zastosuvannia portatyvnoho fluorimetra dlia otsiniuvannia rezystentnosti roslyn do biotichnykh faktoriv [Application of a portable fluorometer for assessing plant resistance to biotic factors]. *Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy*. Vyp. 161. S. 217–225. [in Ukrainian]
8. Kalaji, H. M., Schansker, G., Brestic, M., Bussotti, F., Calatayud, A., Ferroni, L., Shelonzek H. (2016). Frequently asked questions about chlorophyll fluorescence, the sequel. *Photosynthesis Research*. Vol. 132. Is. 1. P. 13–66.
9. Brestic, M., Zivcak, M. (2013). PSII fluorescence techniques for measurement of drought and high temperature stress signal in plants: protocols and applications. In: Rout G. R., Das A. B. (eds.) *Molecular stress physiology of plants*. Springer Dordrecht. P. 87–131.
10. Murchie, E. H., Lawson, T. (2013). Chlorophyll fluorescence analysis: A guide to good practice and understanding some new applications. *Journal of Experimental Botany*. Vol. 64. P. 3983–3998.
11. Kovyrova, O. V. (2014). Metody obrobky vymiriv kryvykh induksii fluorestsentsii khlorofilu [Methods for processing measurements of chlorophyll fluorescence induction curves]. *Kompiuterni zasoby, merezhi ta systemy*. № 13. S. 117–124. [in Ukrainian]
12. Sarakhan Ie. V. (2011). Osoblyvosti praktychnoho zastosuvannia portatyvnykh biosensornykh pryladiv simeistva «floratest» [Features practical application of a portable biosensor device family «Floratest»]. *Computer means, net works and systems*. № 10. S. 94–103. [in Ukrainian]
13. Moustakas, M., Calatayud, A., Guidi, L. (2021). Chlorophyll fluorescence imaging analysis in biotic and abiotic stress. *Frontiers in Plant Science*. Vol. 12. e 658500.
14. Romanov V. O., Artemenko D. M., Braiko Yu. O. (2011). Simeistvo portatyvnykh pryladiv «Floratest»: pidhotovka do seriinoho vyrobnytstva [Family of portable devices «Floratest»: preparation for mass pro-

REFERENCES:

1. Yang, M., Shi, L., Xu, F. S., Lu, J. W., Wang, Y. H. (2009). Effects of B, Mo, Zn, and their interactions on seed yield of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Pedosphere*. Vol. 19. P. 53–59.
2. Shoja, T., Majidian, M., Rabiee, M. (2018). Effects of zinc, boron and sulfur on grain yield, activity of some antioxidant enzymes and fatty acid composition of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Acta agriculturae Slovenica*. Vol. 111. № 1. P. 73–84.
3. Mazur, V. A., Matsera, O. O. (2019). Analiz zminy yakisnykh pokaznykiv nasinnia ozymoho ripaku zalezno vid strokiv posivu ta systemy udobrennia

- duction]. Kompiuterni zasoby, merezhi ta systemy. № 10. S. 85–93. [in Ukrainian]
15. Portatynnyi fluorometr «Floratest» (nastanova z ekspluatatsii) [Portable fluorometer «Floratest» (instruction manual)]. (2011). Instytut kibernetiky imeni V. M. Hlushkova NAN Ukrainy. 27 s. [in Ukrainian]
 16. Zuza, S. H., Pohromska, Ia. A., Zuza, V. O. (2010). Zastosuvannia metodu induktsii fluorestsentsii khlorofilu pry vuvchenni vplyvu nekorenevoho pidzhyvlennia kukurudzky karbamidom [Application of chlorophyll fluorescence induction at studying the effect of foliar feeding cornurea]. Bulletin of Donetsk National University. Series A: Natural Sciences. № 2, S. 238–243. [in Ukrainian]
 17. Savchuk, Yu. M., Antonenko, O. F. (2016). Zmina induktsii fluorestsentsii khlorofilu u roslyn ripaku ozymoho zalezno vid mikrodbryv [Changes in chlorophyll fluorescence induction in winter rape plants depending on microfertilizers]. Naukovi dopovidi Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. № 5. Rezhym dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2016_5_14 [in Ukrainian]
 18. Wang, C., Yang, J., Chen, W. (2023). Contribution of the leaf and silique photosynthesis to the seeds yield and quality of oilseed rape (*Brassica napus* L.) in reproductive stage. Science Reports. Vol. 13. e 4721.
 19. Pużyńska K., Kulig B., Halecki W. (2018). Response of oilseed rape leaves to sulfur and boron foliar application. Acta Physiology Plant. Vol. 40. E 169.
 20. Magney, T. S., Barnes, M. L., Yang, X. (2020). On the covariation of chlorophyll fluorescence and photosynthesis across scales. Geophysical Research Letters. Vol. 47. e 2020GL091098.

Цицюра Я.Г., Томчук О.М. Індикація системи живлення ріпаку озимого за показниками індукції флуоресценції хлорофілу

Метою досліджень було дослідити можливість та ефективність застосування методу індукції флуоресценції хлорофілу для оцінки ефективності застосування різних варіантів системи удобрення ріпаку озимого.

Методи. Дослідження було проведено впродовж 2022–2023 років на базі ТОВ «ВІН-АГРО ГРУП» на сірих лісових ґрунтах з середнім потенціалом родючості. Повторність у досліді чотирихразова. Розміщення варіантів – систематичне у два яруси. Дослід передбачав вивчення таких факторів: В – варіант фоновісного удобрення; С – застосування по вегетації рістрегулюючих речовин з фунгіцидним ефектом; D – позакореневі підживлення.

Результати. Встановлено позитивне зростання базових показників кривої ІФХ F_0 , F_{pl} , F_m , F_{st} на оптимізуючі заходи технологічного конструювання системи удобрення ріпаку озимого у значенні приростів у співставленні мінімального (варіант $B_1-C_1-D_1$) та максимального поєднання факторів інтенсифікації (варіант $B_2-C_2-D_4$) 11,8%, 7,6%, 38,8% та 19,0% відповідно. Це у свою чергу забезпечило формування асиміляційного апарату рослин, який за такими показниками як величина водного

потенціалу (L_{wp}), індексом життєздатності рослин (RF_d), індексом ефективності первинних реакцій фотосинтезу (K_{prp}) та коефіцієнтом згасання флуоресценції (K_{fd}) показав істотно менший рівень абіотичної стресовості, вищі функціональні показники фотоасиміляції, що позитивно відобразиться на ростових та продуктивноформуючих процесах рослин ріпаку озимого.

Висновки. Максимальні базові показники кривої ІФХ (F_0 , F_{pl} , F_m , F_{st}) та оптимізовані похідні показники розраховані на їх основі відмічено у варіанті за поліпшеної системи фоновісного удобрення (варіант B_2) при застосуванні рістрегулюючих препаратів із фунгіцидним ефектом (варіант C_2) та використання позакореневих підживлень (варіант D_4).

Ключові слова: система удобрення, індекс флуоресценції хлорофілу, рістрегулюючі препарати, мікродобрива, позакореневі підживлення.

Tsytsyura Ya.G., Tomchuk O.M. Indication of winter rape nutrition system by chlorophyll fluorescence induction

The aim of the research was to investigate the possibility and effectiveness of using the method of chlorophyll fluorescence induction to assess the effectiveness of different variants of winter rape fertilization system.

Methods. The study was conducted during 2022–2023 on the basis of «VIN-AGRO GROUP» LLC on gray forest soils with medium fertility potential. The experiment was replicated four times. The placement of the variants was systematic in two tiers. The experiment involved the study of the following factors: B – variant of background fertilization; C – application of growth-regulating substances with fungicidal effect during the growing season; D – foliar fertilization.

Results. A positive increase in the basic indicators of the FFH curve F_0 , F_{pl} , F_m , F_{st} for optimizing measures of technological design of the winter rape fertilization system in the value of increases in comparison of the minimum (variant $B_1-C_1-D_1$) and maximum combination of intensification factors (variant $B_2-C_2-D_4$) of 11.8%, 7.6%, 38.8% and 19.0%, respectively, was established. This, in turn, ensured the formation of the assimilation apparatus of plants, which, according to such indicators as the value of water potential (L_{wp}), plant viability index (RF_d) index of efficiency of primary reactions of photosynthesis (K_{prp}) and fluorescence decay coefficient (K_{fd}) showed a significantly lower level of abiotic stress, higher functional parameters of photoassimilation, which positively affects the growth and productive processes of winter rape plants.

Conclusions. The maximum basic indicators of the IFH curve (F_0 , F_{pl} , F_m , F_{st}) and optimized derivative indicators calculated on their basis were observed in the variant with an improved background fertilization system (variant B_2) when using growth-regulating preparations with fungicidal effect (variant C_2) and the use of foliar fertilization (variant D_4).

Key words: fertilization system, chlorophyll fluorescence index, growth regulating agents, microfertilizers, foliar fertilization.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ БІОПРЕПАРАТІВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ СОНЯШНИКУ КОНДИТЕРСЬКОГО В УМОВАХ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

ЮРКЕВИЧ Є.О. – доктор сільськогосподарських наук, професор
orcid.org/0000-0002-8868-5256

Одеський державний аграрний університет

ВАЛЕНТЮК Н.О. – кандидат технічних наук

orcid.org/0000-0003-4763-3019

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

ПЕТРЕНКО С.О. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

orcid.org/0000-0002-1334-6313

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

РОДІОНОВ А.В. – аспірант

orcid.org/0009-0003-3229-1690

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

ГРАБОВЕЦЬКА О.А. – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник

orcid.org/0000-0002-0010-3320

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Сьогодні на тлі суттєвих змін, які відбуваються в природних екосистемах України, що стали наслідком впливу багатьох факторів (антропогенний вплив на природне середовище, зміни клімату, а зараз ще й бойові дії на території країни) спостерігається тенденція до зміни пріоритетів в культурі землеробства, оскільки надмірне техногенне навантаження призвело до значного посилення ерозійних процесів на ґрунтах, погіршення водного і поживного режимів, а також головних показників родючості найкращих чорноземних ґрунтів. Цьому сприяло ще й масове порушення сівозмін, завдяки значному збільшенню посівних площ під соняшником (в деяких випадках майже до 40%). У зв'язку із такою складною ситуацією з метою формування врожаю високої якості виникає гостра потреба в оптимізації живлення сільськогосподарських культур, яка передбачає забезпечення рослин на всіх етапах їх росту і розвитку як макроелементами (азотом, фосфором, калієм), так і мікроелементами, що використовуються в значно меншій кількості, проте відіграють дуже важливу роль у життєдіяльності рослин та ефективності споживання макроелементів.

Враховуючи вищезазначене, а також значне дорожчання мінеральних добрив, засобів захисту рослин від шкідливих організмів, постає необхідність зменшення їх використання на посівах соняшнику, і спонукає аграріїв і науковців до пошуку, вивчення і застосування у виробництві продукції рослинництва альтернативних джерел надходження поживних речовин. Одним із перспективних напрямків забезпечення оптимального живлення рослин є використання менш шкідливих для довкілля біологічних препаратів, що дозволяють не тільки оптимізувати ресурсозберігаючі технології вирощування, але й ще повніше використовувати природний потенціал цієї олійної культури.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На даний час соняшник є однією з провідних технічних культур, яка має значну рентабельність. Протягом останніх десятиріччь Україна спромоглася стати світовим лідером з виробництва насіння соняшнику, а також соняшникової олії. В нашій країні вирощується майже 32% всього світового обсягу насіння соняшнику (в середньому 13,3 млн. т); соняшникової олії виробляється близько 4,66 млн. т. Понад 90% рослинних жирів в Україні отримують саме з насіння соняшнику [1].

Як зазначається у дослідженнях проведених Agravery.com [2], за останні майже 30 років відбулося зміщення поясу виробництва соняшнику в Україні з Центрального та Південного регіону у бік Західного та Північного. Так, на Волині, Івано-Франківщині та Тернопільщині в 90-х роках минулого століття соняшник взагалі не вирощували. Як свідчать дані статистики половина площ під соняшником зосереджена в Центральній Україні.

Соняшник, завдяки своєму хімічному складу насіння, за господарським значенням займає одно з провідних місць в аграрній сфері економіки, харчової промисловості та споживанні населення, вважається однією з найпопулярніших олійних культур не тільки України а й інших країн. Ця культура не поступається іншим важливим та розповсюдженим культурам, таким як пшениця, кукурудза, соя тощо [3, 4].

Значення соняшнику в забезпеченні продовольчої безпеки держави, як одного з найважливіших експортних компонентів важко переоцінити. Соняшник є цінною сировиною для харчової промисловості і галузі кормовиробництва і дає можливість отримати продукти, які мають важливе значення для забезпечення і розвитку продовольчої бази України: в першу чергу це – рослинна олія, що має широкий спектр використання і завдяки своїй поживності не поступається жирам тварин-

ного походження; по-друге, макуха (шрот), яка з успіхом використовується в тваринництві, птахівництві, рибництві тощо і є дуже цінним інгредієнтом при виробництві комбікормів і збалансування їх за протеїном і амінокислотами [2-5].

Сьогодні соняшник став однією з провідних культур, яким надають перевагу виробники сільськогосподарської продукції завдяки досить високій рентабельності виробництва та значному попиту на внутрішньому та зовнішньому ринках України. Що призвело до підвищення насиченості соняшником сівозмін. Не зважаючи на всю привабливість соняшнику існує ряд проблем при його вирощуванні, основною з яких є боротьба в польових умовах з бур'янами. Основною проблемою при вирощуванні соняшнику є заселення посівів культури паразитом вовчок (*Orobancha*) [1, 4, 6].

На даний час розроблено і активно впроваджуються у виробництво такі технології вирощування соняшнику [1, 6-8]:

- традиційна технологія вирощування;
- технологія ExpressSun®;
- технологія CLEARFIELD®.

В залежності від обраної технології обирають той чи інший гібрид насіння соняшнику [9-13].

На сьогодні, не зважаючи на існуючі складнощі, пов'язані з веденням бойових дій на території нашої країни, на вітчизняний ринок поставляється досить великий асортимент біопрепаратів, серед яких значною популярністю у виробників соняшнику користується біопрепарати Groundfix, Фітоцид-р, ФітоХелп та ін. [9].

За даними виробника, препарат Groundfix було розроблено на основі бактерій, що здатні мобілізувати фосфор і калій з нерозчинних сполук, а також можуть фіксувати азот, що значно підвищує ефективність використання мінеральних добрив. До складу цього препарату входять фосфор- та каліймобілізуючі, азотфіксуючі, силікатруйнуючі бактерії, а також вітаміни, амінокислоти та інші речовини і корисна мікрофлора.

Біологічний препарат Groundfix сприяє покращенню родючості ґрунту і може застосовуватись не тільки при виробництві соняшнику, а й на всіх вирощуваних культурах. Використання його на посівах соняшнику дозволяє зменшити внесення мінеральних добрив від загальної норми на 30–50%. Крім того, за даними деяких досліджень, застосування максимальної норми препарату на високому агрофоні може дати змогу взагалі відмови-

тися від застосування комплексних добрив та припосівного удобрення.

Використання біопрепаратів для обробки насіння соняшнику не вимагає значних витрат у порівнянні із обробкою рослин і при цьому дозволяє забезпечити фунгіцидну дію, підвищення врожайності і забезпечує належну якість продукції [14-25].

Мета статті. Основною метою проведення досліджень було встановити вплив біопрепаратів на продуктивність соняшнику і науково обґрунтувати їх дозування за різних способів внесення в умовах Південного Степу України. А саме, проведено вивчення впливу біодобрива GROUNDFIX (фосфор-калій мобілізатора), за умов різного способу внесення.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводились на базі фермерського господарства «У Самвела», що знаходиться в Одеській області, Біляївського району. Територія науково-дослідного господарства розташована в південній частині Причорноморської низини в Ізмаїльсько-Одеському агроґрунтовому районі південної степової агрокліматичної зони України.

Територіальне розташування науково-дослідного господарства ФГ «У Самвела», в якому закладено досліді, забезпечується центральним, дуже теплим, недостатньо зволженим агрокліматичним районом Одеської області. Даний район характеризується досить високою теплозабезпеченістю рослин (табл. 1).

Важливим показником, що чинить значний вплив на рух в ґрунті води і поживних речовин, на інтенсивність перебігу мікробіологічних процесів, а також безпосередньо відображається на рості і розвитку рослин є температура ґрунту. Температура ґрунту в період вегетації соняшнику на території дослідної ділянки була сприятливою для нормального розвитку рослин і відповідала параметрам вимог біологічних особливостей рослин, а також нормальної життєдіяльності ґрунтової мікрофлори.

Спостереження за умовами вологозабезпечення регіону свідчать про те, що найбільша кількість опадів випадає у червні – липні, але варто зазначити, що зазвичай ці опади носять зливовий характер, що призводить до значного зниження їх господарської цінності і ступеню використання води рослинами. В даному регіоні також спостерігається підвищення вмісту водяної пари в повітрі (65-80%) протягом зимових, ранньо-

Таблиця 1

Характеристика біотермічного потенціалу регіону

Показник	Середні багаторічні значення
Сума температур більше 10°C	3200–3400 °C
Багаторічна середньорічна температура повітря	+9,4 °C
Періодз найбільш високими температурами	з травня по вересень
Максимальна середньодобова температура повітря	21,9 °C
Річний максимум температури повітря	37 °C
Кількість днів з високими середньодобовими температурами 25,1-30 °C в році	8
з температурою 20,1-25,0 °C	61
Тривалість безморозного періоду, днів	200

весняних та пізньоосінніх місяців та зниження до критичних параметрів у літні місяці до 30 днів із відносною вологістю повітря менше 30%. Особливо негативних наслідків набуває цей факт під час цвітіння та формування насіння рослин соняшнику.

Схемою досліду було передбачено такі варіанти внесення біопрепарату:

1. Контроль (без внесення препарату).
2. GROUNDFIX із розрахунку 5 л/га під передпосівну культивуацію.
3. GROUNDFIX із розрахунку 5 л/га одночасно з ґрунтовим гербіцидом.
4. GROUNDFIX із розрахунку 0,75 л/га з внесенням в рядок.

Варіанти досліду розміщені у 3-х повтореннях систематичним методом.

Площа під дослідом – 3,5 га, загальна площа ділянки в досліді – 1500 м², облікова – 200 м².

Попередник – озима пшениця по ріпаку озимому. Висівали районований гібрид соняшнику кондитерського Гудвін.

В процесі виконання роботи застосовували загальнонаукові та спеціальні методи досліджень:

- 1) польовий метод – визначення взаємодії об'єкта з біотичними та абіотичними факторами в умовах досліджуваної зони;
- 2) вимірювально-ваговий метод – визначення біометричних параметрів росту і розвитку рослини і формування врожаю;
- 3) методи варіаційної статистики: кореляційний, регресійний, дисперсійний, за допомогою яких робили визначення вірогідності одержаних результатів, виявлення характеру варіювання та залежності між досліджуваними показниками та ознаками;
- 4) порівняльно-розрахунковий метод – визначення економічної та енергетичної ефективності агрозаходів посівного комплексу.

Результати досліджень. Негативний вплив, який здійснюють бур'яни на розвиток сільськогосподарських культур відомий з давніх часів. Конкуруючи в посівах з культурними рослинами за сонячне світло, поживні речовини та доступну вологу, бур'яни і смітні рослини здатні нанести значної шкоди перешкоджаючи формуванню врожайності вирощуваних культур. Саме тому ця проблема є однією з найважливіших при виробництві продукції рослинництва.

Одним із найважливіших факторів, що мають суттєвий вплив на формування врожайності сільськогосподарських культур є густота стояння рослин, яка до певної межі спроможна підвищувати конкурентну спроможність рослин соняшнику по відношенню до бур'янів. Відомо, що кількість рослин на одному гектарі необхідно обирати з врахуванням особливостей ґрунтово-кліматичної зони, де має вирощуватись культура, а також її біологічних особливостей, притаманних конкретному сорту або гібриду.

Чисельними дослідженнями доведено, що найкращою вважається густота, за якої для кожної рослини забезпечується оптимальна площа живлення та вологозабезпечення, що дозволяє отримати високі врожаї з одиниці площі.

Також дуже важливою складовою, що впливає на формування продуктивності є площа листової поверхні. Саме завдяки діяльності фотосинтетичного апарату рослини відбувається процес накопичення органічної речовини. При цьому інтенсивність даного процесу залежить від розміру поверхні фотосинтетичних органів, головним чином від листя. Тому визначення площі листової поверхні є важливим показником впливу біопрепарату Groundfix на ріст і розвиток рослин соняшника.

Крім площі листової поверхні важливим біометричним показником для рослин є висота стебла, що виступає визначником реакції рослин на зміну умов вирощування. Будь-яка комбінація метеорологічних умов та агротехнічних заходів може змінювати інтенсивність росту рослин.

Відомо, що у рослин соняшнику у продовж стадії 2–4 пар листків ріст відбувається досить повільно. Потім до фази цвітіння зростання рослин соняшнику починає пришвидшуватись і у фазу формування кошика відбувається найбільша швидкість росту (до 5 см/добу). Головним лімітуючим фактором висоти рослин соняшнику є стартові запаси вологи у метровому шарі ґрунту на час сівби та кількість та характер випадіння атмосферних опадів в першій половині його вегетації.

Використання біопрепаратів можуть впливати на зміни біометричних показників рослин соняшнику у тому числі і висоти стебла.

Також важливим біометричним показником, що свідчить про формування врожайності соняшнику є розміри його суцвіття, а саме – діаметр кошику. Встановлено, що в середньому в кошику міститься 600...1500 квіток, але на даний час виведено багато гібридів, у яких кількість квіток перевищує три тисячі. На основі цих даних є можливість порахунку біологічного врожаю.

Звичайно, фактична врожайність соняшнику є завжди меншою за його біологічний потенціал – кількість насіння в кошику, що дорівнює кількості трубчастих квіток. Ймовірність досягнення біологічної врожайності неможлива навіть у штучних умовах. За даними виробників, середня врожайність насіння соняшнику становить близько 2,0 т/га, що складає лише 50% від розрахованої потенційної врожайності. (табл. 2).

По варіантах досліду в цілому, внесення препарату Groundfix позитивно вплинуло на ріст і розвиток рослин соняшника. Так, найвищою була густота стояння рослин у варіанті із внесенням препарату Groundfix під час передпосівної культивуації із розрахунку 5 л/га і перевищувала контрольний варіант (без внесення препарату) на 8,4%. При цьому рослини були на 3,4% вищі і мали більшу за контроль площу листової поверхні (0,419 м²). Діаметр кошика у даному випадку також був вищий за контроль, але менший ніж у варіанті із внесенням препарату Groundfix одночасно з ґрунтовим гербіцидом із розрахунку 5 л/га, в якому розмір кошика був найбільший (21,23 см) у порівнянні з усіма іншими варіантами. Не зважаючи на те, що внесення препарату Groundfix в рядок із розрахунку 0,75 л/га мало сприяло кращому за контроль росту і розвитку рослин соняшника, вони були нижчі ніж у інших варіантах внесення препарату,

Таблиця 2

Визначення біометричних характеристик соняшника, середні за 2021–2023 рр.

№	Варіант досліджу	Густота стояння рослин соняшнику, тис./га	Площа листяної поверхні		Висота рослин соняшнику, см	Діаметр кошика соняшнику, см
			1 рослини, м ²	на 1 га, тис м ²		
1	Контроль (без препарату)	26,2	0,382	15,4	176,0	17,61
2	Groundfix 5 л/га під передпосівну культивуацію	28,4	0,419	16,9	182,0	18,09
3	Groundfix 5 л/га з ґрунтовим гербіцидом	27,6	0,412	16,2	178,3	21,23
4	Groundfix 0,75 л/га в рядок	26,8	0,398	15,9	176,5	20,21

Таблиця 3

Структура урожаю насіння соняшнику, середні за 2021–2023 рр.

Варіанти	Урожайність, т/га	Маса 1000 насінин, г	Маса насіння з 1 рослини, г
Контроль (без препарату)	1,85	72,8	65,6
Groundfix 5 л/га під передпосівну культивуацію	1,98	76,2	67,7
Groundfix 5 л/га з ґрунтовим гербіцидом	2,21	85,4	82,1
Groundfix 0,75 л/га в рядок	2,15	81,3	78,9
HIP ₀₅	0,11		

але при цьому розмір кошика був трохи менший за варіант із внесенням препарату разом із ґрунтовим гербіцидом, але більший за варіант із внесенням препарату під передпосівну культивуацію та контрольний варіант – без внесення препарату.

Можна припустити, що варіанти із внесенням препарату Groundfix одночасно з ґрунтовим гербіцидом, а також із внесенням в рядок забезпечили дещо більший діаметр кошика, за рахунок оптимізації щільності агрофітоценозів, яке спостерігалось у цих варіантах.

Безумовно, загально відомим фактом є те, що отримана продуктивність сільськогосподарських культур, у повній мірі розкриває ефективність того чи іншого агротехнічного заходу чи технології вирощування, які впроваджуються, або досліджуються у досліді. Але велике значення для дослідника має аналіз елементів, з яких складається урожай, тобто аналіз саме структури урожаю може дати відповідь та повне уявлення за рахунок якого з елементів структури урожаю підвищилася або знизилася загальна продуктивність рослин.

Для соняшнику прийнято розглядати такі основні елементи урожаю: кількість рослин на 1 га, маса насіння з 1 рослини, діаметр кошика, маса 1000 насінин. Кожний з цих елементів в залежності від умов вирощування може змінюватися в значній мірі, що призводить до збільшення або зменшення урожаю насіння соняшнику кондитерського (Табл. 3).

Наведена структура урожаю насіння соняшнику кондитерського чітко показує за рахунок яких його складових елементів був отриманий той чи інший рівень урожайності. Так, при внесенні препарату Groundfix 5 л/га під передпосівну культивуацію урожайність насіння соняшника була вищою за контроль (1,85 т/га) і склала 1,98 т/га. Але не зважаючи на позитивний вплив препарату Groundfix на формування врожайності, даний варіант внесення забезпечив найменшу його ефективність,

і дозволив отримати з однієї рослини тільки по 67,7 г насіння. При цьому маса 1000 насінин склала 76,2 г, що на 3,4 г більше ніж на контролі, але одночасно була і на 9,2 г менше, ніж у варіанті із внесенням препарату разом із ґрунтовим гербіцидом, в якому цей показник був максимальним.

Саме внесення препарату Groundfix з ґрунтовим гербіцидом забезпечило рослинам соняшнику кондитерського найбільший вихід насіння з 1 рослини – 82,1 г, що перевищував контрольний варіант на 16,5 г або на 25,2%. Також уданому варіанті отримано найбільшу врожайність (2,21 т/га) культури.

Внесення препарату Groundfix в рядок також сприяло підвищенню його ефективності застосування і показало проміжні значення по варіантах внесення препарату, однак різниця між варіантом з Groundfix 5 л/га з ґрунтовим гербіцидом по врожайності у 0,06 т/га знаходиться у межах похибки досліді (значення HIP₀₅=0,11 т/га) і потребує додаткового вивчення.

Отже, за нашими даними, найбільший вплив на формування врожайності має внесення біопрепарату Groundfix у дозі 5 л/га разом з ґрунтовим гербіцидом.

Головним показником товарної придатності насіння соняшнику кондитерського до промислової переробки, є показники технологічної якості урожаю насіння (табл. 4).

Найкращі показники технологічної якості соняшнику кондитерського отримано у варіанті із внесенням препарату Groundfix (5 л/га) разом із ґрунтовим гербіцидом, що дозволило отримати 74,9% чистого ядра із вмістом білку 19,2%. Інші варіанти внесення препарату Groundfix в досліді забезпечили дещо нижчі показники технологічної якості насіння соняшнику кондитерського, однак в цілому також була доведена достатня ефективність від внесення препарату Groundfix при вирощуванні соняшнику кондитерського.

Таблиця 4

Показники якості урожаю насіння соняшнику, середні за 2021–2023 рр.

Варіанти	Маса 1000 насінин, г	Маса 1000 ядер, г	Вихід чистого ядра, %	Уміст білку, %
Контроль (без препарату)	72,8	53,1	72,9	18,1
Groundfix 5 л/га під передпосівну культивування	76,2	56,3	73,9	18,5
Groundfix 5 л/га з ґрунтовим гербіцидом	85,4	64,0	74,9	19,2
Groundfix 0,75 л/га в рядок	81,3	60,5	74,4	18,8

Висновки. Використання біопрепарату Groundfix під час вирощування соняшнику кондитерського в цілому показало його ефективність і дозволило підвищити врожайність відносно контрольного варіанту (без використання біопрепаратів). Найкращі показники біометричних вимірювань, врожайності і якості насіння дозволив забезпечити варіант внесення препарату Groundfix 5 л/га одночасно з ґрунтовим гербіцидом, при цьому врожайність була на 19,5% вищою за контроль. Варто зазначити, що за даного варіанту внесення, вищою за контроль на 17,3% була також і маса 1000 насінин, що дозволило збільшити вихід чистого ядра на 2,7%.

Варіант із внесенням препарату Groundfix 5 л/га під передпосівну культивування показав найнижчу ефективність препарату при вирощуванні соняшнику кондитерського. В даному випадку врожайність збільшилась на 7,0%, маса 1000 насінин – на 4,7%, а вихід чистого ядра на 2,2%.

Внесення препарату Groundfix 0,75 л/га в рядок показало проміжні результати. При цьому різниця між варіантом з Groundfix 5 л/га з ґрунтовим гербіцидом по врожайності у 0,06 т/га знаходиться у межах похибки дослідження (значення $HP_{05}=0,11$ т/га) і потребує додаткового вивчення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Домарацький Є.О., Добровольський А.В., Базалій В.В., Пічур В.І., Домарацький О.О. Соняшник: екологічні шляхи оптимізації його живлення: монографія. Херсон: Олді-Плюс, 2020 р. 160 с.
2. Карпенко А. Географія, врожайність, площі: як змінилось вирощування топових культур за роки Незалежності? URL: Agravery.com (Дата звернення 15.11.2023).
3. Домарацький Є.О., Козлова О.П., Базалій В.В. Агробіологічне обґрунтування застосування біопрепаратів в технології вирощування соняшнику: монографія. Держ. вищий навч. закл. «Херсон. держ. аграр. ун-т». Херсон: Олді-Плюс, 2019. 184 с.
4. Федоряка В. П., Бахчиванжи Л. А., Почколіна С. В. Ефективність виробництва і реалізації соняшнику в Україні. *Вісник соціально-економічних досліджень*. Одеса, 2013. № 41 (2). С. 139–144.
5. Масляк А.М. Урожайність соняшнику в Україні. *Пропозиція*. 2017. № 6. С. 12–15.
6. Малина Г. Соняшник: біологічні особливості та технологічні аспекти вирощування. 3 травня 2022. URL: <https://www.growhow.in.ua/soniashnyk-biologichni-osoblyvosti-ta-tehnologichni-aspekty-vyroschuvannya/> (Дата звернення 15.11.2023).
7. McLaughlin C. Your Own Sunflower Seeds. *Vegetables gardener*. 2009. August. P. 27–30.
8. Russel Y. Clearfield Area High School. 2013. 103 p.
9. Головатенко А.В. Використання біопрепаратів на посівах соняшника в умовах степу України. Аграрна наука: стан та перспективи розвитку: збірник матеріалів II Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Одеса, 24–25 листопада 2022 р.). ОДАУ, Агробіотехнологічний факультет. Одеса, 2022. С. 38–41.
10. Андрієнко А.Л. Фактори впливу на ефективність вирощування соняшнику. *Агроном*. 2010. № 4. С. 64–70.
11. Вожегова Р.А. та ін. Динаміка показників продукційного процесу рослин соняшнику залежно від густоти стояння рослин та мікродобрив. *Таврійський науковий вісник*. Херсон: Гринь Д.С., 2017. Вип. 97. С. 52–59.
12. Гамаюнова В.В., Коваленко О.А., Хоненко Л.Г., Гирля Л.М. Урожайність соняшнику за впливу мікродобрив і біопрепаратів в умовах південного Степу України. Інноваційні агротехнології за умов зміни клімату: матеріали III Міжнар. наук.-практ. конференції присвяченої 75-ти річчю від дня народження професора Валентини Василівни Калитки, м. Мелітополь, 26 трав. 2021 р. Мелітополь : ТДАТУ ім. Дмитра Моторного, 2021. С. 26–29.
13. Kovár M., Černý I., Ernst D. Analysis of relations between crop temperature indices and yield of different sunflower hybrids foliar treated by biopreparations. *Agriculture (Poľnohospodárstvo)*. 2016. Vol. 62, no. 1. pp. 28–40.
14. Домарацький О.О., Сидякіна О.В., Іванів М.О., Добровольський А.В. Біопрепарат нового покоління групи Хелафіт у технології вирощування гібридів соняшнику на Півдні України. *Таврійський науковий вісник*. 2017. Вип. 98. С. 51–56.
15. Гамаюнова В. В., Кудріна В. С. Формування надземної маси і врожайності соняшнику під впливом окремих елементів технології вирощування. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. Миколаїв, 2020. Вип. 1. С. 50–57. DOI:10.31521/2313-092X/2020-1(105)-7.
16. Добровольський А.В., Домарацький Є.О. Особливості реалізації стимулюючої дії комплексних препаратів рослинами соняшника на початкових етапах органогенезу. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2017. Вип. 84. С. 39–45.
17. Козлова О. П., Домарацький Є. О. Вплив біологічних фунгіцидів на рівень ураження гібридів соняшника патогенною мікрофлорою. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2018. Вип. 29. С. 9–16.
18. Комок М. Як збільшити врожайність соняшнику, додавши в обробку біопрепарати. URL: <https://>

- enzim-agro.com/agrodirectory/yak-zbilshiti-vrozhajnist-sonyashnyku-dodavshi-v-obrobku-biopreparati/ (Дата звернення 25.11.2023).
- Ткаліч Ю. І., Ніценко М. П. Вплив біопрепаратів на врожайність гібридів соняшнику в степу. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2013. № 5. С. 86–89.
 - Циліурик О. І., Іжболдін О.О., Остапчук Я.В. Ефективність біопрепаратів в посівах соняшнику Степу України. Сучасні технології та системи захисту рослин: матер. Всеукр. наук.-практ. конф. (23 березня 2021 р., м. Херсон). Херсон: «ХДАЕУ», 2021. С. 3–6.
 - Crista F., Radulov I., Imbrea F., Manea D.N., Boldea M., Gergen I., Ienciu A.A., Bănăţean Dunea I. The Study of the Impact of Complex Foliar Fertilization on the Yield and Quality of Sunflower Seeds (*Helianthus annuus* L.) by Principal Component Analysis. *Agronomy*. 2023. 13(8):2074. <https://doi.org/10.3390/agronomy13082074>
 - Li S.T., Duan Y., Guo T.W., Zhang P.L., He P., Majumdar K. Sunflower response to potassium fertilization and nutrient requirement estimation. *J. Integr. Agric.* 2018. 17, 2802–2812.
 - Prabhakar K., Lakshmi Kalyani D., Balaji Nayak S. Venkataramanamma K., Neelima S., Sampath Kumar D. Effect of boron foliar application at Critical growth stages on sunflower (*Helianthus annuus* L.) seed yield and oil yield. *Pharma Innov. J.* 2021. 10, 910–913.
 - Qasim A., Shafaqat A., Mohamed A., El-Esawi Rizwan M., Azeem M., Abdullah I.H., Perveen R., El-Sheikh M.A., Nasser M., Wijaya A.L. Tolerance in Sunflower as Compared with FeSO₄: Yield Traits, Osmotic Adjustment, and Antioxidative Defense Mechanisms. *Biomolecules*. 2020. 10, 1217.
 - Cockson P., Veazie P., Davis M., Barajas G., Post A., Crozier C.R., Leon R.G., Patterson R., Whipker B.E. The Impacts of Micronutrient Fertility on the Mineral Uptake and Growth of *Brassica carinata*. *Agriculture*. 2021. 11, 221.
- REFERENCES:**
- Domaratsky, Ye.O., Dobrovolsky, A.V., Bazaliy, V.V., Pichura, V.I., & Domaratsky, O.O. (2020). *Sonyashnyk: ekolohichni shlyakhy optymizatsiyi yoho zhyvleniya: monohrafiya* [Sunflower: ecological ways of optimizing its nutrition: monograph]. Kherson: Oldi-Plus [in Ukrainian].
 - Karpenko, A. (2019). Heohrafiya, vrozhaynist, ploshchi: yak zminylos vyroshchuvannya topovykh kultur za roky Nezalezhnosti? [Geography, productivity, areas: how has the cultivation of top crops changed during the years of Independence?] URL: Agravery.com [in Ukrainian].
 - Domaratsky, Ye.O., Kozlova, O.P., & Bazaliy, V.V. (2019). *Ahrobiolohichne obgruntuvannya zastosuvannya biopreparativ v tekhnolohiyi vyroshchuvannya sonyashnyku* [Agrobiological substantiation of the use of biological preparations in sunflower cultivation technology]. Kherson: Oldi-Plus [in Ukrainian].
 - Fedoryaka, V.P., Bakhchyvanzhy, L.A., & Pochkolina, S.V. (2013). *Efektivnist vyrobnytstva i realizatsiyi sonyashnyku v Ukraini* [Efficiency of sunflower production and sale in Ukraine]. *Visnyk sotsialno-ekonomichnykh doslidzhen – Herald of socio-economic research*, 41 (2), 139–144 [in Ukrainian].
 - Maslyak, A.M. (2017). *Urozhaynist sonyashnyku v Ukraini* [Sunflower yield in Ukraine]. *Propozytsiya – Offer*, 6, 12–15 [in Ukrainian].
 - Malyna, H. (2022). *Sonyashnyk: biolohichni osoblyvosti ta tekhnolohichni aspekty vyroshchuvannya* [Sunflower: biological features and technological aspects of cultivation]. URL: <https://www.growhow.in.ua/sonyashnyk-biolohichni-osoblyvosti-ta-tekhnolohichni-aspekty-vyroshchuvannya/> [in Ukrainian].
 - McLaughlin, C. (2009). Your Own Sunflower Seeds. *Vegetables gardener*. August. P. 27–30.
 - Russel, Y. (2013). Clearfield Area High School. 103 p. [in English].
 - Holovatenko, A.V. (2022). *Vykorystannya biopreparativ na posivakh sonyashnyka v umovakh stepu Ukrainy* [The use of biological preparations on sunflower crops in the conditions of the steppe of Ukraine]. Agrarian science: state and prospects of development: a collection of materials of the II All-Ukrainian scientific and practical conference (Odesa, November 24–25, 2022). OSAU, Faculty of Agrobiotechnology. Odesa [in Ukrainian].
 - Andriyenko, A.L. (2010). *Faktory vplyvu na efektyvnist vyroshchuvannya sonyashnyku* [Factors affecting the efficiency of sunflower cultivation]. *Ahronom – Agronomist*, 4, 64–70 [in Ukrainian].
 - Vozhehova, R.A. et al. (2017). *Dynamika pokaznykiv produktsiynoho protsesu roslyn sonyashnyku zalezho vid hustoty stoyannya roslyn ta mikrodobryv*. [The dynamics of indicators of the production process of sunflower plants depending on the density of plant standing and microfertilizers]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk – Taurian scientific bulletin*, 97, 52–59 [in Ukrainian].
 - Hamayunova, V.V., Kovalenko, O.A., Khonenko, L.H., & Hyryla, L.M. (2021). *Urozhaynist sonyashnyku za vplyvu mikrodobryv i biopreparativ v umovakh pivdennoho Stepu Ukrainy* [Sunflower yield under the influence of microfertilizers and biopreparations in the conditions of the southern Steppe of Ukraine]. Innovative agricultural technologies under the conditions of climate change: materials of the III International. science and practice conference dedicated to the 75th anniversary of the birthday of Professor Valentina Vasylyivna Kalitka, Melitopol [in Ukrainian].
 - Kovář, M., Černý, I., & Ernst, D. (2016). Analysis of relations between crop temperature indices and yield of different sunflower hybrids foliar treated by biopreparations. *Agriculture (Polnohospodárstvo)*, Vol. 62, no. 1. pp. 28–40.
 - Domaratsky, O.O., Sydyakina, O.V., Ivaniv, M.O., & Dobrovolsky, A.V. (2017). *Biopreparat novoho pokolinnia hrupy KhelaFit u tekhnolohiyi vyroshchuvannya hibrydiv sonyashnyku na Pivdni Ukrainy* [A new generation biopreparation of the Helafit group in the technology of growing sunflower hybrids in the South of Ukraine]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk – Taurian Scientific Bulletin*, 98, 51–56 [in Ukrainian].
 - Hamayunova, V.V., & Kudrina, V.S. (2020). *Formuvannya nadzemnoyi masy i vrozhaynosti sonyashnyku pid vplyvom okremykh elementiv tekhnolohiyi vyroshchuvannya* [Formation of above-ground mass and yield of sunflower under the influence of certain elements of cultivation technology]. *Visnyk aharnoi nauky Prychornomoria – Bulletin of Agrarian Science of the Black Sea Region*, 1, 50–57 [in Ukrainian].

16. Dobrovolsky, A.V., & Domaratsky, Ye.O. (2017). *Osoblyvosti realizatsiyi stymulyuyuchoyi diyi komplek-snykh preparativ roslinamy sonyashnyka na pochat-kovykh etapakh orhanohenezu* [Peculiarities of imple-menting the stimulating action of complex preparations by sunflower plants at the initial stages of organogene-sis]. *Ahrarnyi visnyk Prychornomoria – Agrarian Bulletin of the Black Sea Region*, 84, 39–45 [in Ukrainian].
 17. Kozlova, O.P., & Domaratsky, Ye.O. (2018). *Vplyv biolohichnykh funhitsydiv na riven' urazhennya hibry-div sonyashnyka patohennoyu mikrofloroyu* [The effect of biological fungicides on the level of damage to sun-flower hybrids by pathogenic microflora]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika – Podilsky Visnyk: Agriculture, Technology, Economy*, 29, 9–16 [in Ukrainian].
 18. Komok, M. (2020). *Yak zbilshyty vrozhaynist son-yashnyku, dodavshy v obrobku biopreparaty* [How to increase the yield of sunflower by adding biological preparations to the treatment]. URL: <https://enzim-agro.com/agrodirectory/yak-zbilshiti-vrozhajnist-sonyashni-ku-dodavshi-v-obrobku-biopreparati/> [in Ukrainian].
 19. Tkalic, Yu.I., & Nitsenko, M.P. (2013). *Vplyv bioprepara-tiv na vrozhaynist' hibrydiv sonyashnyku v stepu* [The effect of biological preparations on the yield of sunflower hybrids in the steppe]. *Biuleten Instytutu silskoho hospo-darstva stepovoi zony NAAN Ukrainy – Bulletin of the Institute of Agriculture of the Steppe Zone of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 5, 86–89 [in Ukrainian].
 20. Tsylyuryk, O.I., Izhboldin, O.O., & Ostapchuk, Ya.V. (2021). *Efektivnist biopreparativ v posivakh sonyash-nyku Stepu Ukrayiny* [Effectiveness of biological prepa-rations in sunflower crops of the Steppe of Ukraine]. *Modern technologies and systems of plant protection: Mater. All-Ukrainian science and practice conf.* (March 23, 2021, Kherson). Kherson: «KHDAEU» [in Ukrainian].
 21. Crista, F., Radulov, I., Imbrea, F., Manea, D.N., Boldea, M., Gergen, I., Ienciu, A.A., & Bănăţean Dunea, I. (2023). *The Study of the Impact of Complex Foliar Fertilization on the Yield and Quality of Sunflower Seeds (*Helianthus annuus* L.) by Principal Component Analysis*. *Agronomy*, 13 (8), 2074. <https://doi.org/10.3390/agronomy13082074>
 22. Li, S.T., Duan, Y., Guo, T.W., Zhang, P.L., He, P., & Majumdar, K. (2018). *Sunflower response to potas-sium fertilization and nutrient requirement estimation*. *J. Integr. Agric.* 17, 2802–2812
 23. Prabhakar, K., Lakshmi Kalyani, D., Balaji Naya, S., Venkataramanamma, K., Neelima, S., & Sampath Kumar, D. (2021). *Effect of boron foliar appli-cation at Critical growth stages on sunflower (*Helianthus annuus* L.) seed yield and oil yield*. *Pharma Innov. J.*, 10, 910–913
 24. Qasim, A., Shafaqat, A., Mohamed, A., El-Esawi Rizwan, M., Azeem, M., Abdullah, I.H., Perveen, R., El-Sheikh, M.A., Nasser, M., & Wijaya, A.L. (2020). *Tolerance in Sunflower as Compared with FeSO₄: Yield Traits, Osmotic Adjustment, and Antioxidative Defense Mechanisms*. *Biomolecules*, 1, 1217
 25. Cockson, P., Veazie, P., Davis, M., Barajas, G., Post, A., Crozier, C.R., Leon, R.G., Patterson, R., & Whipker, B.E. (2021). *The Impacts of Micronutrient Fertility on the Mineral Uptake and Growth of Brassica carinata*. *Agriculture*, 11, 221
- Юркевич Є.О., Валентюк Н.О., Петренко С.О., Родіонов А.В., Грабовецька О.А. Ефективність засто-сування біопрепаратів при вирощуванні соняшнику кондитерського в умовах Південного Степу України**
- Мета** дослідження – обґрунтування використання біопрепарату Groundfix на посівах соняшнику за різного способу внесення в умовах Степу України. **Методи.** Дослідження проводились на базі фермерського госпо-дарства «У Самвела» Одеської області, Біляївського району. В процесі проведення досліджень застосо-вували загальнонаукові та спеціальні методи дослі-джень (польовий, вимірювально-ваговий, кореляційний, регресійний, дисперсійний, порівняльно-розрахунко-вий). Варіанти досліду розміщені у 3-х повтореннях систематичним методом. Площа під дослідом – 3,5 га, загальна площа ділянки в досліді – 1500 м², облі-кова – 200 м². Попередник – озима пшениця по ріпаку озимому. Висівали районований гібрид соняшнику кон-дитерського Гудвін. **Результати.** По варіантах досліду в цілому, внесення препарату Groundfix позитивно впли-нуло на ріст і розвиток рослин соняшника. Не зважаючи на те, що використання препарату Groundfix із розра-хунку 5 л/га одночасно з ґрунтовим гербіцидом дозво-лило отримати рослини висотою дещо нижчі (178,3 см) із меншою площею листової поверхні (0,412 см²) за варіант із внесенням препарату під передпосівну куль-тивацію (182,0 см та 0,419 см² відповідно), однак це сприяло формуванню кошика найбільшого діаметру (21,23 см) та отриманню найбільшого врожаю (2,21 т/га) в досліді. Також в цьому варіанті було забезпечено най-більшу масу 1000 насінин (85,4 г) та найбільший вихід чистого ядра (74,9%). Варіант із внесенням препарату Groundfix 0,75 л/га в рядок забезпечив врожайність 2,15 т/га, масу 1000 насінин – 81,3 г та вихід чистого ядра – 74,4%. За внесення препарату Groundfix 5 л/га під передпосівну культивування відмінність від контроль-ного варіанту за структурою врожаю була найменшою.
- Висновки.** Використання біопрепарату Groundfix під час вирощування соняшнику кондитерського в цілому різною мірою показало його ефективність і дозволило підвищити врожайність відносно контрольного варіанту (без використання біопрепаратів).
- Ключові слова:** соняшник, біопрепарати, органічне землеробство, урожайність, якість насіння.
- Yurkevych Ye.O., Valentiuk N.O., Petrenko S.O., Rodionov A.V., Hrabovetska O.A. The effectiveness of the use of biological preparations in the cultivation of confectionery sunflower in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine**
- Purpose.** The purpose of the study is to justify the use of Groundfix biopreparation on sunflower crops under dif-ferent application methods in the conditions of the Steppe of Ukraine. **Methods.** The research was conducted on the basis of the “U Samvela” farm of Odesa region, Bilyaiv dis-trict. In the process of conducting research, general scientific and special research methods were used (field, measure-ment-weight, correlation, regression, dispersion, compar-ative-calculation). Variants of the experiment are placed in 3 repetitions by a systematic method. The area under the experiment is 3.5 hectares, the total area of the plot in the experiment is 1500 m², the accounting area is 200 m². The predecessor is winter wheat after winter rapeseed. A zoned confectionery hybrid sunflower named the Goodwin was sown. **Results.** According to the variants of the experi-ment as a whole, the application of Groundfix had a positive

effect on the growth and development of sunflower plants. Despite the fact that the use of the Groundfix preparation at the rate of 5 l/ha at the same time as the soil herbicide made it possible to obtain plants with a slightly lower height (178.3 cm) with a smaller leaf surface area (0.412 cm²) than the option with the introduction of the preparation under pre-sowing cultivation (182.0 cm and 0.419 cm², respectively), but it contributed to the formation of the sunflower blossoms with the largest diameter (21.23 cm) and the highest yield (2.21 t/ha) in the experiment. Also, in this variant, the largest mass of 1000 seeds (85.4 g) and the largest yield of pure kernels (74.9%) were provided. The variant

with the application of Groundfix 0.75 l/ha per row provided a yield of 2.15 t/ha, the weight of 1000 seeds of 81.3 g, and the yield of pure kernel of 74.4%. When applying Groundfix 5 l/ha under pre-sowing cultivation, the difference from the control variant in the structure of the crop was the smallest. **Conclusions.** The use of the Groundfix biopreparation during the cultivation of confectionary sunflower in general showed its effectiveness to varying degrees and allowed to increase the yield compared to the control option (without the use of biopreparations).

Key words: sunflower, biological preparations, organic farming, productivity, seed quality.

ВПЛИВ МІКОРИЗНОГО ПРЕПАРАТУ НА ФОРМУВАННЯ УРОЖАЙНОСТІ ГІБРИДІВ ОГІРКА ПОСІВНОГО В УМОВАХ ЗАХИЩЕНОГО ҐРУНТУ

ЮРЧЕНКО С.О. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0002-5812-3877

Полтавський державний аграрний університет

БАГАН А.В. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0001-8851-5081

Полтавський державний аграрний університет

СІЛЕНКО І.Д. – студент II курсу магістратури
orcid.org/0009-0009-9393-4913

Навчально-науковий інститут агротехнологій, селекції та екології

Полтавського державного аграрного університету

БОГАТА І.В. – студент II курсу магістратури
orcid.org/0009-0000-1366-4859

Навчально-науковий інститут агротехнологій, селекції та екології
Полтавського державного аграрного університету

Постановка проблеми. Огірок посівний (*Cucumis sativus*) є однією з найпопулярніших овочевих культур. У відкритому ґрунті України він займає третє місце за площею після капусти та томату, а у захищеному ґрунті є провідною та займає близько 70 % площі щорічно. Плоди огірка є джерелом мінеральних солей, вітамінів, використовуються в домашній кулінарії та переробній промисловості у свіжому та консервованому вигляді, а також для приготування лікарських препаратів та у парфумерії. Завдяки багатьом цінним господарським і лікувальним властивостям огірок має велике народно-господарське значення [8].

Огірок можна вирощувати протягом всього року: у зимово-весняний період – у зимових теплицях; у весняно-літній період – у весняних теплицях, парниках і малогабаритних плівкових укриттях; у літньо-осінній період – у відкритому ґрунті. Плоди огірка використовують переважно у свіжому вигляді в технічній стиглості [2].

Використання еколого-безпечних і енергозберігаючих технологій із застосуванням біологічних препаратів все частіше спостерігається за вирощування овочевої продукції в умовах захищеного ґрунту [7].

Існування проблеми надмірного використання хімічних добрив з метою збільшення урожайності огірка звичайного в умовах захищеного ґрунту потребує пошуку альтернативних рішень. Тому, є потреба в дослідженнях ефективності застосування мікоризи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ризосфера є специфічним середовищем, де взаємодіє коренева система рослин з мікроорганізмами та абіотичними компонентами ґрунту. Мікориза – це симбіотичний взаємозв'язок між грибом та рослиною, де гриб утворює спеціальну структуру міцелій, що проникає у кореневу систему рослин, впливаючи на обмін та поглинання речовин. Мікориза є стародавньою формою симбіозу рослин з мікроорганізмами та утворюється у 90 % видів вищих рослин. Утворення мікоризи позитивно впливає на зростання та розвиток рослин, оскільки посилює ґрунтову фертильність, сприяє активному поглинанню

води та елементів живлення. Зокрема, мікориза покращує стійкість рослин до стресових умов, таких як посуха, заморозки, засолення ґрунтів [14].

Наукові дослідження свідчать, що за зовнішніми ознаками, мікроскопічною будовою, а також видовому складі грибів на коренях рослин розрізняють кілька типів мікоризи. Серед яких основними є ектотрофна і ендотрофна мікоризи; перехідним типом є екто-ендотрофна мікориза. Крім того, нещодавно були виявлені і описані: перитрофна та псевдомікориза. Велика різноманітність типів мікоризи залежить від фізіологічних особливостей грибів, властивостей рослин-господарів та їхньої реакції на заселення грибів на кореневій системі [1].

Серед овочевих культур встановлено найкращу реакцію на застосування мікоризних препаратів у рослин родин: цибулевих, бобових і пасльонових [5].

Проведені дослідження з вивчення впливу мікоризи на продуктивність перцю солодкого показали позитивний вплив мікоризних препаратів на ростові процеси кореневої системи. При цьому спостерігалось повне зараження міцелієм гриба кореневої системи, формуючи ектомікоризу, що захищає від перезволоження ґрунту і розвитку гнилі [4].

За використання інокуляції мікоризними грибами насіння буряка столового спостерігалось збільшення урожайності та якості коренеплодів (зростання бетаніну і зменшення нітратів). При зимовому зберіганні відмічено суттєво менші втрати коренеплодів від захворювання гнилі сердечка (фомозом) та втрати вмісту цукру і сухої речовини [12].

Результати дослідження вирощування овочевої сої за використання мікоризоутворюючого препарату Мікофренд свідчать про те, що застосування мікоризи є багатообіцяючим підходом до оптимізації продуктивних процесів посівів та біологізації галузі землеробства. Зокрема, застосування біоінокулянтів та мікоризного препарату в суміші сприяло покращенню біометричних показників рослин, збільшення врожайності на 15–15,8 % залежно від сорту [11].

За наслідками польових дослідів спостерігалось підвищення врожайності гречки за обробки насіння препаратом *S. cochlododes* 3250 в середньому складало 22 %, а від комплексної обробки (*S. cochlododes* 3250 та *A. brasilense* 18-2) – 34 %. Також встановлено, що передпосівна обробка мікоризними препаратами викликала фізіологічні зміни, характерні для утворення симбіотичної системи: збільшення загальної площі кореневої системи, збільшення висоти і маси рослин, площі листової поверхні і вмісту хлорофілу [6].

Останніми роками у грибів, що утворюють мікоризу, було відкрито фізіологічно активні речовини кініни, що регулюють ростові процеси. Наприклад, стимулюють поділ клітин рослин, що зіграло свою роль у прискоренні росту бульби та цибулин [9, 13].

Отже, за аналізом наукових джерел, впевнено можна сказати, що симбіоз, зокрема мікориза, яка вважалася доволі рідкісним явищем, є дуже поширеним у рослинному світі. І таким, що відіграє дуже важливу роль у життєдіяльності рослинних організмів, а також є одним із найбільш перспективних шляхів підвищення урожайності сільськогосподарських культур. Позитивний вплив мікоризації підтверджується наступним: покращення засвоєння мінеральних елементів живлення; зменшення потреб в мінеральних добривах для запланованої врожайності; підвищення стійкості рослин до шкідливих організмів та несприятливих умов вирощування; покращення структури та водоутримуючої здатності ґрунту; зниження ерозійних процесів та вимивання елементів живлення з ґрунту; посилення конкурентоздатності мікоризованої рослини по відношенню до бур'янів.

Мета статті. Метою досліджень було наукове обґрунтування доцільності та ефективності вирощування гібридів огірка посівного за використання мікоризного препарату Мікофренд в умовах захищеного ґрунту.

Матеріали та методика досліджень. У 2023 році в умовах навчальної лабораторії «Технології захищеного ґрунту» Полтавського державного аграрного університету було проведено дослідження з вивчення особливостей формування урожайності гібридів огірка залежно від застосування мікоризного препарату Мікофренд. Дослідження проводилися згідно з методикою дослідної справи в овочівництві і баштанництві [13].

В схему досліду було залучено 4 гетерозисних партенокарпічного типу гібридів зарубіжної селекції компанії «Syngenta»: Спіно F1, Еколь F1, Пасалімо F1 і Пасамонте F1.

Для вивчення ефективності мікоризи за вирощування огірка звичайного використовували препарат Мікофренд. Діючою складовою препарату є суміш мікроорганізмів: мікогриби *Glomus* VS та *Trichoderma Harzianum*, мікроорганізми *Streptomyces* sp., *Pseudomonas*, *Fluorescens* та фосфатомобілізуючі бактерії *Bacillus Megaterium* var. *phosphaticum*, *Bacillus Subtilis*, *Bacillus Muciloginosus*, *Enterobacter* sp. Загальне число життєздатних клітин $(1,0-1,5) \times 10^8$ КУО/мл. Біопрепарат містить також біологічно активні речовини: фітогормони, вітаміни, фунгіцидні речовини та амінокислоти.

Схема досліду:

1. Контроль (без препарату);
2. Обробка насіння Мікофренд (10 г/л);
3. Кореневе підживлення Мікофренд (2 г/л) у фазі 5–6 листків;
4. Обробка насіння Мікофренд (10 г/л) і кореневе підживлення Мікофренд (2 г/л) у фазі 5–6 листків.

Обробка насіння гетерозисних гібридів огірка проводилася шляхом замочування протягом 2 годин у день посіву у робочому розчині препарату 10 г на 1 літр води. В контрольному варіанті насіння замочували в чистій воді. Температура води – 23 °С. Кореневе підживлення проводили розчином препарату Мікофренд (2 г/л) у фазі 5–6 листків з розрахунку 1 літр на рослину огірка звичайного.

Варіанти в досліді були розміщені систематичним методом в трьох разовій повторності. Площа облікової ділянки складала 3 м². Розсаду на постійне місце вирощування висаджували у фазі 3–4 справжніх листочків у віці 24 дні. Схема розміщення рослин: 100×30 см. Визначення біометричних показників росту і розвитку рослин проводили у фазі масового плодоношення [10].

Площу листової поверхні гібридів огірка визначали за допомогою додатку Петіоль (Petiole), який завантажений з Google Market Play та дозволяє отримувати точні дані про площу листків рослин. Для визначення потрібно відкрити додаток, відкалібрувати камеру, помістити лист перед камерою і натиснути кнопку [20].

Загальна урожайність гібридів огірка в досліді складалася з збору зеленця, які проводили через кожні 2–3 доби на початку плодоношення і щоденно в період масового плодоношення. Величина врожаю кожного збору додавалась і перераховувалась в загальну врожайність в кг/м². Зважування зібраних плодів огірка проводили на електронних вагах.

Математично-статистичну обробку даних проводили методом дисперсійного аналізу.

Результати досліджень. Для оцінки стану рослин огірка у фазі активного плодоношення визначали окремі біометричні параметри, які досить чітко варіювали завдяки різним темпам формування рослин у період вегетації залежно від сортових властивостей та використання мікоризного препарату Мікофренд згідно схеми досліду (табл. 1).

Результати досліджень засвідчили, що довжина центрального стебла варіювала від 208,4 см до 260 см. За довжиною центрального стебла гібрид Еколь F1 переважав усі інші гібриди і досягав 260 см у варіанті із застосуванням передпосівного замочування насіння в розчині препарату і кореневого підживлення Мікофренд (2 г/л) у фазі 5–6 листків. В умовах досліду мінімальною була довжина головного стебла у гібриду 'Пасамонте F1' – 208,4 см в контрольному варіанті, що значно менше, ніж у гібриду-стандарті.

Суттєве збільшення довжини стебла за умови $HP_{0,05} = 17,8$ см було у варіантах із застосуванням передпосівного замочування насіння в розчині препарату і кореневого підживлення Мікофренд (2 г/л) у фазі 5–6 листків: у гібриду Спіно F1 – на 31,8 см, у гібриду

Таблиця 1

Біометричні параметри рослин огірка у фазу активного плодоношення, (середнє за 2023 рр.)

Гібрид	Варіант	Довжина центрального стебла, см		Кількість листків на центральному стеблі, шт.		Площа листової поверхні, см ² /рослину	
		середнє	відхилення +, -	середнє	відхилення +, -	середнє	відхилення +, -
Спіно F1(ст.)	1*	221,3	-	43,8	-	4598	-
	2*	238,7	17,4	47,9	4,1	4921	323
	3*	234,1	12,8	45,9	2,1	4872	274
	4*	253,1	31,8	52,7	8,9	5267	669
Еколь F1	1*	232,5	-	46,4	-	4547	-
	2*	251,4	18,9	52,1	5,7	4919	372
	3*	245,7	13,2	49,3	2,9	4831	284
	4*	260,0	27,5	56,7	10,3	5370	823
Пасалімо F1	1*	222,6	-	42,1	-	4966	-
	2*	242,1	19,5	48,2	6,1	5481	515
	3*	240,7	18,1	46,7	4,6	5380	414
	4*	259,1	36,5	53,1	11,0	6147	1181
Пасамонте F1	1*	208,4	-	38,4	-	5178	-
	2*	222,1	14,0	45,3	6,9	5747	569
	3*	218,4	10,3	44,7	6,3	5687	509
	4*	241,8	33,7	50,4	12,0	6223	1045
HIP _{0,05}		17,8		5,6		419	

Примітка: 1* – контроль (передпосівне замочування насіння в воді); 2* – передпосівне замочування насіння в розчині препарату Мікофренд (10 г/л); 3* – кореневе підживлення Мікофренд (2 г/л) у фазі 5-6 листків; 4* – передпосівне замочування насіння в розчині препарату і кореневе підживлення Мікофренд (2 г/л) у фазі 5-6 листків

Еколь F1 – на 27,5 см, у гібриду Пасалімо F1 – на 36,5 см, у гібриду Пасамонте F1 – на 33,7 см. Також, слід відмітити суттєве збільшення довжини головного стебла гібриду Еколь F1 (на 18,9 см), Пасалімо F1 (19,5) у варіанті з передпосівним замочування насіння в розчині препарату Мікофренд (10 г/л).

Кількість листків на центральному стеблі варіювала від 38,4 шт., до 56,7 шт. Серед досліджуваних гібридів найбільшу кількість листків на центральному стеблі мав гібрид Еколь F1, а найменшу Пасамонте F1.

Істотне збільшення кількості листків було відмічено (HIP_{0,05} = 5,6 шт.) у варіантах із застосуванням дворазового застосування препарату Мікофренд у гібридів: Спіно F1(ст.) – на 8,9 шт., Еколь F1 – на 10,3 шт., у Пасалімо F1 – на 11 шт., Пасамонте F1 – на 12 шт.

У варіантах із застосуванням передпосівного замочування насіння в розчині препарату і кореневого підживлення Мікофренд (2 г/л) у фазі 5–6 листків було суттєве збільшення площі листової поверхні у гібриду Спіно F1(ст.) на 669 см², Еколь F1 – на 823 см², у Пасалімо F1 – на 1181 см², Пасамонте F1 – на 1045 см².

Таким чином, застосування мікоризи позитивно вплинуло на формування основних біометричних параметрів у фазі активного плодоношення. Зокрема, за передпосівного замочування насіння в розчині препарату Мікофренд (10 г/л) було відмічено збільшення довжини стебла на 7,9 %, кількості листків на 13,3 %, площі листової поверхні на 9,2 %. Кореневе підживлення препаратом Мікофренд (2 г/л) у фазі 5–6 листків рослин гібридів огірка сприяло збільшенню довжини сте-

бла на 6,1 %, кількості листків на 9,3 %, площі листової поверхні на 7,7 %. У варіанті із застосуванням передпосівного замочування насіння в розчині препарату і кореневого підживлення Мікофренд (2 г/л) у фазі 5–6 листків рослин гібридів забезпечило збільшення довжини стебла на 14,6 %, кількості листків на 24,7 %, площі листової поверхні на 19,3 %.

Нами виявлено, що використання мікоризного препарату Мікофренд позитивно вплинуло на врожайність та динаміку формування плодів (ранню, масову, загальну) (табл. 2).

Під час раннього збору найбільшу кількість плодів було зібрано у гібриду Пасалімо F1 (2,8 кг/м²) у варіанті із дворазовим застосуванням препарату Мікофренд, що істотно перевищувала контрольний варіант. Найнижча врожайність була на контрольному варіанті гібриду Спіно F1 (ст.) (1,4 кг/м²).

Суттєвий приріст (HIP_{0,05} = 0,52 кг/м²) урожайності ранньої продукції був відмічений у варіантах із застосуванням дворазового препарату Мікофренд у всіх досліджуваних гібридів. У варіанті передпосівного замочування насіння в розчині препарату Мікофренд (10 г/л) істотне збільшення урожайності порівняно з контролем було відмічено у гібридів: Спіно F1(ст.) (0,9 кг/м²), Еколь F1 (0,6 кг/м²). У гібриду Пасамонте F1 (0,6 кг/м²) приріст урожайності спостерігався у варіанті з кореневим підживленням препаратом Мікофренд (2 г/л) у фазі 5–6 листків.

Слід відмітити, що вихід стандартної ранньої продукції був високий на всіх варіантах і складав 99,6–100 %.

Таблиця 2

Вплив мікоризного препарату Мікофренд на урожайність гібридів огірка, кг/м² середнє за 2023 р.

Гібрид	Варіант	Ранній урожай, кг/м ²		Масове плоношення, кг/м ²		Останній врожай, кг/м ²		Загальна врожайність, кг/м ²	
		середнє	приріст до контролю +,-	середнє	приріст до контролю	середнє	приріст до контролю	середнє	приріст до контролю
Спіно F1(ст.)	1*	1,4	-	8,6	-	1,2	-	11,2	-
	2*	2,1	0,9	13,4	4,8	2,4	1,2	17,9	6,7
	3*	1,6	0,4	12,8	4,2	2,6	1,4	17	5,8
	4*	2,6	1,4	14,2	5,6	2,8	1,6	19,6	8,4
Еколь F1	1*	1,7	-	8,9	-	0,8	-	11,4	-
	2*	2,3	0,6	12,3	3,4	1,9	1,1	16,5	5,1
	3*	2	0,3	12,5	3,6	2,5	1,7	17	5,6
	4*	2,7	1	16,7	7,8	3,1	2,3	22,5	11,1
Пасалімо F1	1*	1,9	-	9,5	-	0,9	-	12,3	-
	2*	2,4	0,5	13,6	4,1	2,6	1,7	18,6	6,3
	3*	2,2	0,3	12,5	3,0	3,5	2,6	18,2	5,9
	4*	2,8	0,9	18,9	9,4	3,8	2,9	25,5	13,2
Пасамонте F1	1*	1,6	-	10,4	-	1,2	-	13,2	-
	2*	1,9	0,3	14,2	3,8	3,3	2,08	19,4	6,2
	3*	2,2	0,6	13,0	2,6	3,6	2,38	18,8	5,6
	4*	2,6	1	17,0	6,6	4	2,78	23,6	10,4
HIP 0,05		0,52	-	4,2	-	1,9	-	5,8	-

Примітка: 1* – контроль (передпосівне замочування насіння в воді); 2* – передпосівне замочування насіння в розчині препарату Мікофренд (10 г/л); 3* – кореневе підживлення Мікофренд (2 г/л) у фазі 5-6 листків; 4* – передпосівне замочування насіння в розчині препарату і кореневе підживлення Мікофренд (2 г/л) у фазі 5-6 листків

Урожайність в період масового збирання коливалась від 8,6 до 18,9 кг/м². Достовірне розходження врожайності між контрольним і дослідним варіантом (передпосівного замочування насіння в розчині препарату Мікофренд (10 г/л)) було у гібриду Спіно F1 (ст.) (5,6 кг/м²).

Суттєвий приріст урожайності ($HIP_{0,05} = 4,2$ кг/м²) був відмічений по всім досліджуваним гібридам огірка у варіанті з застосуванням передпосівного замочування насіння в розчині препарату і кореневого підживлення препаратом Мікофренд (2 г/л) у фазі 5–6 листків. Під час масового плоношення і масового збору найвищу врожайність мав гібрид Пасамонте F1 (13,7 кг/м²), а високою стандартністю плодів (99,8 %) виділявся гібрид Еколь F1.

Під час пізнього збору плодів огірка суттєвий збільшення урожайності ($HIP_{0,05} = 1,9$ кг/м²) було у гібриді Пасамонте F1 у всіх досліджуваних варіантах. У гібриду Пасалімо істотний приріст був відмічений у двох варіантах: кореневе підживлення Мікофренд (2 г/л) у фазі 5–6 листків; передпосівне замочування насіння в розчині препарату і кореневе підживлення Мікофренд (2 г/л) у фазі 5–6 листків. За вирощування гібриду Еколь F1 приріст урожайності був у варіанті: передпосівне замочування насіння в розчині препарату і кореневе підживлення Мікофренд (2 г/л) у фазі 5–6 листків.

Вихід стандартних плодів був теж на досить високому рівні і варіювала від 96,7 % до 98,3 %.

За середніми даними загальної врожайності, слід відмітити, що вона варіювала в досить широких межах від 11,2 кг/м² до 25,5 кг/м². Найбільш урожайним виявився гібрид Пасамонте F1, середня урожайність по досліді складала 18,8 кг/м², а найменш урожайним – Спіно F1 (ст.) (16,4 кг/м²).

За узагальненими даними можна зробити висновок про те, що застосування мікоризоутворюючого препарату Мікофренд за вирощування гібридів огірка в умовах захищеного ґрунту сприяє збільшенню врожайності. Так за передпосівного замочування насіння в розчині загальна урожайність збільшилась на 50,1 %; кореневого підживлення у фазі 5–6 листків – на 47,2 %; дворового застосування – на 77,2 %.

Висновки:

1. Аналізуючи окремі біометричні параметри рослин у фазі активного плоношення було встановлено позитивний вплив мікоризного препарату Мікофренд на їх формування.

2. Серед досліджуваних гібридів огірка найбільш урожайним виявився гібрид Пасамонте F1, середня урожайність по досліді складала 18,8 кг/м².

3. Для забезпечення збільшення урожайності огірка в умовах захищеного (77,2 %) необхідно застосовувати мікоризний препарат Мікофренд для передпосівної обробки насіння та кореневого підживлення у фазі 5–6 листків.

4. Перспективою подальших досліджень є вивчення впливу мікоризних препаратів на якість плодів огірка в умовах захищеного ґрунту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Антоняк Г. Л., Калинець-Мамчур З. І., Дудка І. О., Бабич Н. О., Панас Н. Є. Екологія грибів: монографія. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2013. 628 с.
2. Барабаш О. Ю., Тараненко Л. К., Сич З. Д. Біологічні основи овочівництва: навчальний посібник / за ред. О. Ю. Барабаша. К.: Арістей, 2005. 348 с.
3. Бондаренко Г. Л., Яковенко К. І. Методика дослідної справи в овочівництві баштанництві. 3 вид. Харків: Основа, 2001. 369 с.
4. Вдовенко С. А. Особливості застосування мікоризних препаратів за вирощування перцю солодкого в закритому ґрунті. Овочівництво і баштанництво. 2019. № 66. С. 39–46. [in Ukrainian]
5. Копилов Є. П. Ґрунтові гриби як біотичний чинник впливу на рослини. Сільськогосподарська мікробіологія. 2012. № 15–16 С. 7–28.
6. Копилов Є. П., Йовенко А. С. Використання мікробних препаратів для підвищення урожайності гречки посівної. Вісник аграрної науки. 2016. № 12. С. 25–28.
7. Корнієнко С. І., Рудь В. П., Кіях О. О., Терехіна Л. А. Концептуальні основи розвитку овочівництва та забезпечення продовольчої безпеки. Овочівництво і баштанництво. 2012. Вип. 58. С. 7–17.
8. Поливаний С. В. Регуляція ростових процесів і продуктивність рослин огірка за використання регуляторів росту. Вісник Уманського національного університету садівництва № 2, 2021. С. 3–8.
9. Мікробні препарати в сучасних аграрних технологіях: науково-практичні рекомендації / за ред. В. В. Волкогона. Київ, 2015. 248 с.
10. Царенко О. М., Злобін Ю. А. Комп'ютерні методи в сільському господарстві та біології: навчальний посібник. Суми: Видавництво „Університетська книга”, 2000. С. 45–57.
11. Яценко В. В. Формування продуктивності сої овочевої за використання біоінкулянтів та мікоризуючого препарату. Таврійський науковий вісник № 125. 2022. С. 111–118.
12. Malviya M., Li C., Solanki M., Lakshmanan P., Singh R. Verma Krishan & Singh, Pratiksha & Sharma, Anjney & Song, Qi-Qi & Nong, Qian & Zeng, Xu-Peng & Li, Yangrui. Large Rhizosphere Bacterial Diversity Exits Among Wild Progenitor Species of Modern Sugarcane (Saccharum Spp. Inter-Specific Hybrids). 2021, Front. Plant Sci., 24 February 2022. URL: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.829337>
13. Read DJ, Duckett JG, Francis R, Ligrón R, Russell A. Symbiotic fungal associations in 'lower' land plants. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. 2000 Jun 29;355(1398): 815–831. DOI: 10.1098/rstb.2000.0617.
14. Spagnoletti F., Balestrasse K., Lavado R., Giacometti R. Arbuscular mycorrhiza detoxifying response against arsenic and pathogenic fungus in soybean. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 133. 47–56. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.06.012>
3. Bondarenko H. L., Yakovenko K. I. Metodyka doslidnoi spravy v ovochivnytstvi bashtannytstvi. [Methods of research in vegetable and melon growing]. 3 vyd. Kharkiv: Osнова, 2001. 369 s. [in Ukraine]
4. Vdovenko S. A. Osoblyvosti zastosuvannya mikoryznykh preparativ za vyroshchuvannya pertsiiu solodkoho v zakrytomu grunti. [Peculiarities of the use of mycorrhizal preparations for the cultivation of sweet pepper in closed soil]. Ovocivnytstvo i bashtannytstvo. 2019. № 66. S. 39–46. [in Ukrainian]
5. Kopylov Ye. P. Gruntovi hryby yak biotychnyi chynnyk vplyvu na roslyny. Silskohospodarska mikrobiolohiia. [Soil fungi as a biotic factor affecting plants]. 2012. № 15–16 S. 7–28. [in Ukrainian]
6. Kopylov Ye. P., Yovenko A. S. Vykorystannia mikrobnykh preparativ dlia pidvyshchennia urozhainosti hrechky posivnoi. [The use of microbial preparations to increase the yield of buckwheat]. Visnyk ahrarnoi nauky. 2016. № 12. S. 25–28. [in Ukrainian]
7. Korniienko S. I., Rud V. P., Kiiakh O. O., Terokhina L. A. Kontseptualni osnovy rozvytku ovocivnytstva ta zabezpechennia prodovolchoi bezpeky [Conceptual bases of vegetable growing development and food security]. Ovocivnytstvo i bashtannytstvo. 2012. Vyp. 58. S. 7–17. [in Ukrainian]
8. Polyvanyi S.V. Rehuliatsiia rostovykh protsesiv i produktyvnist roslyn ohirka za vykorystannia rehulatoriv rostu. [Regulation of growth processes and productivity of cucumber plants using growth regulators]. Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva № 2, 2021. S. 3–8. [in Ukrainian]
9. Mikrobni preparaty v suchasnykh ahrarnykh tekhnolohiakh: naukovo-praktychni rekomendatsii. [Microbial preparations in modern agricultural technologies: scientific and practical recommendations] / za red. V. V. Volkohona. Kyiv, 2015. 248 s. [in Ukrainian]
10. Tsarenko O. M., Zlobin Yu. A. Komp'uterni metody v silskomu hospodarstvi ta biolohii. [Computer methods in agriculture and biology]: navchalnyi posibnyk. Sumy: Vydavnytstvo „Universytetska knyha”, 2000. S. 45–57. [in Ukrainian]
11. Iatsenko V.V. Formuvannia produktyvnosti soi ovochevoi za vykorystannia bioinkuliantiv ta mikoryzoutvoriuchoho preparatu. [Formation of the productivity of vegetable soybeans using bioinoculants and a mycorrhizal preparation]. Tavriiskyi naukovi visnyk № 125. 2022. S. 111–118. [in Ukrainian]
12. Malviya M., Li C., Solanki M., Lakshmanan P., Singh R. Verma Krishan & Singh, Pratiksha & Sharma, Anjney & Song, Qi-Qi & Nong, Qian & Zeng, Xu-Peng & Li, Yangrui. Large Rhizosphere Bacterial Diversity Exits Among Wild Progenitor Species of Modern Sugarcane (Saccharum Spp. Inter-Specific Hybrids). 2021, Front. Plant Sci., 24 February 2022. URL: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.829337>
13. Read DJ, Duckett JG, Francis R, Ligrón R, Russell A. Symbiotic fungal associations in 'lower' land plants. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. 2000 Jun 29;355(1398): 815–831. DOI: 10.1098/rstb.2000.0617.
14. Spagnoletti F., Balestrasse K., Lavado R., Giacometti R. Arbuscular mycorrhiza detoxifying response against arsenic and pathogenic fungus in soybean. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 133. 47–56. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.06.012>

REFERENCES:

1. Antoniuk H. L., Kalynets-Mamchur Z. I., Dudka I. O., Babych N. O., Panas N. Ye. Ekolohiia hrybiv: monohrafiia. [Ecology of fungi: monograph]. Lviv: LNU imeni Ivana Franka, 2013. 628 s. [in Ukrainian]
2. Barabash O. Yu., Taranenko L. K., Sych Z. D. Biolohichni osnovy ovocivnytstva [Biological basics of vegetable growing]: navchalnyi posibnyk / za red. O. Yu. Barabasha. K.: Aristei, 2005. 348 s. [in Ukrainian]

Юрченко С.О., Баган А.В., Сіленок І.Д., Богата І.В.
Вплив мікоризного препарату на формування урожайності гібридів огірка посівного в умовах захищеного ґрунту

Мета. Метою наших досліджень було вивчення впливу мікоризного препарату Мікофренд на урожайності гібридів огірка в умовах захищеного ґрунту.

Методи. Вегетаційний метод досліджень передбачав визначення впливу застосування препарату Мікофренд для передпосівної підготовки насіння та кореневого підживлення рослин у фазі 5–6 листків. Матеріалом дослідження були гібриди огірка: Спіно F1, Еколь F1, Пасалімо F1 і Пасамонте F1. У кожному варіанті оцінювали по 10 рослин за основними біометричними показниками: довжина стебла, кількість листків, площа листової поверхні рослини. Загальна урожайність гібридів огірка по варіантах дослідів формувалася з збору зеленця, який проводили через кожні 2–3 доби на початку плодоношення і щоденно в період масового плодоношення. Маса плодів кожного збору додавалась і перераховувалась в загальну врожайність в кг/м².

За допомогою статистичного методу шляхом дисперсійного аналізу було встановлено найменшу істотну різницю.

Результати досліджень. Нашими дослідженнями підтверджено ефективність мікоризи на формування основних біометричних параметрів рослин огірка: довжини стебла, кількості листків, площі листової поверхні. Застосування препарату для передпосівного замочування насіння огірка сприяло збільшенню довжини стебла на 7,9%, кількості листків на 13,3%, площі листової поверхні на 9,2%; для кореневого підживлення у фазі 5–6 листків рослин гібридів огірка – збільшенню довжини стебла на 6,1%, кількості листків на 9,3%, площі листової поверхні на 7,7%. Дворазове застосування препарату Мікофренд забезпечило збільшення довжини стебла на 14,6%, кількості листків на 24,7%, площі листової поверхні на 19,3%. Аналіз даних урожайності показав, що застосування мікоризного препарату Мікофренд за вирощування гібридів огірка в умовах захищеного ґрунту сприяє збільшенню врожайності. Зокрема, за передпосівного замочування насіння в розчині загальна урожайність збільшилась на 50,1%; кореневого підживлення у фазі 5–6 листків – на 47,2%; дворазового застосування – на 77,2%.

Висновки. Встановлено, що для забезпечення високої урожайності гібридів огірка посівного в умовах захищеного ґрунту необхідно застосовувати: передпосівне замочування насіння в розчині Мікофренд (10 г/л) і кореневе підживлення рослин у фазі 5–6 листків розчином Мікофренд (2 г/л).

Ключові слова: мікориза, гібрид, загальна урожайність, біометричні показники рослин, огірок посівний.

Yurchenko S.O., Bahan A.V., Silenok I.D., Bohata I.V.
The effect of a mycorrhizal preparation on the formation of yield of cucumber hybrids under protected soil conditions

Goal. The purpose of our research was to study the effect of the mycorrhizal drug Micofrend on the yield of cucumber hybrids under protected soil conditions.

Methods. The vegetative method of research involved determining the impact of the use of Micofrend for pre-sowing seed preparation and root feeding of plants in the 5–6 leaf phase. The research material was cucumber hybrids: Spino F1, Ecole F1, Pasalimo F1 and Pasamonte F1. In each variant, 10 plants were evaluated according to the main biometric indicators: stem length, number of leaves, area of the leaf surface of the plant. The total yield of cucumber hybrids according to the experiment was formed from the collection of greens, which was carried out every 2–3 days at the beginning of fruiting and daily during the period of mass fruiting. The weight of the fruits of each collection was added and converted into the total yield in kg/m². With the help of the statistical method by means of dispersion analysis, the smallest significant difference according.

Research results. Our research has confirmed the effectiveness of mycorrhiza on the formation of basic biometric parameters of cucumber plants: stem length, number of leaves, leaf surface area. The use of the preparation for pre-sowing cucumber seeds increased the length of the stem by 7.9%, the number of leaves by 13.3%, and the area of the leaf surface by 9.2%; for root feeding in the phase of 5–6 leaves of cucumber hybrid plants – to increase the length of the stem by 6.1%, the number of leaves by 9.3%, the area of the leaf surface by 7.7%.

Two-time use of the Micofrend drug increased the length of the stem by 14.6%, the number of leaves by 24.7%, and the area of the leaf surface by 19.3%. The analysis of yield data showed that the use of the mycorrhizal drug Micofrend for growing cucumber hybrids in protected soil conditions increases yield. In particular, during the pre-sowing soaking of seeds in the solution, the total yield increased by 50.1%; root feeding in the phase of 5–6 leaves – by 47.2%; double use – by 77.2%.

Conclusions. It was established that in order to ensure a high yield of cucumber hybrids in protected soil conditions, it is necessary to apply: pre-sowing soaking of seeds in Micofrend solution (10 g/l) and root feeding of plants in the phase of 5–6 leaves with Micofrend solution (2 g/l).

Key words: mycorrhiza, hybrid, total yield, biometric indicators of plants, cucumber seed.

УРОЖАЙНІСТЬ, ЯКІСТЬ І ЗБЕРЕЖЕНІСТЬ ГІБРИДІВ ЦИБУЛІ РІПЧАСТОЇ

ЯРОВИЙ Г.І. – доктор сільськогосподарських наук, професор

orcid.org/0000-0003-1319-4601

Державний біотехнологічний університет

ГОРДІЄНКО І.М. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

orcid.org/0000-0002-6327-7475

Державний біотехнологічний університет

КАЛАШНИК І.М. – аспірант

orcid.org/0009-0001-0698-6611

Державний біотехнологічний університет

Вступ. Важливим чинником одержання стабільно високих урожаїв цибулі ріпчастої є правильний підбір сортів. У наш час зміни клімату пріоритетним напрямом є вирощування сортів і гібридів овочевих рослин, адаптованих до умов вирощування з високим рівнем стійкості до біотичних і абіотичних стресів (посухи різного типу, екстремальні температури, ґрунтове засолення, хвороби і шкідники).

Цибуля ріпчаста серед овочевих рослин є однією з найбільш цінних і поширених культур, займаючи в Україні до 10% структури посівних площ під овочами. Харчова цінність її полягає у високому вмісті цінних речовин: білків (2%), цукру (6-12%), мінеральних солей (0,6-1,14%), вітамінів (А, В, В1, В2, З, РР), ефірної олії, фітонцидів та ін. У складі мінеральних солей цибулі значна кількість калію, фосфору, кальцію, заліза, цинку, алюмінію, міді і інших елементів [1, 12].

Норма споживання цибулі, згідно медичних норм, розроблених Київським інститутом гігієни харчування, повинна складати 9-11 кг на одну людину на рік. Проте потреба населення в овочах, у цілому повністю ще не задовольняється [3, 18]. Споживання цибулі ріпчастої для людини бажане впродовж року, проте існує проблема її збереженості в зимовий період через ураження численними хворобами.

Агрокліматичні умови північного Степу України сприятливі для вирощування цибулі ріпчастої, а відтак отримання сталих та високих урожаїв. Одним із важливих елементів підвищення врожайності цибулі ріпчастої є правильний вибір сорту чи гібрида, стійкого до хвороб і шкідників.

Державний реєстр сортів рослин України придатних для поширення в Україні [6], допущених до використання на території України щороку поповнюється великою кількістю сортів і гібридів, які вирощують у конкретних кліматичних зонах і які є перспективними. Нині налічується 212 сортів і гібридів цибулі ріпчастої, з них 86 – зарубіжних, в основному голландській селекції. Часто сорти чи гібриди реєструють без господарської характеристики і якісних показників, що не дає змоги фермерам та науковцям більш детально ознайомитись із сортом або гібридом цибулі. Іноді з великої кількості сортів чи гібридів лише одиниці конкурентоспроможні за господарськими, економічними та якісними показниками, на які орієнтується ринок.

Одним із основних чинників вибору споживачем того чи іншого сорту (гібрида) є його якість і товарний вигляд. Проте фермер не вирощуватиме сорт або гібрид цибулі з низькою врожайністю та поганою лежкістю. Для господарського вирощування культури всі якісні показники мають збігатися з їхніми високою врожайністю, лежкістю, товарним виглядом та смаковими якостями [8, 9]. Відповідно, через недостатнє вивчення нових сортів та гібридів цибулі ріпчастої у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах неможливо впевнено впроваджувати їх у виробництво.

Тому вивчення різних гібридів цибулі в даних умовах за перерахованими ознаками, представляється актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. До теперішнього часу в літературі накопичені певні відомості про потенціал адаптивності та продуктивності цибулі ріпчастої (*Allium cepa* L.) і їх використання в селекції [17, 11, 2, 4].

Сорти і гібриди цибулі ріпчастої повинні характеризуватися високою продуктивністю, стійкістю до найбільш шкочинних хвороб і шкідників, здатністю до тривалого зберігання, підвищеним вмістом поживних і біологічно активних речовин для використання продукції у свіжому вигляді та в якості сировини для різних видів переробки.

Теоретичні і прикладні аспекти підвищення продуктивності цибулі ріпчастої знайшли відображення в працях вітчизняних учених: Городній М.М., Бикіна Н.М., Музика Л.П., Парамонова Т.В., Ходеева Л.П. У роботах вчених відображені біологічні особливості культури, господарське значення, способи і технології вирощування, вплив мінеральних добрив на врожайність і якість цибулин, способи зберігання.

У дослідженнях, проведених Федорчук М.І., Свиридовським В.М. встановлено вплив режимів зрошення та захисту рослин на продуктивність цибулі ріпчастої за вирощування при краплинному способі поливу в умовах півдня України.

Запропоновано методичні підходи з визначення конкурентоспроможності плодовоовочевої продукції, зокрема цибулі ріпчастої [10]. В основу методики покладено оцінку господарських, товарознавчих і інших показників конкурентоспроможності за допомогою рангових інтервалів, оцінених балами, і відповідних коефіцієнтів значущості.

Мета досліджень. Метою роботи є оцінка врожайності, якості та лежкоздатності гібридів цибулі ріпчастої

зарубіжної селекції, вирощених в умовах північного Степу України.

Методика та вихідний матеріал. Дослідження проводили в 2021-2022 рр. у овочевій сівозміні фермерського господарства «МРІЯ-АГРО» Дніпровського району, Дніпропетровської області, що розташоване в зоні північного Степу України. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем звичайний малоґумусний (2,2-2,4 %) середньосугинковий. Вміст азоту у ґрунтах низький (0,03-0,05 мг/кг), фосфору та калію – середній та підвищений (0,2-0,3 мг і 0,25-0,35 мг на 1 кг сухого ґрунту відповідно), РН – 5,5-5,6. Агротехнічні прийоми типові для вирощування цибулі ріпчастої з використанням системи крапельного зрошення. Збирання врожаю проводили вручну при масовому (75%) поляганні надземної частини цибулі ріпчастої.

Об'єктами досліджень були 11 гібридів напівгострої цибулі ріпчастої: Орленда F1, Седона F1, Меллорі F1, Манас F1, Сонома F1, Сабросо F1; Дерек F1 (Голландія); Хайзингер F1 і Хайтек F1, Хайтун F1 (Нідерланди); Медуза F1 (Японія). Площа облікової ділянки у досліді 10 м², повторність – чотириразова.

Дослідження виконано згідно методичних вказівок у галузі овочівництва за редакцією Г.Л. Бондаренка і К.І. Яковенка [13], що включали фенологічні спостереження, облік густоти рослин, біометричні вимірювання та інші згідно програми досліджень. Облік урожаю цибулі ріпчастої з розподілом на товарну та нетоварну фракції проводили згідно до вимог ДСТУ 3234-95 [7].

Дослідження по зберіганню цибулі ріпчастої виконано на базі кафедри плодоовочівництва і зберігання впродовж 2021-2022 рр. Зразки цибулі ріпчастої зберігали у холодильній камері Polair Standard KXH-8 протягом п'яти місяців.

У дослідженні використано методи: *спеціальні* – польові короткострокові досліді, загальноприйняті лабораторні та аналітичні методи дослідження; *статистичні* – для визначення достовірності результатів інше.

Результати досліджень. Досліджено 11 гібридів цибулі ріпчастої напівгострої, у тому числі середньоран-

ніх – 3, середньостиглих – 5, середньопізніх – 2 і пізньостиглих – 1.

Аналізуючи дані таблиці 1, можна відзначити, що в середньому врожайність гібридів цибулі ріпчастої у 2022 році була вище на 3,5 т/га (79,0 т/га), ніж у 2021 році (75,5 т/га).

За дворічними даними врожайність середньоранніх гібридів коливалась у середньому була на рівні 67,8-76,0 т/га; середньостиглих – 77,0-92,5 т/га; у середньопізніх – 71-81 т/га; у пізньостиглого гібриду Хайзингер F1 – 68,0 т/га. Але всі вони як з високою, так і низькою урожайністю занесені до Державного Реєстру сортів рослин України.

У групі середньоранніх гібридів найменша урожайність була відзначена у гібриду Хайтун F1, так у 2021 році отримано 65,0 т/га, в 2022 році – 70,5 т/га. У середньому за два роки досліджень урожайність становила – 67,8 т/га.

Вирощування гібридів середньостиглої цибулі ріпчастої дозволяє одержати більш високий урожай. Найбільшою урожайністю виділявся гібрид Седона F1 – 92,5 т/га. Значно нижчу врожайність забезпечили гібриди: Сонома F1 (85,0 т/га), Манас F1 (80,5 т/га), Орленда F1 (79,0 т/га), і Дерек F1 (77,0 т/га) – менший відповідно на 7,5; 12,0; 13,5; 15,5 т/га. Математична обробка даних свідчить про істотність вказаної різниці.

Група середньопізніх гібридів представлена двома гібридами – Хайтек F1 і Сабросо F1. За врожайністю виділявся гібрид Сабросо F1 (81,0 т/га), який на 10 т/га перевищив урожайність гібриду Хайтек F1 (71 т/га).

Низьку кількість товарної продукції було отримано у пізньостиглого гібриду Хайзингер F1 – 68,0 т/га.

Вміст основних компонентів хімічного складу цибулин при вирощуванні гібридів цибулі ріпчастої був порівняно високим (табл. 2).

Найбільшим вмістом сухої речовини відзначився середньоранній гібрид цибулі ріпчастої Меллорі F1 – 8,90 % (табл. 2). Середньоранній гібрид Хайтун F1 і середньостиглий гібрид Седона F1 за вмістом сухої речовини були майже на одному рівні в межах 7,26

Таблиця 1

Урожайність гібридів цибулі ріпчастої

Групи гібридів	Гібрид F1	Країна походження	Урожайність, т/га		Середня урожайність, т/га
			2021 р.	2022 р.	
Середньоранні	Меллорі F1	Нідерланди	70,0	75,0	72,5
	Хайтун F1	Нідерланди	65,0	70,5	67,8
	Медуза F1	Японія	72,0	80,0	76,0
Середньостиглі	Орленда F1	Голландія	75,0	83,0	79,0
	Седона F1	Голландія	95,0	90,0	92,5
	Манас F1	Нідерланди	81,0	80,0	80,5
	Сонома F1	Нідерланди	85,0	85,0	85,0
	Дерек F1	Нідерланди	73,0	81,0	77,0
Середньопізні	Хайтек F1	Голландія	70,0	72,0	71,0
	Сабросо F1	Нідерланди	77,0	85,0	81,0
Пізньостиглі	Хайзингер F1	Нідерланди	68,0	68,0	68,0
НІР ₀₅			4,70	3,91	

Таблиця 2

Вміст компонентів хімічного складу цибулин гібридів цибулі ріпчастої, 2021-2022 рр.

Групи гібридів	Гібрид F1	Суша речовина, %	Загальний цукор, %	Вітамін С, мг/100 г	Нітрати, мг/кг
Середньо-ранні	Мелорі F1	8,90	7,14	9,80	69,8
	Хайтьюн F1	7,26	5,20	8,96	69,8
Середньо-стигли	Орленда F1	5,76	4,22	8,68	61,6
	Седона F1	7,48	5,70	8,40	72,2
НІР ₀₅		0,36	0,26	0,41	5,51

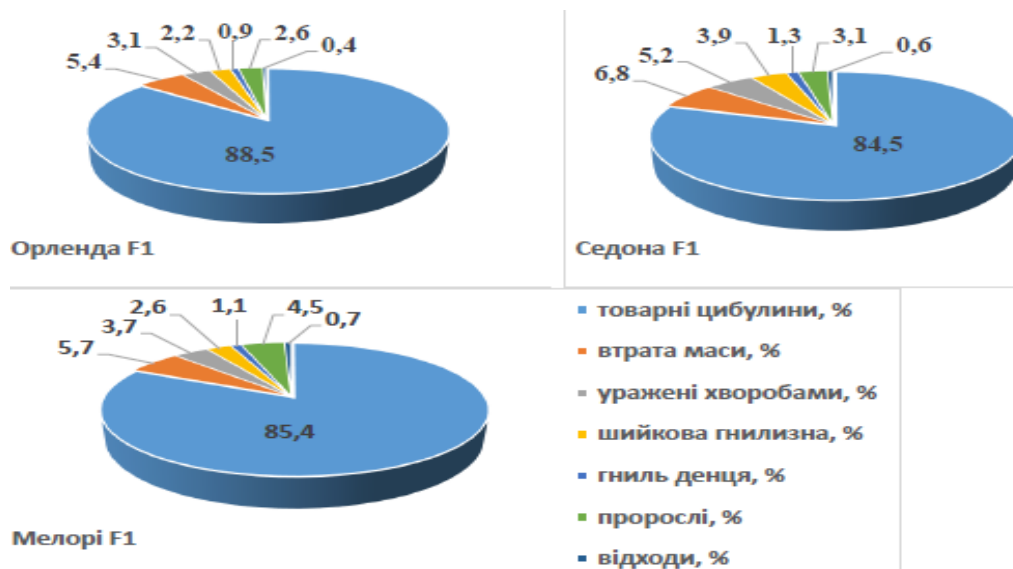


Рис. 1. Збереженість цибулі-ріпки залежно від гібриду, 2021-2022 рр.

і 7,48 % відповідно. У середньостиглого гібриду Орленда F1 вміст даного показника був найменшим – 5,76 %.

За змістом загального цукру лідером також залишається середньоранній гібрид Орленда F1 (7,14 %), менше усіх вміст середньостиглого гібриду Орленда F1 (4,22 %), у гібридів середньораннього Хайтьюн F1 і середньостиглого Седона F1 в межах від 5,20 до 5,70 %.

Найбільший вміст вітаміну С був у середньораннього гібриду цибулі ріпчастої Мелорі F1 – 9,80 %, на другому місці гібрид F1 Хайтьюн F1 – 8,96 мг %. У середньостиглих гібридів Орленда F1 і Седона F1 вміст вітаміну С був приблизно на одному рівні – 8,68 мг % і 8,40 мг %. Біохімічні показники дозволяють зробити вибір на користь того або іншого гібриду залежно від цілей вирощування і планування щодо зберігання врожаю або продажу його з поля.

Нітратів у цибулинах гібридів цибулі ріпчастої містилось 61,6-72,2 мг/кг, що не перевищувало максимально допустимого рівня (МР= 80 мг/кг).

Результати досліджень по зберіганню цибулі ріпчастої: середньораннього гібриду Мелорі F1, середньостиглих гібридів Орленда F1 і Седона F1 наведено на рис. 1.

При порівняльній оцінці лежкоздатності гібридів цибулі можна зробити наступні висновки. В умовах низької температури (-1°C) і вологості 90 % із досліджуваних гібридів цибулі ріпчастої кращою збереженістю відзначався середньостиглий гібрид Орленда F1, вихід товарної цибулі через 5 місяців зберігання становив 88,5 %. Дещо поступається йому середньоранній гібрид Мелорі F1 – 85,4 %. Найнижчий рівень збереженості був у гібриду Седона F1 (84,5 %).

Природні втрати маси не перевищували 10 % і були найбільшими у середньостиглого гібриду Седона F1 (6,8 %), у гібридів Орленда F1 і Мелорі F1 практично однаковими, відповідно 5,4 % і 5,7 %.

Хвороби не чинили негативного впливу, але у цибулі Седона F1 були найбільшими – 5,2 %.

Втрати від проростання спостерігали у всіх гібридів цибулі ріпчастої. Можна відмітити, що найбільшими вони були у середньораннього гібриду Мелорі F1 (4,48 %).

При порівнянні збереженості гібридів цибулі ріпчастої простежується тенденція залежності між втраченою масою і втратами від хвороб. Так, у цибулин гібриду Седона F1, які мали більші втрати маси (6,8 %), втрати від хвороб були вищі (5,2 %) і, навпаки, у цибулин

гібриду Орленда F1 із меншою втратою маси (5,4 %) втрати від загнивання були меншими (3,1 %).

У період зберігання цибулини найбільше захворювали шийковою гниллю (*B. allii*) і менше – гниллю денця (*F. oxysporum f. sepeve*, *Sc. cepivorum*). Втрати цибулі від хвороб коливались в межах 3,1-5,2 %.

Висновки. Вирощування гібридів середньостиглої цибулі ріпчастої дозволяє одержати більш високий урожай, порівняно з гібридами інших груп стиглості. Найвищу врожайність забезпечив середньостиглий гібрид Седона F1 – 92,5 т/га.

Вміст компонентів хімічного складу цибулин цього гібриду також був вищий.

Гібриди, що вивчалися, придатні для тривалого зберігання. Природні втрати маси під час зберігання не перевищували 10 %, основні втрати в процесі зберігання були відмічені від хвороб (переважно шийкова гнилизна), а також із-за проростання. Краще зберігався середньостиглий гібрид Орленда F1 (88,5 %).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Барабаш О.Ю., Шрам О.Д., Гутиря С.Т. Цибулинні овочеві культури. К.: Вища школа, 2002. 88 с.
2. Біленька О. М., Роземборський М. М. Адаптивна здатність і стабільність продуктивності у сортів цибулі ріпчастої. *Овочівництво і баштанництво : міжвідомчий тем. наук. зб. Х., 2002* Вип. 47. С. 171-174.
3. Вирощування цибулі ріпчастої скоростиглих сортів : метод. реком. / за ред. О. Д. Вітанова. Х., 2005. 12 с.
4. Горган Н.О. *Peronospora destructor* Casp. і *Botrytis allii* Munn. у північних районах України. *Науковий вісник НАУ. К., 2007*. Вип. 109. С. 99-105.
5. Городній М.М., Бикіна Н.М. Вплив умов живлення цибулі ріпчастої на якісні показники продукції та зберігання. *Науковий вісник НАУ. 2000*. № 31. С. 105-109.
6. Державний реєстр сортів рослин придатних для поширення в Україні. Офіційний сайт Міністерства аграрної політики та продовольства України. Київ. 2023. URL: <http://minagro.gov.ua> (дата звернення 18.09.2023).
7. ДСТУ 3234-95. Цибуля ріпчаста свіжа. Технічні умови. Київ : Держстандарт України, 1995. 17 с.
8. Колтунов В., Гордієнко І. Який сорт цибулі кращий? *Ж. Плантатор. 2014*. № 1 (13). С. 78-82.
9. Колтунов В. А. Якість плодощовкової продукції та технології її зберігання. У 2 ч.: монографія. Київ: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2004. 249 с.
10. Колтунов В. А., Гордієнко І. М. Якість і конкурентоспроможність сортів і гібридів цибулі ріпчастої. *Овочівництво і баштанництво : міжвідомчий тем. наук. зб. Х., 2013*. Вип. 59. С. 140-151.
11. Кравченко В. А. Генетика і селекція овочевих і баштанних культур в Україні. *Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть: У 4 т. / Редкол.: В. В. Моргун (голов, ред.) та ін. К.: Логос, 2001*. Т. 3. 303-328.
12. Лимар А. О., Лимар В. А., Наумов А. О. Вплив режимів зрошення, способів поливу, доз добрив на врожай цибулі ріпчастої в зоні Нижньодніпровських піщаних ґрунтів. *Таврійський науковий вісник. Херсон: Айлант, 2012*. Вип. 81. С. 92-98.

13. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві / за ред. Г. Л. Бондаренка, К. І. Яковенка. 3-є вид. Х.: Основа, 2001. 369 с.
14. Музика Л.П. Обґрунтування елементів і прийомів технології вирощування цибулі ріпчастої з насіння та сіянки в Лісостепу України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : 06.01.06. УААН. ІОБ. Харків, 2005. 20 с.
15. Парамонова Т.В., Ходєєва Л.П. Ефективність систем удобрення цибулі ріпчастої в овоче-кормовій зрошуваній сівозміні Лівобережного Лісостепу України. *Овочівництво і баштанництво: міжвідомчий тематичний науковий збірник. 2016*. Вип. 62. С. 228-237.
16. Федорчук М. І., Свиридовський В. М. Наукове обґрунтування технології вирощування цибулі ріпчастої за краплинного зрошення на півдня України: монографія. Херсон: Айлант, 2018. 184 с.
17. Фесенко Л. П., Фесенко І. В. Новий сорт цибулі ріпчастої Маяк. *Овочівництво і баштанництво: міжвідомчий тем. наук. зб. Х.: 1999*. Вип. 43. С. 94-95.
18. Яровий Г. І., Севідов В. П. Вплив строку висадки розсади на урожайність огірка в плівкових теплицях без обігріву. *Вісник ХНАУ. Серія: Рослинництво, селекція і насінництво, плодощовівництво і зберігання. 2016*. №. 2. С. 43-49.

REFERENCES:

1. Barabash, O.Iu, Shram O.D., Hutyria, S.T. (2002). *Tsybulynni ovochevi kultury*. [Bulbous vegetable crops]. Kyiv : Vyshcha shkola. [in Ukrainian].
2. Bilenska, O. M., Rozemborskyi, M. M. (2002). Adaptivna zdatsnist i stabilnist produktyvnosti u sortiv tsybuli ripchastoi. [Adaptability and productivity stability of onion varieties] *Ovochivnytstvo i bashtannytstvo : mizhvidomchyi tem. nauk. zb. Kharkiv, (47)*. 171-174. [in Ukrainian].
3. Vitanov, O. D. (Ed.) (2005). *Vyroshchuvannya tsybuli ripchastoi skorostyhykh sortiv : metod. rekom.* [Cultivation of spring onions of precocious varieties : method. recom.]. Kharkiv. [in Ukrainian].
4. Horhan, N.O. (2007). *Peronospora destructor* Casp. i *Botrytis allii* Munn. u pivnichnykh raionakh Ukrainy. [Peronospora destructor Casp. and Botrytis allii Munn. in the northern regions of Ukraine]. *Naukovyi visnyk NAU. Kyiv, (109)*. 99-105. [in Ukrainian].
5. Horodnii, M.M., Bykina, N.M. (2000). Vplyv umov zhyvlennia tsybuli ripchastoi na yakisni pokaznyky produktii ta zberihannia. [The influence of onion feeding conditions on quality indicators of production and storage]. *Naukovyi visnyk NAU. Kyiv, (31)*. 105-109. [in Ukrainian].
6. Derzhavnyi reiestr sortiv roslin prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini (2023). Ofitsiyni sait Ministerstva ahranoi polityky ta prodovolstva Ukrainy. [Official site of Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine]. Retrieved from <http://minagro.gov.ua> [in Ukrainian].
7. *Tsybulia ripchasta svizha. Tekhnichni umovy*. [Fresh onions. Specifications.]. DSTU 3234-95. Kyiv : Derzhstandart Ukrainy, 1995. [in Ukrainian].
8. Koltunov, V., Hordiienko, I. (2014). Yakii sort tsybuli krashchyi? [Which variety of onion is the best?]. *Zh. Plantator. 1(13)*. 78-82. [in Ukrainian].
9. Koltunov, V. A. (2004). *Yakist plodoovochivoi produktii ta tekhnolohiia yii zberihannia. U 2 ch.: monohrafiia*. [The quality of fruit and vegetable products and their

- storage technology. In 2 parts: monograph.]. Kyiv: Kyiv. nats. torh.-ekon. un-t. [in Ukrainian].
10. Koltunov, V. A., Hordiienko, I. M. (2013). Yakist i konkurentospromozhnist sortiv i hibrydiv tsybuli ripchastoi. [Quality and competitiveness of onion varieties and hybrids]. *Ovochivnytstvo i bashtannytstvo : mizhvidomchy tem. nauk. zb.* Kharkiv, (59). 140-151. [in Ukrainian]. [in Ukrainian].
 11. Kravchenko, V. A. (2001). Henetyka i selektsiia ovochevykh i bashtannykh kultur v Ukraini. [Genetics and selection of vegetable and melon crops in Ukraine]. In *Henetyka i selektsiia v Ukraini na mezhi tysiacholit: U 4 t. / Redkol.: V. V. Morhun (holov, red.) ta in.* [Genetics and breeding in Ukraine at the turn of the millennium: In 4 vol. / Edited by: V.V. Morgun (chief editor) and others]. (Vol. 3, pp. 303-328). Kyiv : Lohos. [in Ukrainian].
 12. Lymar, A. O., Lymar, V. A., Naumov, A. O. (2012). Vplyv rezhymiv zroshennia, sposobiv polyvu, doz dobryv na vrozhai tsybuli ripchastoi v zoni Nyzhnodniprovskykh pishchanykh gruntiv. [The effect of irrigation regimes, watering methods, and fertilizer doses on onion yields in the Nizhny Dnieper sandy soil zone]. *Tavriiskyi nauk. visnyk.* Kherson: Ailant. (81). 92-98. [in Ukrainian].
 13. Bondarenko, H. L., Yakovenko, K. I. (Eds) (2001). *Metodyka doslidnoi spravy v ovochivnytstvi i bashtannytstvi / 3-ye vyd.* [Methods of research in vegetable growing and melon growing, 3rd edition.]. Kharkiv : Osnova. [in Ukrainian].
 14. Muzyka, L.P. (2005). *Obhruntuvannia elementiv i pryiomiv tekhnolohii vyroshchuvannia tsybuli ripchastoi z nasinnia ta siianky v Lisostepu Ukrainy.* [Justification of the elements and techniques of onion cultivation technology from seeds and seedlings in the Forest Steppe of Ukraine]. (Extended abstract of candidate's thesis). UAAN. IOB. Kharkiv. [in Ukrainian].
 15. Paramonova, T.V., Khodieieva, L.P. (2016). Efektyvnist system udobrennia tsybuli ripchastoi v ovoche-kormovii zroshuvanii sivozmini Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. [Effectiveness of onion fertilization systems in vegetable-forage irrigated crop rotation of the Left Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Ovochivnytstvo i bashtannytstvo: mizhvidomchy tematychnyi naukovyi zbirnyk.* Kharkiv, (62). 228-237 [in Ukrainian].
 16. Fedorchuk, M. I., Svyrydovskyi, V. M. (2018). *Naukove obgruntuvannia tekhnolohii vyroshchuvannia tsybuli ripchastoi za kraplynnoho zroshennia na pivdnia Ukrainy: monohrafiia.* [Scientific justification of onion cultivation technologies under drip irrigation in southern Ukraine: monograph]. Kherson: Ailant. [in Ukrainian].
 17. Fesenko, L. P., Fesenko, I. V. (1999). Novyi sort tsybuli ripchastoi Maiak. [A new variety of Mayak onion]. *Ovochivnytstvo i bashtannytstvo: mizhvidomchy tem. nauk. zb.* Kharkiv, (43). 94-95. [in Ukrainian].
 18. Yarovyi, H. I., Sievidov, V. P. (2016). Vplyv stroku vysadky rozsady na urozhainist ohirka v plivkovykh teplytsiakh bez obihryvu. [The influence of the date of planting seedlings on the yield of cucumber in film greenhouses without heating]. *Visnyk KhNAU. Seriya: Roslynnytstvo, selektsiia i nasinnnytstvo, plodoovochochivnytstvo i zberihannia.* Kharkiv, (2). 43-49. [in Ukrainian].
- Яровий Г.І., Гордієнко І.М., Калашник І.М. Урожайність, якість і збереженість гібридів цибулі ріпчастої**
- У дослідженні висвітлено матеріали досліджень щодо вивчення гібридів цибулі ріпчастої (*Allium cepa* L.) різного географічного походження за основними господарсько-цінними ознаками: урожайністю і вмістом компонентів хімічного складу цибулин гібридів цибулі ріпчастої, збереженістю цибулі-ріпки. **Мета досліджень** – оцінка врожайності, якості та лежкоздатності гібридів цибулі ріпчастої зарубіжної селекції, вирощених в умовах північного Степу України. **Методи.** Дослідження виконано упродовж 2021–2022 рр. у овочевій сівозміні фермерського господарства «МРІЯ-АГРО» Дніпровського району, Дніпропетровської області, що розташоване в зоні північного Степу України. Об'єктами досліджень були 11 гібридів напівгострої цибулі ріпчастої: Орленда F1, Седона F1, Меллорі F1, Манас F1, Сонома F1, Сабросо F1; Дерек F1 (Голландія); Хайсингер F1 і Хайтек F1, Хайтун F1 (Нідерланди); Медуза F1 (Японія). У дослідженні використано методи: **спеціальні** – польові короткострокові досліді, загальноприйняті лабораторні та аналітичні методи дослідження; **статистичні** – для визначення достовірності результатів інше. **Результати.** Урожайність середньоранніх гібридів коливалась в межах 67,8-76,0 т/га; середньостиглих – 77,0-92,5 т/га; у середньопізніх – 71-81 т/га; у пізньостиглого гібриду Хайзингер F1 – 68,0 т/га. У групі середньоранніх гібридів найменша урожайність була у гібриду Хайтун F1 (67,8 т/га). Найбільшою урожайністю виділявся гібрид середньостиглої групи Седона F1 – 92,5 т/га. Найбільший вміст сухої речовини, загального цукру і вітаміну С був у середньораннього гібриду Меллорі F1. Нітратів у цибулинах гібридів цибулі ріпчастої містилось 61,6-72,2 мг/кг, що не перевищувало максимально допустимого рівня (МР= 80 мг/кг). Вихід товарної цибулі через 5 місяців зберігання становив 84,5-88,5 %. **Висновки.** Вирощування гібридів середньостиглої цибулі ріпчастої дозволяє одержати більш високий урожай, порівняно з гібридами інших груп стиглості. Найбільшу врожайність забезпечив середньостиглий гібрид Седона F1 – 92,5 т/га. Вміст компонентів хімічного складу цибулин цього гібриду також був вищий. Гібриди, що вивчалися, придатні для тривалого зберігання. Природні втрати маси під час зберігання не перевищували 10 %, основні втрати в процесі зберігання були відмічені від хвороб (переважно шийкова гнилизна), а також із-за проростання. Краще зберігався середньостиглий гібрид Орленда F1 (88,5 %).
- Ключові слова:** цибуля, гібрид, урожайність, хімічного складу цибулин, лежкість, збереженість.
- Yarovyi G.I., Hordiienko I.M., Kalashnyk I.M. Yield, quality and preservation of onion hybrids**
- The work research materials on the study of onion hybrids (*Allium cepa* L.) of different geographical origins according to the main economically valuable characteristics: productivity and the content of components of the chemical composition of bulbs, preservation of onion hybrids. **The goal of the research** is to estimate yield, quality and preservation capacity of onion hybrids of foreign selection, grown in the conditions of the Northern

Steppe of Ukraine. **Methods.** The research was carried out during 2021–2022 in the vegetable crop rotation of the “MRIYA-AGRO” farm of the Dnipro district, Dnipropetrovsk region, located in the Northern Steppe zone of Ukraine. The objects of research were 11 semi-hot onion hybrids: Orlenda F1, Sedona F1, Mallory F1, Manas F1, Sonoma F1, Sabroso F1; Derek F1 (Netherlands); Hysinger F1 and Hytech F1, Hytune F1 (Netherlands); Medusa F1 (Japan). The research used methods: special field short-term experiments, generally accepted laboratory and analytical research methods; statistical – to determine the reliability of the results, other. **The results.** The yield of mid-early hybrids ranged from 67.8 to 76.0 t/ha; medium-ripe – 77.0–92.5 t/ha; in mid-late – 71–81 t/ha; in the late-ripening Hysinger F1 hybrid – 68.0 t/ha. In the group of mid-early hybrids, the lowest yield was the Hytune F1 hybrid (67.8 t/ha). The hybrid of medium maturity group

Sedona F1 stood out with the highest yield – 92.5 t/ha. The highest content of dry matter, total sugar and vitamin C was in the medium-early hybrid Mallory F1. Nitrates in bulbs of onion hybrids were 61.6–72.2 mg/kg, which did not exceed the maximum permissible level (MR = 80 mg/kg). The yield of marketable onions after 5 months of storage was 84.5–88.5%. **Conclusions.** Cultivation of medium-ripe onion hybrids allows to obtain a higher yield, compared to hybrids of other maturity groups. The highest yield was provided by the mid-ripening hybrid Sedona F1 – 92.5 t/ha. The content of the components of the chemical composition of the bulbs of this hybrid was also higher. The studied hybrids are suitable for long-term storage. Natural weight loss during storage did not exceed 10%, the main losses during storage were due to diseases.

Key words: onion, hybrid, yield, chemical composition of bulbs, shelf life, preservation.

КОРЕЛЯЦІЙНИЙ АНАЛІЗ І АНАЛІЗ ШЛЯХУ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЇЇ КОМПОНЕНТІВ У ЯЧМЕНЮ ЯРОГО

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. У селекційних програмах зі створення нових сортів багатьох сільськогосподарських культур, селекціонерами широко використовується кореляційний й аналіз коефіцієнтів шляху, який встановлює характер складних взаємозв'язків між урожайністю та її компонентами [1-7]. Кількісне визначення кореляцій між ознаками дозволяє проводити добір за однією або одночасно декількома ознаками, що важливо для успішної селекційної роботи. Кореляції дають уяву про характер успадкування ознак, про наявність або відсутність зчеплення генів які контролюють ці ознаки.

Аналіз коефіцієнта шляху був розроблений та впроваджений Wright [8], який дає чіткішу картину відносної величини компонентів врожаю, має першочергове значення для ефективної селекційної програми [9–10]. Аналіз шляхового коефіцієнта допомагає розділити загальну кореляцію на прямі та непрямі ефекти, що корисно при виборі високоврожайних генотипів [11–13].

Для успішної селекції ячменю ярого важливо знати залежність основної ознаки, за якою проводять добір, від інших кількісних ознак рослин. Особливе значення мають закономірності взаємозв'язку таких кількісних ознак як продуктивність (маса зерна) рослини та її структурні елементи. [14–15].

Коефіцієнти кореляції залежать від виду культури, сорту, ознаки яка вивчається та умов вирощування [16].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Після збирання врожаю селекціонери оцінюють та визначають кореляції між ознаками, що впливають на продуктивність рослини, зокрема, висоту, загальне і продуктивне кушіння, довжину головного колоса, кількість днів до дозрівання, масу полови, вимірюють індекс урожаю, масу 1000 зерен, кількість насіння в головному колосі та ін. Аналіз літературних даних вказує на неоднозначність взаємозв'язків між ознаками що формують продуктивність та їх прямий чи опосередкований вплив на її формування. Компанець та ін. [14] встановили істотну кореляцію між наступними ознаками рослин: продуктивність (маса зерна) рослини і продуктивна кущистість, маса 1000 зерен і висота рослини, кількість зерен з колосу і кількість колосків з колосу, кількість колосків з колосу і висота рослини, маса 1000 зерен і маса зерна з колосу. Mohammad [17] повідомив про зворотню кореляцію між висотою рослин і врожайністю. Пряма кореляція відмічена між висотою рослини і кількістю зерен в головному колосі. Sherwan Esmail Tofiq та ін. [18] в своїх досліджен-

нях підтверджують наявність істотних прямих кореляцій між урожайністю зерна та кількістю продуктивних стебел, масою 1000 зерен та, на противагу іншим дослідникам, з висотою рослини. Що стосується аналізу коефіцієнту шляху врожайності, то встановлено максимальний позитивний прямий вплив на врожайність зерна від кількості продуктивних стебел 0,538. Максимальний позитивний опосередкований вплив на врожайність зерна, зафіксований за масою продуктивних стебел через їх кількість 0,331. У дослідженнях з ячменем ярим в різних середовищах [19] урожайність зерна мала прямі, високі фенотипові та генотипові кореляції з масою 1000 зерен і біологічною врожайністю в усіх середовищах, крім індексу врожаю в Офла. Аналіз шляху встановив що перш за все біологічна врожайність виявляла максимальний позитивний прямий вплив на врожайність зерна в різних місцях досліджень, а потім індекс урожаю, за винятком Офла. За даними Matin та ін. [20] кількість зерен у колосі мала найвищий позитивний прямий вплив (5,65) на врожайність, потім вага 1000 насінин (4,65), довжина колоса (1,26). Відзначаючи неоднозначність результатів вказаних досліджень, актуальним є визначення характеру кореляцій та аналізу шляху продуктивності в ячменю ярого.

Метою дослідження було встановлення коефіцієнтів кореляції 7-ми кількісних ознак рослин сортів і ліній ячменю ярого та результатів шляхового аналізу продуктивності (маси зерна з рослини) в різних еколого-географічних зонах.

Матеріали та методика досліджень. Випробування селекційних зразків (38 шт.) та вивчення кореляцій між кількісними ознаками проводилося впродовж 2020–2022 років у трьох наукових установах Національної академії аграрних наук України, які розташовані в трьох різних агрокліматичних зонах. Носівська селекційно-дослідна станція МІП ім. В.М. Ремесла НААН України (НСДС) – розташована в Українському Поліссі (широта 50°93', довгота 31°69', висота 126 м над рівнем моря). Ґрунти модальні, малогумусні, чорноземи вилугувані. Вміст гумусу 2,6%, N – 85,0 мг/кг, P₂O₅ – 122,0 мг/кг, K₂O – 75,0 мг/кг, pH = 4,6. Клімат зони помірно теплий, м'який, з достатнім зволоженням. Переважаючи західні і північно – західні вітри приносять до 550–600 мм опадів на рік. Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН України (МІП) розташований в центральній частині Українського Лісостепу

(широта 49°64', довгота 31°08', висота 153 м). Ґрунти глибокі, малогумусні, чорнозем слабовилугуваний. Вміст гумусу 3,8 %, азоту лужно гідролізованого (N) – 59,0 мг/кг, P₂O₅ – 220,1 мг/кг, K₂O – 96,0 мг/кг, pH = 5,8. Інститут сільського господарства степу НААН України (ІСГС) розташований у Північному Степу України (широта 48°56', довгота 32°32', висота 171 м). Ґрунти глибокі, середньогумусні, чорноземи глинисті суглинки. Вміст гумусу 4,6%, N – 120,0 мг/кг, P₂O₅ – 116,0 мг/кг, K₂O – 118,0 мг/кг, pH = 5,4.

В загальному, в усіх екологічних нішах виявлено підвищення місячної температури повітря у червні та липні порівняно з багаторічними даними, за винятком НСДС у липні 2022 р. Місячна кількість опадів у різних агрокліматичних зонах суттєво коливалася в різні роки та місяці. Отже, мінливість за температурою повітря й кількістю опадів впродовж вегетаційного періоду ячменю ярого та ґрунтовою відміною в різних середовищах сприяла можливості надати об'єктивну оцінку кореляцій між ознаками та їх впливу на продуктивність у досліджуваних зразків.

У фазу повної стиглості рослини виривали з корінням, збирали в снопи та провели аналіз за основними показниками продуктивності: довжина стебла, продуктивна кущистість, довжина колоса основного стебла, кількість зерен з колосу, маса зерна з колосу, маса зерен з рослини, маса 1000 зерен. Визначали парні коефіцієнти кореляції та аналіз коефіцієнта шляху продуктивності за допомогою програмного забезпечення OPSTAT [21].

Результати досліджень. За три роки дослідження в різних зонах встановлено взаємозв'язок між семи кількісними ознаками.

В умовах НСДС (табл. 1) пряму істотну кореляцію маси зерна з рослини встановлено в усі три роки дослі-

джень з довжиною колоса ($r = 0,47; 0,42; 0,53$), кількістю зерен у колосі ($r = 0,47; 0,47; 0,51$), масою зерна з колоса ($r = 0,67; 0,73; 0,71$) та масою 1000 зерен ($r = 0,38; 0,52; 0,45$). При цьому кореляції за силою зв'язку були середніми, лише з продуктивністю колоса у 2021 та 2022 роках – сильною. Також прямий середній зв'язок продуктивності рослин встановлено з висотою рослин ($r = 0,43$, 2022 р.) та кількістю продуктивних стебел ($r = 0,65$, 2021 р. 0,41 2022 р.). Отже, кожна кількісна ознака в тій чи іншій мірі в розрізі років позитивно впливала на прояв продуктивності рослин ячменю ярого.

Довжина колоса за три роки спостережень виявила істотну середню кореляцію з висотою рослин ($r = 0,47; 0,58; 0,69$), тобто збільшення довжини стебла на 22,1–47,6 % визначало довший колос у рослин. Істотну пряму кореляцію (середню та сильну) протягом років досліджень відзначили між кількістю зерен в колосі та довжиною колоса ($r = 0,70; 0,68; 0,83$). Отже, добір рослин з довгим колосом може призвести до збільшення кількості зерен в колосі. А оскільки маса зерна з колоса істотно залежала від довжини колоса ($r = 0,63; 0,70; 0,71$) та кількості зерен у колосі ($r = 0,63; 0,76; 0,72$) передбачається істотне зростання продуктивності головного колоса на рослині. Кількість зерен в колосі ($r = 0,41$) та маса зерна з колоса ($r = 0,44$) виявила прямий істотний зв'язок з висотою рослин в 2022 році. Дана кореляція не є сприятливою оскільки добір за елементами продуктивності (к-сть зерен та маса зерна з колоса) може призвести до зростання довжини рослини та відповідно вилягання, що спричинятиме недобір врожаю ячменю ярого. Селекція повинна бути спрямована на добір рослин зі сполученням короткого стебла з довгим продуктивним колосом. Встановлено істотну пряму середню кореляцію між масою зерна з колоса та крупністю зерна

Таблиця 1

Коефіцієнти кореляції ознак ячменю ярого в умовах НСДС

Ознака	Рік	Висота рослин	К-сть стебел	Довжина колоса	К-сть зерен в колосі	Маса зерна з колоса	Маса 1000 зерен
К-сть стебел	2020	-0,24	1				
	2021	-0,19					
	2022	-0,06					
Довжина колоса	2020	0,47*	-0,17	1			
	2021	0,58*	-0,08				
	2022	0,69*	-0,09				
К-сть зерен в колосі	2020	0,21	-0,16	0,70*	1		
	2021	0,29	-0,05	0,68*			
	2022	0,41*	-0,05	0,83*			
Маса зерна з колоса	2020	0,23	-0,31	0,63*	0,63*	1	
	2021	0,26	0,00	0,70*	0,76*		
	2022	0,44*	-0,16	0,71*	0,72*		
Маса 1000 зерен	2020	0,11	-0,21	0,07	-0,24	0,60*	1
	2021	0,05	0,04	0,22	-0,09	0,58*	
	2022	0,20	-0,18	0,08	-0,09	0,62*	
Маса зерна з рослини	2020	0,15	0,02	0,47*	0,47*	0,67*	0,38*
	2021	0,07	0,65*	0,42*	0,47*	0,73*	0,52*
	2022	0,43*	0,41*	0,53*	0,51*	0,71*	0,45*

Примітка: * – достовірно при $P < 0,05$.

протягом трьох років ($r = 0,60; 0,58; 0,62$), що дозволяє добирати високопродуктивні генотипи з крупним вирівняним зерном ячменю ярого.

В умовах МІП (табл. 2) пряму істотну кореляцію маси зерна з рослини протягом трьох років відмічали з кількістю продуктивних стебел ($r = 0,33; 0,81; 0,39$), масою 1000 зерен ($r = 0,68; 0,37; 0,45$) та масою зерна з колоса ($r = 0,72; 0,58; 0,66$). Два роки (2020 та 2022) фіксували істотній середній зв'язок продуктивності рослини з довжиною колоса ($r = 0,39$ та $0,36$ відповідно) та один рік (2022) з кількістю зерен у колосі ($r = 0,35$).

Зворотню кореляцію встановлено між висотою рослин і кількістю продуктивних стебел, яка виявилася істотною в умовах 2020 та 2021 рр. ($r = -0,34$ та $-0,37$ відповідно). Отже зростання довжини стебла зменшувало кількість продуктивних стебел у $11,6\text{--}13,7\%$ випадків. Істотну пряму кореляцію висоти рослин встановлено з довжиною колоса ($r = 0,33; 0,54$, 2021 та 2022 рік відповідно), кількістю зерен у колосі ($r = 0,35$, 2022 р.) та масою зерна з колоса ($r = 0,37$, 2022 р.). Вказані кореляції відмічали і в умовах НСДС.

Маса зерна з колоса виявила істотну пряму кореляцію протягом трьох років з довжиною колоса ($r = 0,69; 0,44; 0,70$), кількістю зерен в колосі ($r = 0,57; 0,35; 0,71$) та крупністю зерна ($r = 0,47; 0,47; 0,43$). При цьому крупність зерна мала зворотню кореляцію з кількістю зерен у колосі ($r = -0,41; -0,53; -0,32$), яка була істотною в 2020 та 2021 роках. Тобто зростання кількості зерен у колосі призводило до зменшення його крупності.

В умовах ІСГС (табл. 3) пряму істотну кореляцію маси зерна з рослини протягом трьох років встановлено з кількістю зерен у колосі ($r = 0,37; 0,53; 0,55$), масою

зерна з колоса ($r = 0,83; 0,78; 0,76$). Продуктивність рослин також виявила істотну пряму кореляцію з висотою рослини ($r = 0,32; 0,37$, 2020–2021 рр.), кількістю продуктивних стебел ($r = 0,73; 0,72$, 2021–2022 рр. відповідно), довжиною колоса ($r = 0,44; 0,53$, 2021–2022 рр.) та масою 1000 зерен ($r = 0,46; 0,54$, 2020–2021 рр.).

Істотну пряму кореляцію висоти рослин встановлено з довжиною колоса ($r = 0,39; 0,47$, 2020 та 2022 рік відповідно), масою зерна з колоса ($r = 0,34; 0,46$, 2020 та 2021 рр.) та масою 1000 зерен ($r = 0,33$, 2021 р.).

Маса зерна з колоса виявила істотну пряму кореляцію протягом трьох років з довжиною колоса ($r = 0,44; 0,50; 0,67$), кількістю зерен в колосі ($r = 0,60; 0,71; 0,67$). Також встановлено пряму залежність продуктивності колоса від крупності зерна ($r = 0,69; 0,42$, 2021 та 2022 роки). Істотну зворотню кореляцію між масою 1000 зерен і кількістю зерен у колосі ($r = -0,42$) встановлено лише в 2020 році.

Отже, встановлено, що кореляція продуктивності з іншими кількісними ознаками та між ознаками що формують продуктивність залежно від зони досліджень та умов року варіює переважно за тісністю та інколи змінює напрямок (прямий чи зворотній). Для вичленення основних кореляцій, що пов'язані з продуктивністю, було проведено аналіз за середніми значеннями ознак за три роки у трьох зонах (табл. 4, рис. 1).

У результаті було встановлено, що продуктивність найбільш тісно пов'язана з масою зерна з основного колоса ($r = 0,77; 0,74; 0,78$) в усіх трьох зонах. Середній рівень істотної кореляції встановлений з довжиною колоса ($r = 0,51; 0,35; 0,44$) та масою 1000 зерен ($r = 0,40; 0,52; 0,54$). Кількість стебел з продуктивністю рослин істотно була пов'язана в умовах МІП та ІСГС

Таблиця 2

Коефіцієнти кореляції ознак ячменю ярого в умовах МІП

Ознака	Рік	Висота рослин	К-сть стебел	Довжина колоса	К-сть зерен в колосі	Маса зерна з колоса	Маса 1000 зерен
К-сть стебел	2020	-0,34*	1				
	2021	-0,37*					
	2022	-0,24					
Довжина колоса	2020	0,15	-0,22	1			
	2021	0,33*	0,02				
	2022	0,64*	-0,30				
К-сть зерен в колосі	2020	-0,14	-0,19	0,55*	1		
	2021	-0,03	0,11	0,63*			
	2022	0,35*	-0,29	0,79*			
Маса зерна з колоса	2020	0,05	-0,11	0,69*	0,57*	1	
	2021	0,10	0,07	0,44*	0,35*		
	2022	0,37*	-0,36*	0,70*	0,71*		
Маса 1000 зерен	2020	0,17	0,04	0,22	-0,41*	0,47*	1
	2021	0,23	0,03	0,03	-0,53*	0,47*	
	2022	0,08	-0,10	-0,06	-0,32	0,43*	
Маса зерна з рослини	2020	-0,04	0,33*	0,39*	0,09	0,72*	0,68*
	2021	-0,23	0,81*	0,26	0,22	0,58*	0,37*
	2022	0,17	0,39*	0,36*	0,35*	0,66*	0,45*

Примітка: * – достовірно при $P < 0,05$.

Таблиця 3

Коефіцієнти кореляції ознак ячменю ярого в умовах ІСГС

Ознака	Рік	Висота рослин	К-сть стебел	Довжина колоса	К-сть зерен в колосі	Маса зерна з колоса	Маса 1000 зерен
К-сть стебел	2020	-0,04	1				
	2021	0,07					
	2022	0,07					
Довжина колоса	2020	0,39*	-0,11	1			
	2021	0,29	0,19				
	2022	0,47*	0,11				
К-сть зерен в колосі	2020	0,21	-0,21	0,60*	1		
	2021	0,26	0,23	0,54*			
	2022	0,22	0,13	0,71*			
Маса зерна з колоса	2020	0,34*	-0,02	0,44*	0,60*	1	
	2021	0,46*	0,26	0,50*	0,71*		
	2022	0,29	0,11	0,67*	0,67*		
Маса 1000 зерен	2020	0,16	0,20	-0,24	-0,42*	0,23	1
	2021	0,33*	0,05	0,27	0,21	0,69*	
	2022	0,23	0,01	0,16	-0,16	0,42*	
Маса зерна з рослини	2020	0,32*	0,23	0,22	0,37*	0,83*	0,46*
	2021	0,37*	0,73*	0,44*	0,53*	0,78*	0,54*
	2022	0,23	0,72*	0,53*	0,55*	0,76*	0,31

Примітка: * – достовірно при $P < 0,05$.

Таблиця 4

Коефіцієнти кореляції ознак ячменю ярого в загальному досліді (три роки х три зони)

Ознака	Зона	Висота рослин	К-сть стебел	Довжина колоса	К-сть зерен в колосі	Маса зерна з колоса	Маса 1000 зерен
К-сть стебел	НСДС	-0,27	1				
	МІП	-0,35*					
	ІСГС	0,01					
Довжина колоса	НСДС	0,61*	-0,23	1			
	МІП	0,41*	-0,24				
	ІСГС	0,46*	-0,01				
К-сть зерен в колосі	НСДС	0,30	-0,16	0,78*	1		
	МІП	0,04	-0,16	0,68*			
	ІСГС	0,29	-0,02	0,66*			
Маса зерна з колоса	НСДС	0,30	-0,32*	0,73*	0,76*	1	
	МІП	0,16	-0,07	0,62*	0,54*		
	ІСГС	0,42*	-0,01	0,57*	0,64*		
Маса 1000 зерен	НСДС	0,09	-0,27	0,05	-0,21	0,48*	1
	МІП	0,16	0,09	0,00	-0,49*	0,43*	
	ІСГС	0,31	0,07	0,08	-0,16	0,55*	
Маса зерна з рослини	НСДС	0,15	0,29	0,51*	0,56*	0,77*	0,40*
	МІП	-0,03	0,53*	0,35*	0,24	0,74*	0,52*
	ІСГС	0,38*	0,57*	0,44*	0,46*	0,78*	0,54*

Примітка: * – достовірно при $P < 0,05$.

($r = 0,53$; $0,57$). Залежність між продуктивністю рослин та кількістю зерен у головному колосі встановили в умовах НСДС та ІСГС ($r = 0,56$ та $0,46$ відповідно). Довжина стебла рослин ячменю ярого була істотно пов'язана з продуктивністю лише в умовах ІСГС ($r = 0,38$).

Для зручності сприйняття, кореляції були графічно виражені у вигляді плеяд (рис. 1).

Так, в умовах ІСГС продуктивність рослини (7) мала пряму істотну кореляцію з усіма ознаками. В умовах НСДС та МІП продуктивність рослин ячменю ярого (7) мала пряму істотну кореляцію з чотирма ознаками: найбільш тісну з масою зерна з колоса (5), середню з довжиною колоса (3) та крупністю зерна (6), також з кількістю зерен у колосі (4, НСДС) й кількістю продуктивних

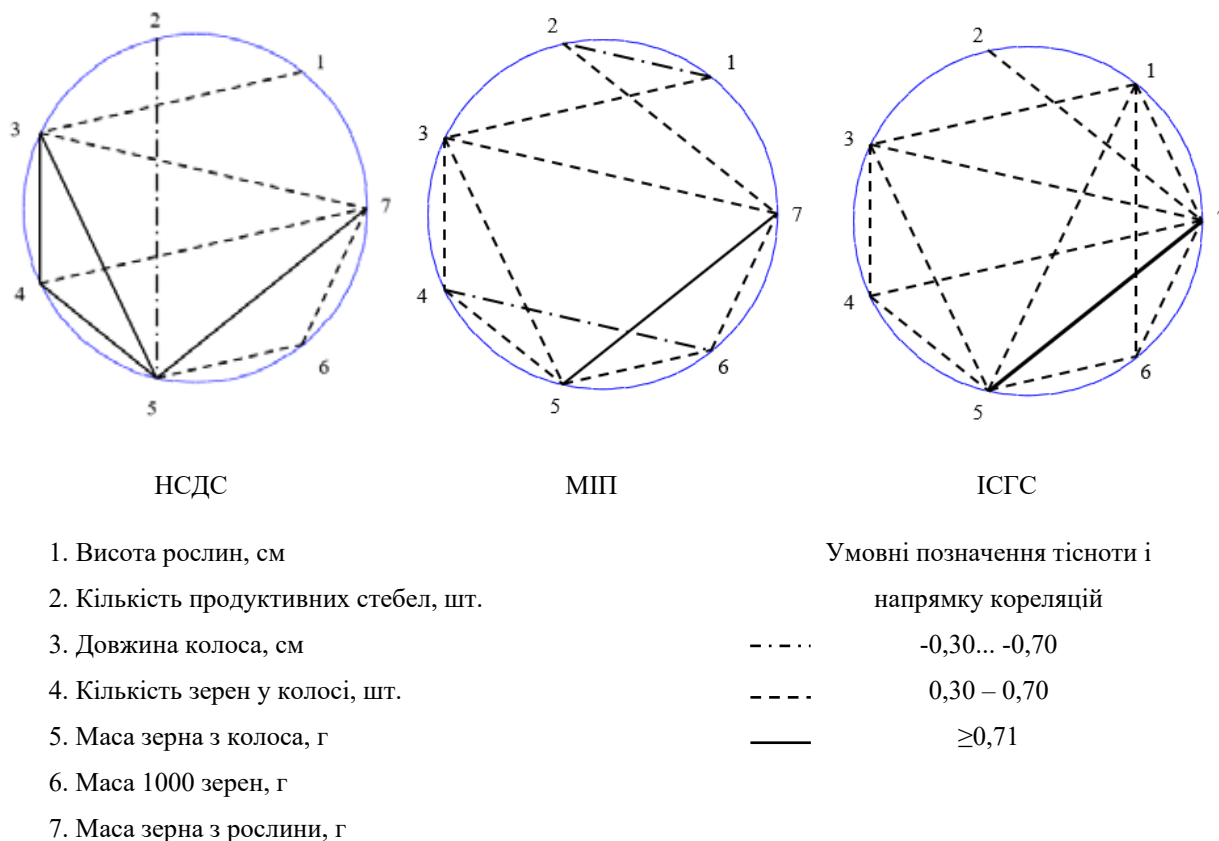


Рис. 1. Кореляційні плеяди ячменю ярого в різних зонах

Таблиця 5

Шляховий аналіз продуктивності рослини ячменю ярого з кількісними ознаками

Ознака	Зона дослід.	Висота рослин	К-сть стебел	Довжина колоса	К-сть зерен в колосі	Маса зерна з колоса	Маса 1000 зерен
Висота рослин	НСДС	0,003	-0,153	-0,046	0,338	-0,091	0,084
	МІП	0,034	-0,209	0,009	0,021	0,031	0,093
	ІСГС	0,026	-0,006	0,015	0,066	0,204	0,074
К-сть стебел	НСДС	-0,001	0,589	0,015	-0,179	0,117	-0,259
	МІП	-0,012	0,593	-0,005	-0,073	-0,019	0,050
	ІСГС	0,000	0,571	-0,002	-0,020	-0,008	0,020
Довжина колоса	НСДС	0,002	-0,120	-0,076	0,895	-0,235	0,043
	МІП	0,014	-0,141	0,023	0,317	0,148	-0,004
	ІСГС	0,012	-0,031	0,033	0,152	0,258	0,019
К-сть зерен в колосі	НСДС	0,001	-0,092	-0,059	1,148	-0,244	-0,190
	МІП	0,002	-0,092	0,015	0,466	0,135	-0,288
	ІСГС	0,007	-0,049	0,022	0,230	0,283	-0,040
Маса зерна з колоса	НСДС	0,001	-0,215	-0,056	0,879	0,319	0,409
	МІП	0,004	-0,043	0,013	0,244	0,258	0,256
	ІСГС	0,011	-0,010	0,018	0,137	0,476	0,134
Маса 1000 зерен	НСДС	0,000	-0,164	-0,004	-0,234	-0,140	0,934
	МІП	0,005	0,051	0,000	-0,231	0,113	0,583
	ІСГС	0,008	0,047	0,003	-0,038	0,268	0,237

стебел (2, МІП). З рис. 1 можна виділити ще один кластер взаємопов'язаних ознак: маса зерна з колоса (5) – довжина колоса (3); кількість зерен у колосі (4); маса 1000 зерен (6).

Зворотні кореляції між ознаками встановлені в умовах НСДС – маса зерна з колоса (5) з кількістю продуктивних стебел (2) та в умовах МІП – висота рослин (1) з кількістю продуктивних стебел (2) і кількість зерен у колосі (4) з масою 1000 зерен (6).

Отже, провівши аналіз середніх величин кореляцій в різних зонах для однакової вибірки сортів ячменю ярого, можна зробити висновок, що основними ознаками для добору на продуктивність є маса зерна з основного колоса, крупність зерна та довжина колоса. Ознаки продуктивне кушіння та кількість зерен у колосі можуть змінюватися під впливом середовища, тому добір за цими ознаками може бути не досить ефективним.

Аналіз шляху (*Path Analysis*) продуктивності ячменю ярого показав (табл. 5), що найбільш прямий позитивний ефект на продуктивність в умовах НСДС виявила кількість зерен в головному колосі (1,148), крупність зерна (0,934) та кількість продуктивних стебел (0,589). Найбільший негативний прямий вплив був від довжини головного колоса (-0,076).

Максимальний позитивний непрямий ефект визначений продуктивністю колоса через кількість зерен (0,879) та крупність зерна (0,409). Максимальне значення негативного непрямого ефекту становило -0,259 визначеного кількістю продуктивних стебел через крупність зерна.

В умовах МІП прямий позитивний ефект на продуктивність виявила кількість продуктивних стебел (0,593) та крупність зерна (0,583). Максимальний позитивний непрямий ефект визначений довжиною (0,317) та продуктивністю (0,244) колоса через кількість зерен. Також високий показник непрямого ефекту на продуктивність рослин виявила маса зерна з колоса виражена через крупність зерна (0,256). Максимальне значення негативного непрямого ефекту становило -0,288 визначеного кількістю зерен в колосі через крупність зерна.

В умовах ІСГС прямий позитивний ефект на продуктивність виявила кількість продуктивних стебел (0,571) та маса зерна з колоса (0,476). Максимальний позитивний непрямий ефект визначений кількістю зерен в колосі (0,283), крупністю зерна (0,268) та довжиною колоса (0,258) через масу зерна з колоса. Максимальне значення негативного непрямого ефекту становило -0,038 визначеного крупністю зерна через кількість зерен в колосі.

Висновки. В умовах трьох зон встановлено істотну високу пряму кореляцію маси зерна з рослини з продуктивністю колоса, крупністю зерна та довжиною колоса. У різних зонах, формування продуктивності, за показником аналізу шляху, залежало від різних ознак: в умовах НСДС найбільший прямий позитивний ефект на продуктивність виявила кількість зерен в головному колосі (1,148), потім крупність зерна (0,934) та кількість продуктивних стебел (0,589); в умовах МІП високий прямий позитивний ефект на продуктивність виявила кількість

продуктивних стебел (0,593) та крупність зерна (0,583); в умовах ІСГС прямий позитивний ефект на продуктивність виявила кількість продуктивних стебел (0,571) та маса зерна з колоса (0,476).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Samonte S.O., Wilson L.T., Clung Mc.M. Path analysis of yield and yield-related traits of fifteen diverse rice genotypes. *Crop Science*. 1998, 38: 1130–1136.
- Sinebo W. Yield relationships of barleys grown in a tropical highland environment. *Crop Science*. 2002, 42: 428–437.
- Vasylenko A.O., Vus N.O., Ponurenko S.H., Shevchenko L.M., Bezuhlyi I.M., Glyantsev A.V. Advanced correlation analysis of the performance of pea varieties. *Селекція і насінництво*. 2023, Вип. 123. 6–17.
- Полякова І.О. Кореляційно-регресійний аналіз господарських ознак в селекційній роботі з льоном олійним. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2020, № 29. С. 92–101. DOI: 10.367110/ioc-2020-29-09.
- Перегрим О.Р. Кореляційні зв'язки між ознаками продуктивності в селекції конюшини повзучої (*Tifolium repens* L.). *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2016, Вип. 59. С. 136–143.
- Жупина А.Ю., Базалій Г.Г., Усик Л.О., Марченко Т.Ю., Сучкова В.М., Міщенко С.В., Лавриненко Ю.О. Успадкування маси зерна колоса гібридами пшениці озимої різного еколого-генетичного походження в умовах зрошення. *Аграрні інновації*. 2022, № 14, С. 152–160. DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.14.22>
- Riaz A.T., et al. Developing a Selection Criterion Using Correlation and Path Coefficient Analysis in Sunflower (*Helianthus Annuus* L.). *Helia*. 2019. 10.1515/helia-2017-0031.
- Wright S. Correlation and causation. *J. Agric. Res.* 1921, 20: 202–209.
- Selvaraja C.I., Nagarajan P. Inter relationship and path coefficient studies for qualitative traits, grain yield, and other yield attributes among maize (*Zea mays* L.). *Int. J. of Plant breeding and Genetics*. 2011, 5(3): 209–223.
- Desta Abebe Belete, Atsedemariam Tewachew, Mulugeta Bitew, Tafere Mulalem. Correlation and path coefficient studies for yield and its components of upland rice (*Oryza sativa* L.) in North Western Ethiopia. *Journal of Scientific Agriculture*. 2022, 6: 14–19 doi: 10.25081/jsa.2022.v6.7253.
- Drikvand R., Samiei K., Hossainpor T. Path coefficient analysis in Hulless Barley under rainfed condition, *Australian Journal of Basic and Applied Sci.* 2011, 5(12): 277–279.
- Saleh M.M., Salem K.F.M., Elabd A.B. Definition of selection criterion using correlation and path coefficient analysis in rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. *Bull Natl Res Cent.* 2020, 44 (143). <https://doi.org/10.1186/s42269-020-00403-y>.
- Vidya C, Jagtap V.S., Santhosh N. Correlation and path coefficient analysis for yield and yield attributing characters in chilli (*Capsicum annum* L.) genotypes. *Int J Curr Microbiol Appl Sci.* 2018, 7(1): 3265–3268. doi:10.20546/ijcmas.2018.701.390.
- Компанець К.В., Козаченко М.Р., Васько Н.І., Наумов О.Г., Солонечний П.М., Святченко С.І. Кореляція між кільк-

- кісними ознаками сортів ячменю ярого. *Селекція і насінництво*. 2016, Вип. 109. С. 40–46.
15. Nessa D., Islam H., Mirza S.H., Azimuddin M., Genetic variability, correlation and path analysis in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Bangladesh J. Bot.*, 1998, 32: 181–185.
 16. Четверик О.О., Козаченко М.Р. Коефіцієнти кореляції та детермінації між ознаками сортів пшениці м'якої озимої. *Селекція і насінництво*. 2015, Вип. 107. С. 105–114.
 17. Mohammad Zaefizadeh, Marefat Ghasemi, Jafar Azimi, Majid Khayatnezhad and Babak Ahadzadeh; Correlation Analysis and Path Analysis for Yield and its Components in Hulless Barley. *Advances in Environmental Biology*. 2011, 5(1): 123–126.
 18. Sherwan Esmail Tofiq, Taban Najmalddin Hama Amin, Suaad Muhammad Sheikh Abdulla, Dana Azad Abdulkhaleq. Correlation and path coefficient analysis of grain yield and yield components in some barley genotypes created by full diallel analysis in sulaimani region for F₂ generation. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*. 2015, Vol. 5, Issue-4, P. 76–79.
 19. Hailu A., Alamerew S., Nigussie M., Assefa E. Correlation and Path Coefficient Analysis of Yield and Yield Associated Traits in Barley (*Hordeum vulgare* L.) *Germplasm. Adv Crop Sci.* 2016, Tech 4: 216. doi:10.4172/2329-8863.1000216.
 20. Matin M.Q.I. et al. *Int. J. Appl. Sci. Biotechnol.* 2019, Vol. 7(2): 243–247. DOI: 10.3126/ijasbt.v7i2.24635.
 21. Sheoran O.P., Tonk D.S., Kaushik L.S., Hasija R.C., Pannu R.S. Statistical Software Package for Agricultural Research Workers. Recent Advances in information theory, Statistics & Computer Applications by D.S. Hooda & R.C. Hasija Department of Mathematics Statistics, CCS HAU, Hisar. 1998, 139–143.
- REFERENCES:**
1. Samonte S.O., Wilson L.T., Clung Mc.M. (1998). Path analysis of yield and yield-related traits of fifteen diverse rice genotypes. *Crop Science* 38:1130-1136.
 2. Sinebo W. (2002). Yield relationships of barleys grown in a tropical highland environment. *Crop Science*. 42:428-437.
 3. Vasylenko A.O., Vus N.O., Ponurenko S.H., Shevchenko L.M., Bezuhlyi I.M., Glyantsev A.V. (2023). Advanced correlation analysis of the performance of pea varieties. *Plant Breeding and Seed Production*. 2023. 123. 6–17.
 4. Poliakova I.O. (2020). Koreliatsiino-rehresiyni analiz hospodarskykh oznak v selektsiinii roboti z lonom olii-nym. [Correlation-regression analysis of economic traits in breeding of oil flax]. *Sci-Tech Bul IOC*, 29. 92–101. DOI: 10.36710/ioc-2020-29-09. [in Ukrainian].
 5. Perehrym O.R. (2016). Koreliatsiini zviyazky mizh oznakamy produktyvnosti v selektsii koniushyny povzuchoi (*Tifolium repens* L.). [Correlation relations among the marks of productivity in the breeding of creeping clovers (*Trifolium repens* L.)]. *Foothill and mountain agriculture and stockbreeding*. 59. 136–143. [in Ukrainian].
 6. Zhupyna A.Iu., Bazalii H.H., Usyk L.O., Marchenko T.Iu., Suchkova V.M., Mishchenko S.V., Lavrynenko Yu.O. (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 origin under irrigation conditions]. *Agrarian innovations*. 14. 152–160. DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.14.22 [in Ukrainian].
 7. Riaz, A.T., et al. (2019). Developing a Selection Criterion Using Correlation and Path Coefficient Analysis in Sunflower (*Helianthus Annuus* L.). *Helia*. 10.1515/helia-2017-0031.
 8. Wright S. (1921). Correlation and causation. *J. Agric. Res*, 20:202-209.
 9. Selvaraja C.I., Nagarajan P. (2011). Inter relationship and path coefficient studies for qualitative traits, grain yield, and other yield attributes among maize (*Zea mays* L.). *Int. J. of Plant breeding and Genetics*, 5(3): 209–223.
 10. Desta Abebe Belete, Atsedemariam Tewachew, Mulugeta Bitew, Tafere Muluaalem. (2022). Correlation and path coefficient studies for yield and its components of upland rice (*Oryza sativa* L.) in North Western Ethiopia. *Journal of Scientific Agriculture*. 6: 14–19 doi: 10.25081/jsa.2022.v6.7253.
 11. Drikvand R., Samiei K., Hossinpor T. (2011). Path coefficient analysis in Hulless Barley under rainfed condition. *Australian Journal of Basic and Applied Sci.* 5(12): 277–279.
 12. Saleh M.M., Salem K.F.M., Elabd A.B. (2020). Definition of selection criterion using correlation and path coefficient analysis in rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. *Bull Natl Res Cent*. 44, 143 https://doi.org/10.1186/s42269-020-00403-y.
 13. Vidya C., Jagtap V.S., Santhosh N. (2018). Correlation and path coefficient analysis for yield and yield attributing characters in chilli (*Capsicum annum* L.) genotypes. *Int J Curr Microbiol Appl Sci*. 7(1): 3265–3268. doi:10.20546/ijcmas.2018.701.390.
 14. Kompanets K.V., Kozachenko M.R., Vasko N.I., Naumov O.G., Solonechniy P.N., Sviatchenko S.I. (2016). Koreliatsiia mizh kilkisnymi oznakamy sortiv yachmeniu yaroho. [Correlation between traits of spring barley varieties]. *Plant Breeding and Seed Production*. 109, 40–46. [in Ukrainian].
 15. Nessa D., Islam H., Mirza S.H., Azimuddin M. (1998). Genetic variability, correlation and path analysis in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Bangladesh J. Bot.*, 32: 181–185.
 16. Chetveryk O.O., Kozachenko M.R. (2015). Koeffitsiienty koreliatsii ta determinatsii mizh oznakamy sortiv pshe-nytsi miakoi ozymoi. [Coefficients of correlation and determination of soft winter wheat varieties traits]. *Plant Breeding and Seed Production*. 107, 105–114. [in Ukrainian].
 17. Mohammad Zaefizadeh, Marefat Ghasemi, Jafar Azimi, Majid Khayatnezhad and Babak Ahadzadeh. (2011). Correlation Analysis and Path Analysis for Yield and its Components in Hulless Barley. *Advances in Environmental Biology*, 5(1): 123–126.
 18. Sherwan Esmail Tofiq, Taban Najmalddin Hama Amin, Suaad Muhammad Sheikh Abdulla, Dana Azad Abdulkhaleq. (2015). Correlation and path coefficient analysis of grain yield and yield components in some barley genotypes created by full diallel analysis in sulaimani region for F₂ generation. *International*

- Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 5(4).76–79.
19. Hailu A., Alamerew S., Nigussie M., Assefa E. (2016). Correlation and Path Coefficient Analysis of Yield and Yield Associated Traits in Barley (*Hordeum vulgare* L.) *Germplasm. Adv Crop Sci.* 4:216. doi:10.4172/2329-8863.1000216.
 20. Matin M.Q.I. et al. (2019) *Int. J. Appl. Sci. Biotechnol.* 7(2): 243–247. DOI: 10.3126/ijasbt.v7i2.24635.
 21. Sheoran O.P., Tonk D.S., Kaushik L.S., Hasija R.C., Pannu R.S. (1998). Statistical Software Package for Agricultural Research Workers. Recent Advances in information theory, Statistics & Computer Applications by D.S. Hooda & R.C. Hasija Department of Mathematics Statistics, CCS HAU, Hisar (139–143).

Буняк Н.М. Кореляційний аналіз і аналіз шляху продуктивності та її компонентів у ячменю ярого

Кореляційний й аналіз коефіцієнтів шляху встановлює характер складних взаємозв'язків між урожайністю та її компонентами. **Мета** роботи полягає у визначенні коефіцієнтів кореляції 7-ми кількісних ознак рослин сортів і ліній ячменю ярого та результатів шляхового аналізу продуктивності (маси зерна з рослини) в різних еколого-географічних зонах. **Методи.** Провели аналіз за основними показниками продуктивності: довжина стебла, продуктивна кущистість, довжина колоса основного стебла, кількість зерен з колосу, маса зерна з колосу, маса зерен з рослини, маса 1000 зерен. Визначали парні коефіцієнти кореляції та аналіз коефіцієнта шляху продуктивності за допомогою програмного забезпечення OPSTAT.

Результати. Аналіз середніх величин кореляцій в різних зонах для однакової вибірки сортів ячменю ярого свідчить, що основними ознаками для добору на продуктивність є маса зерна з основного колоса, крупність зерна та довжина колоса. Ознаки продуктивне кушіння та кількість зерен у колосі можуть змінюватися під впливом середовища, тому добір за цими ознаками може бути не досить ефективним. **Висновки.** В умовах трьох зон установлено істотну високу пряму кореляцію маси зерна з рослини з продуктивністю колоса, крупністю зерна та довжиною колоса. У різних зонах формування продуктивності, за показником аналізу шляху, залежало від різних ознак: в умовах НСДС найбільший прямий позитивний ефект на продуктивність виявила кількість зерен в головному колосі (1,148), потім крупність зерна

(0,934) та кількість продуктивних стебел (0,589); в умовах МІП високий прямий позитивний ефект на продуктивність виявила кількість продуктивних стебел (0,593) та крупність зерна (0,583); в умовах ІСГС прямий позитивний ефект на продуктивність виявила кількість продуктивних стебел (0,571) та маса зерна з колоса (0,476).

Ключові слова: ячмінь ярий, кореляції, аналіз шляху, продуктивність, добір.

Bunyak N.M. Correlation and path analysis of productivity and its components in spring barley

Correlation and analysis of path coefficients establishes the nature of complex interrelationships between productivity and its components. The **purpose** of the work is to determine the correlation coefficients of 7 quantitative plant traits of varieties and lines of spring barley and the results of a path analysis of productivity (grain weight per plant) in different ecological and geographical zones. **Methods.** The analysis was carried out according to the main indicators of productivity: plant height, productive tillering, spike length, kernel number per spike, grain weight per spike, grain weight per plant, weight of 1000 grains. Pairwise correlation coefficients and path coefficient analysis were determined using OPSTAT software.

Results. The analysis of average values of correlations in different zones for the same sample of spring barley varieties shows that the main characteristics for selection for productivity are grain weight per spike, weight of 1000 grains and spike length. The signs of productive tillering and kernel number per spike can change under the influence of the environment, so selection for these signs may not be effective enough. **Conclusions.** In the conditions of the three zones, a significant high direct correlation of grain weight per plant with grain weight per spike, weight of 1000 grains and spike length was established. In different zones, the formation of productivity, according to the path analysis indicator, depended on different signs: in the conditions of NSDS, the kernel number per spike (1.148), followed by weight of 1000 grains (0.934) and the productive tillering (0.589) showed the greatest direct positive effect on productivity; in the conditions of MIP, the productive tillering (0.593) and weight of 1000 grains (0.583) showed a high direct positive effect on productivity; in ISGS conditions, the productive tillering (0.571) and the grain weight per spike (0.476) showed a direct positive effect on productivity.

Key words: spring barley, correlations, path analysis, productivity, selection.

УДК 631.5:633.1

DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.21.22>

ВОДОУТРИМУЮЧА ЗДАТНІСТЬ ТА ПОСУХОСТІЙКІСТЬ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТОВОГО СКЛАДУ ЗА НЕЗРОШУВАНИХ УМОВ ЗОНИ СТЕПУ

ДОМАРАЦЬКИЙ Є.О. – доктор сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0003-3912-1611

Миколаївський національний аграрний університет

БАЗАЛІЙ В.В. – доктор сільськогосподарських наук, професор
orcid.org/0000-0002-0581-7242

ПІЧУРА В.І. – доктор сільськогосподарських наук, професор
orcid.org/0000-0002-0358-1889

Херсонський державний аграрно-економічний університет

ДРОБІТЬКО А.В. – доктор сільськогосподарських наук, професор
orcid.org/0000-0002-6492-4558

Миколаївський національний аграрний університет

ПОТРАВКА Л.О. – доктор економічних наук, професор
orcid.org/0000-0002-0011-2286

Херсонський державний аграрно-економічний університет

Постановка проблеми. Сприятливі природно-кліматичні умови України дозволяють здійснювати селекцію та виробництво сортових ресурсів всіх видів зернових культур відповідно до регіональних умов виробництва та потреб насіннєвого ринку. За свідченням експертів Світової організації інтелектуальної власності та Європейського бюро по сортах рослин, за своїм якісним складом і структурою сортові ресурси України найкращі в Східній та Центральній Європі [1]. Сортова політика провідних наукових установ НААН України зі створення нових сортів зернових культур ведеться в декількох напрямках. Так за рівнем інтенсифікації сорти поділяють на: високоінтенсивні та інтенсивні, універсальні та напівінтенсивного типу [2, 3]. Зміна кліматичних умов в останні роки, зокрема, підвищення середньорічних температур та збільшення ризику посухи, вимагають вирощування інтенсивних, високопродуктивних та посухостійких сортів [4, 5]. Дослідження, пошук сортів і подальше їх впровадження у виробництво, які володіють найбільшим рівнем водоутримуючої здатності та посухостійкості є найбільш актуальним напрямком наукових досліджень в рослинництві сьогодні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасний селекційний процес передбачає стратегічне завдання зі створення нових високоадаптивних сортів агроєкологічної орієнтації з надійним генетичним захистом урожаю від біотичних та абіотичних чинників довкілля [6, 7].

Поміж різноманітних сортів пшениці озимої лише деякі з них вирізняються формуванням відносно стабільних врожаїв в розрізі різних за метеоумовами років та зон вирощування, а більшість з них досить чутлива до прояву екстремальних умов і тому різко знижують рівень можливого врожаю. Характерною особливістю сортів пшениці озимої інтенсивного типу є висока вимогливість до ґрунтово-кліматичних, агротехнічних та інших умов вирощування, за сприятливого рівня яких вони можуть максимально реалізувати свій потенційний врожай.

Дослідження сортів пшениці озимої інтенсивного типу свідчить, що сама по собі висока потенційна

продуктивність рослин виступає як фактор, здатний значною мірою компенсувати недостатню стійкість до несприятливих умов зовнішнього середовища, а висока врожайність впродовж багатьох років може характеризувати відповідно високу адаптивність сорту до конкретних умов агроєкологічної зони [8]. В нестійких екологічних умовах високий врожайний потенціал втрачає свою цінність, при цьому екологічна стійкість і адаптивний потенціал є найважливішими чинниками реалізації тих ознак, що закладені в моделі високоврожайного сорту [9].

Ряд вчених вважають, що сорт з середньою, але стабільною врожайністю більш економічно цінний ніж спеціалізований сорт з потенційно високою, але не стабільною врожайністю [10–12].

За даними багатьох вчених щорічно приріст урожайності за останні 50 років (кінець XX – початок XXI століття) становить майже 3,0%. Цей приріст, на думку вчених [13, 14] в основному був забезпечений впровадженням інтенсивних сортів та елементів інтенсифікації технологій їх вирощування [15]. Але, інтенсивні гомогенні ценози, значні площі, які зайняті одним або декількома генетично близькими сортами, всебічне використання пестицидів, їх мутагенний і селективний ефект на патогенний комплекс, що паразитує на пшениці, значно ускладнює подальший ріст урожайності якісної продукції [16].

Впровадження високоінтенсивних технологій вирощування виправдано лише за умови відповідності біо-кліматичного ресурсу середовища і потенціалу вирощуваного сорту рівню створеного агрофону [17]. В іншому випадку, техногенна інтенсифікація вирощування пшениці може призвести до від'ємного результату, коли врожайність, незважаючи на збільшення витрат, не тільки не збільшується, а й знижується.

Приріст урожайності пшениці озимої, крім селекції і вдосконалення агротехніки вирощування, повинен відбуватись за рахунок відповідності генетичних особливостей сортів умовам їх вирощування. Тому контроль і використання взаємодії «генотип-середовище» є важ-

ливим аспектом підвищення врожайності пшениці озимої [18].

Урожайність пшениці озимої в Україні коливається, не зважаючи на достатню швидкість сортозміни. Це пов'язано з тим, що нові вимоги до сортів пшениці озимої селекціонери не завжди можуть реалізувати на практиці через відсутність теоретичної бази для явища зменшення врожайності в умовах шоків режимів, їх зміни у осінньо-зимовий і весняно-літній періоди вегетації рослин. В цілому, вітчизняна селекція досягла великих успіхів у створенні високоврожайних сортів пшениці озимої. Для різних ґрунтово-кліматичних умов регіонів України створені сорти, які володіють порівняно високими адаптивними властивостями. Дотримання оптимальних технологій їх вирощування дозволяє щорічно отримувати високі і стабільні врожаї [19].

За останні роки темпи сортозміни зернових культур, в тому числі і озимої пшениці, в Україні значно зросли, виходячи з того, що нові сорти повинні бути кращими від старих, то сортозміна також повинна в деякій мірі вплинути на ріст урожайності у виробництві. Але у більшості випадків цього не спостерігається. Валові збори зерна, хоча і зростають, але дуже повільно і то, лише у сприятливі за погодними умовами роки. Пояснюється це не лише низьким рівнем технології вирощування в виробництві, але й тим, що потенціал нових сортів, навіть за оптимальних умов вирощування, реалізується лише на 50–60% [20]. Виникає питання: чому сорти слабо реалізують свій генетичний потенціал і не дають очікуваної прибавки врожайності? Є думка [21], що це проблема адаптивності створених сортів, їх здатності забезпечувати високу і стійку продуктивність в різних умовах зовнішнього середовища. Коли сорт генетично не пристосований до широкого спектру ґрунтово-кліматичних умов, тобто не володіє відповідною нормою реакції, то він не може протистояти дії різних біотичних і абіотичних стресів.

Мета статті. Дослідити вплив сортового складу на водоутримуючу здатність рослин та посухостійкість агроценозів пшениці озимої в умовах зони Степу України за різних умов природного вологозабезпечення.

Матеріали та методика досліджень. Реалізація програми наукових досліджень відбувалася шляхом закладання двох-факторного польового досліду впродовж 2011–2023 рр., в якому фактором А виступали різні сорти пшениці озимої вітчизняної селекції (Дріада 1, Херсонська 99, Мудрість, Ластівка, Асканійська), а фактором В – були погодні умови років проведення досліджень (посушливий: 2012–2013 р. та сприятливий: 2022–2023 р.). Польові дослідження проводили в умовах дослідного поля ФГ «Світлана» Вознесенського району Миколаївської області на ґрунті – чорнозем звичайний малогумусний із вмістом гідролізованого нітрогену 1,5–1,8; легкозасвоюваного фосфору 4,5–7,0 та обмінного калію 12–15 мг/100 г ґрунту. Після збирання попереднику проводили лущення стерні на глибину 6–7 см з попереднім внесенням добрив нормою $N_{30}P_{20}$. Подальший обробіток ґрунту передбачав напівпарове утримання поля: один дисковий обробіток на глибину до 12–14 см та дві – три культивачі (по мірі появи сходів

бур'янів). Досліджувані сорти пшениці озимої щороку висівали по попереднику ріпак озимий в третю декаду вересня, нормою 3 млн. схожих насінин на гектар.

Усі необхідні оцінки, обліки та спостереження виконувались відповідно до методики «Державної комісії України з випробування та охорони прав на сорти рослин» [22], статистичний та дисперсійний аналіз даних результатів досліджень проводився згідно методики Ушкаренко В.О. та ін. [23] та за допомогою програм «Statistica 10.0», «Microsoft Excel» та «Agrostat».

Результати досліджень. Зміна кліматичних умов на півдні України в останні роки ще більше підіймає проблему збільшення посухи, особливо в критичні періоди вегетації культури. Щодо погодних умов в роки проведення досліджень, то вони мали щорічні істотні коливання за рівнем зволоження, проте показники температурного режиму в періоди вегетації пшениці озимої були майже в одному діапазоні (дещо вище за середньобаторічну норму). Відповідно, для аналізу було обрано два контрастних за погодними умовами роки, які можна класифікувати як посушливий (2012–2013) та сприятливий (2022–2023) вегетаційний періоди (рис. 1).

Аналізуючи погодно-кліматичні умови в роки проведення досліджень необхідно зазначити, що температурний режим мав істотні коливання між мінімальним та максимальним значенням температури повітря в межах коротких часових періодів (впродовж кожного місяця). Встановлені коливання між крайніми показниками є свідченням того, що рослини постійно перебували під впливом температурних стресів, які посилювалися за умов недостатнього зволоження.

У навколишньому середовищі практично не зустрічаються випадки, за яких на рослинні організми має негативний вплив лише один зі стресорів, відповідно вже сьогодні з'являються роботи присвячені дослідженню реакції тих чи інших агроценозів на сукупну дію двох та більше стресових чинників. Реакції рослин сільськогосподарських культур на прояв стресів можуть бути різними, а на вплив сукупності стресорів – взагалі, не завжди очікуваними і прогнозованими. Найбільш критичними етапами розвитку для зернових культур є репродуктивна фаза, на яку припадає період з високим температурним режимом та вкрай низькою відносною вологістю повітря. Відповідно, особливої актуальності набувають дослідження спрямовані на пошук та вивчення механізмів захисту і адаптації асиміляційної поверхні та рослини загалом [24].

Дефіцит вологи в рослині має негативний вплив на фотохімічну активність, транспорт електронів, ферментативну активність, асиміляцію вуглекислого газу тощо, а додаткове навантаження від прояву високих температур та низької відносної вологості повітря істотно посилює цей ефект. Шкідлива дія посухи деякою мірою може змінюватися механізмами водоутримання листям рослин [25, 26].

На думку ряду вчених [27, 28] посухостійкість сортів пшениці, у більшості випадків, зумовлена здатністю рослин зберігати наявність у них води. Водоутримуюча здатність листків пшениці озимої, як правило, змінюється залежно від фази розвитку рослин і морфобіоло-

гічних особливостей сортів. За нашими дослідженнями втрата води рослинами була найменшою в фазу кушіння в різні за погодними умовами роки для всіх сортів, але вже в цей період розвитку рослин спостерігалась диференціація сортів пшениці озимої за водоутримуючою здатністю. Вона була найбільшою у сортів Дріада 1, Херсонська 99, Асканійська. Менша втрата води рослинами зберігалась у досліджуваних сортів впродовж всього періоду вегетації, як у посушливий (2012–2013), так і в сприятливий (2022–2023) роки вирощування (табл. 1).

Як видно із даних таблиці 1 у цілому водоутримуюча здатність рослин у всіх сортів знижувалась до фази колосіння, а в період наливу зерна вона знову підвищувалась.

Характерно, що в середньому за різних умов вирощування втрата води листям рослин у вивчаємих сортів була практично на одному рівні, але у сортів пшениці озимої Дріада 1, Херсонська 99, Асканійська вона була дещо меншою, що свідчить про їх більш високу посухостійкість.

Крім того спостерігалась тенденція до зменшення втрати води листям у сприятливі роки вирощування.

Наряду з польовими дослідженнями впливу посухи на врожайність зерна різних сортів пшениці озимої особливо увагу необхідно звернути на їх фізіологічну властивість водоутримання листям рослин.

В спеціальному досліді було проведено аналіз найбільш поширених в Південному Степу сортів пшениці озимої. Серед них найбільш високу врожайність показали сорти Херсонська 99, Дріада 1, Асканійська, Антонівка, особливо в несприятливий посушливий рік (табл. 2).

Дослідженнями встановлено, що зазначені сорти пшениці озимої поступово і меншою мірою втрачали воду листям за різні проміжки часу, порівняно з іншими сортами. Таке явище характерно для рослин пшениці озимої за проміжок часу 6 та 10 годин, втрата води через добу у всіх сортів практично було на одному рівні. Так у більш врожайних сортів (Херсонська 99, Дріада 1) втрата води через 6 годин була меншою у сприятливий рік на 8,8–8,9%, через 10 годин на 8,2–9,8%, порівняно із сортом Херсонська безоста, відповідно у несприятливий рік – 7,7–9,0% і 8,7–9,9%.

Це пов'язано перш за все з генотипом і фізіологічною здатністю рослин уникати водяного стресу за

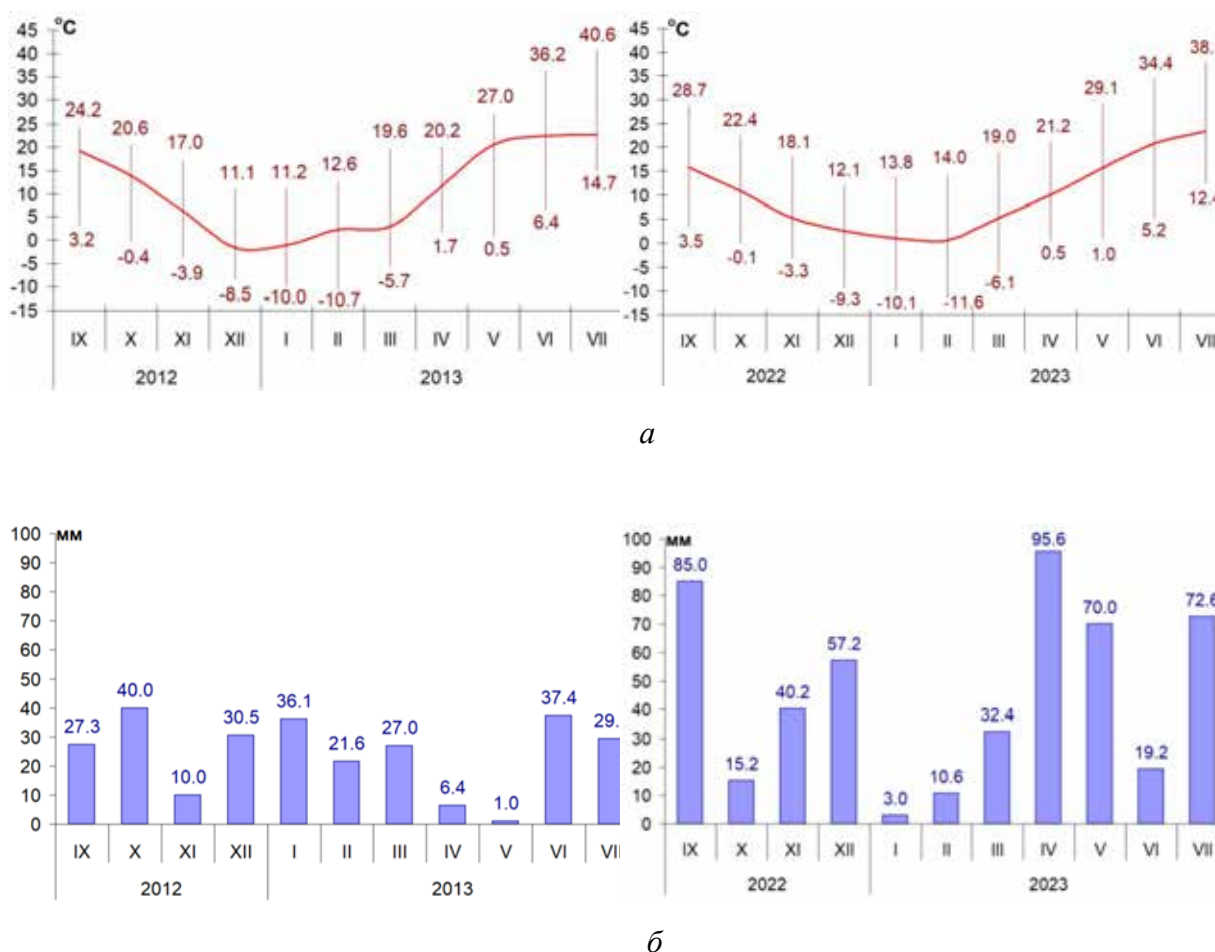


Рис. 1. Погодно-кліматичні характеристики вегетаційного періоду: посушливого (2012–2013 рр.) та сприятливого (2022–2023 рр.); а – середньомісячна температура повітря; б – сума опадів за місяць

Таблиця 1

Втрати води листям рослин сортів пшениці озимої за різних умов вирощування, %

Сорт	Фази розвитку рослин				
	кущіння	вихід в трубку	колосіння	налив	середнє
посушливий (2012-2013 р.)					
Дріада 1	9,2	30,9	39,4	30,1	27,4
Херсонська 99	9,0	28,6	36,2	28,5	25,6
Мудрість	13,4	38,6	44,5	32,8	32,3
Ластівка	12,9	40,4	42,8	30,6	31,7
Асканійська	8,9	32,8	40,4	29,1	27,8
Середнє	10,7	34,3	40,7	30,2	-
НІР ₀₅	1,8	2,4	3,6	2,8	-
сприятливий (2022-2023 р.)					
Дріада 1	8,6	24,8	44,5	32,4	27,6
Херсонська 99	8,9	26,5	34,8	28,0	24,6
Мудрість	12,5	36,5	40,4	30,5	30,0
Ластівка	10,4	38,8	39,5	30,9	29,9
Асканійська	6,9	30,5	36,5	26,8	25,2
Середнє	9,5	31,4	39,1	29,7	-
НІР ₀₅	1,2	2,4	3,1	2,6	-

Таблиця 2

Врожайність різних за водоутримуючою здатністю сортів пшениці за різних умов довкілля

Сорт	Втрата води листям за проміжок часу (годин), %			Середнє	Урожайність т/га
	6	10	24		
посушливий (2012-2013 р.)					
Дріада 1	32,8	40,1	52,6	41,8	3,98
Херсонська 99	31,5	38,9	50,4	40,3	4,14
Херсонська б/о	40,5	48,8	59,8	49,7	3,65
Асканійська	39,1	46,0	55,9	47,0	4,24
Мудрість	42,4	50,2	58,4	50,3	3,84
Антонівка	41,9	49,5	56,5	49,3	3,90
Середнє	37,9	45,6	55,6		
					HIP ₀₅ – 0,18
сприятливий (2022-2023 р.)					
Дріада 1	30,6	38,4	50,9	40,0	4,52
Херсонська 99	30,5	36,8	48,5	38,6	4,90
Херсонська б/о	39,4	46,6	57,8	47,9	4,18
Асканійська	38,5	46,0	56,1	46,9	5,18
Мудрість	40,2	48,5	56,8	48,5	4,42
Антонівка	39,8	48,5	55,2	47,8	4,30
Середнє	36,5	44,1	54,2		
					HIP ₀₅ – 0,24

рахунок зниження транспірації в екстремальних умовах довкілля. Але така закономірність спостерігається не в усіх сортів, так сорт Асканійська незважаючи на більшу втрату води за даними періодами формував урожайність на рівні і більшу (5,18 т/га) високопродуктивних сортів, що можна пояснити володінням ним іншими компенсаторними властивостями.

Висновки. Трансформація погодно-кліматичних умов останніх десятиліть, що характеризується підвищенням середньорічних температур та збільшення ризику посухи, спонукають сільськогосподарських това-

ровиробників до вирощування інтенсивних та високопродуктивних сортів, і посухостійкість того чи іншого сорту на сьогодні відіграє вирішального значення. Отримані результати польового дослідження свідчать про важливість вивчення сучасного асортименту зернових культур та подальшого пошуку з широкою лінійкою саме посухостійких та високоврожайних сортів.

Даними досліджень доведено, що водоутримуюча здатність листків пшениці озимої була найбільшою у сортів Дріада 1, Херсонська 99 та Асканійська порівняно з іншими досліджуваними сортами. Така тенденція збе-

рігалася як у сприятливий за зволоженням вегетаційний період, так і за гостро посушливих умов 2012–2013 року. Встановлений результат характеризує ці сорти більшою посухостійкістю, вони менше реагували на прояв стресів, викликаних істотним коливанням температурного режиму та низького рівня природного зволоження.

Дослідженнями встановлено, що в контрастні за умовами зволоження роки найбільшою продуктивністю володіли сорти пшениці озимої Херсонська 99 та Асканійська, урожайність їх складала в посушливий період – 4,14 і 4,24 т/га та у сприятливий – 4,90 і 5,18 т/га відповідно.

Беручи до уваги той факт, що з кожним роком кількість сортів зернових культур занесених до «Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні» щороку зростає, і станом на 2023 рік сортимент пшениці озимої перевищує позначку в 200 одиниць вважаємо за доцільне посилити науково-дослідну роботу в напрямку досліджень посухостійкості нових сортів. Зазначений напрям набуває істотної актуальності за умов сучасних змін клімату та жорсткого ГТК півдня України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Волкодав В. В. Зарубіжні фахівці стверджують, що сортові ресурси України – найкращі в Східній і Центральній Європі. *Зерно і хліб*. 2008. № 2. С. 50–51.
- Базалій Г. Г., Колесникова Н. Д., Клубук В. В. Сорти пшениці озимої м'якої для зони Південного Степу України на межі століть. *Зрошуване землеробство*. 2014. Вип. 62. С. 82–86.
- Рослинництво: Підручник / В. В. Базалій, О. І. Зінченко, Ю. О. Лавриненко, В. Н. Салатенко, С. В. Коковіхін, Є. О. Домарацький. Херсон: Гринь Д. С., 2015. 520 с.: іл.
- Базалій В. В., Домарацький Є. О., Базалій Г. Г., Домарацький О. О. Особливості продукційного процесу пшениці м'якої озимої за умов глобального потепління (прогноз вчених). *4-й Міжнародний екологічний форум «Чисте місто. Чиста ріка. Чиста планета»*. Херсон. 2012. С. 544–547.
- Базалій Г. Г., Колесникова Н. Д., Клубук В. В. Сорти пшениці озимої м'якої для зони Південного Степу України на межі століть. *Зрошуване землеробство*. 2014. Вип. 62. С. 82–86.
- Созінов О. О. Нові рубежі в селекції рослин. *Вісник аграрної науки*. 2000. № 12. С. 22–24.
- Домарацький Є. О., Пічура В. І., Домарацький О. О. Оцінка та моделювання формування врожайності сортів пшениці м'якої озимої із застосуванням методу штучних нейронних мереж. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2015. Вип. 3(37). С. 46–52.
- Лифенко С. П., Єриняк М. І., Наконечний М. Ю. Методи та результати селекції високоінтенсивних сортів пшениці м'якої озимої в умовах Півдня України. *Зб. наук. пр. Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннізнавства та сортотвчення*. Одеса, 2016. Вип. 27(67). С. 23–35.
- Коваленко О. А., Корхова М. М. Потенціал урожайності перспективних сортів пшениці озимої м'якої в умовах сортопробування Північного Степу України. *Стан і перспективи формування сортових рослинних ресурсів в Україні: перша міжн. наук.-пр.-акт. конф., 11–12 лип. 2012 р.: тези доп.* Київ, 2012. С. 223–224.
- Корхова М. М. Перезимівля пшениці озимої. *Агробізнес сьогодні*. 2021. № 05 (444). С. 24–25.
- Корхова М. М., Коваленко О. А. Сорт, як засіб підвищення врожайності зерна пшениці озимої. *Фундаментальні та прикладні науки сьогодні: матеріали IV міжнар. наук.-практ. конф., USA 20–21 жовтня 2014 г.* 2014. С. 92–93.
- Гамаюнова В. В., Литовченко А. О. Особливості водоспоживання пшениці озимої залежно від сортів, місця в сівозміні та удобрення в Південному Степу України. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2017. № 2. С. 17–21.
- Качанова Т. В., Андрійченко Л. В. Продуктивність сортів пшениці озимої у Причорноморському регіоні. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони Національної академії аграрних наук України*. 2019. Вип. 1. С. 31–40.
- Орехівський В. Д., Кривенко А. І., Іщенко І. О. Сучасні здобутки вітчизняної селекції. *Продовольча безпека України в умовах війни і післявоєнного відновлення: глобальні та національні виміри. Міжнародний форум: доповіді учасників міжнародної науково-практичної конференції, 01–02 червня 2023 р., м. Миколаїв*. Міністерство освіти і науки України; Миколаївський національний аграрний університет. Миколаїв: МНАУ, 2023. С. 106–109.
- Базалій В., Домарацький Є., Ларченко О. 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.
- Пшениця озима: ресурсний потенціал та технологія вирощування: монографія / В. В. Гамаюнова, М. М. Корхова, А. В. Панфілова та ін. Миколаїв: МНАУ, 2021. 300 с.
- Коваленко О. А., Корхова М. М. Продуктивність пшениць *Triticum durum* та *Triticum aestivum* озимих форм в різних ґрунтово-кліматичних умовах Степу України. *Наукові праці Чорноморського ДУ ім. Петра Могили*, 2011. Вип. 138. С. 31–36.
- Корхова М. М., Коваленко О. А., Крисенко І. В. Вплив строків сівби та погодних умов у весняно-літній період на урожайність пшениці м'якої озимої. *Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва: матеріали III міжнар. науково-практичної конференції, 30–31 жовтня 2019 р. У 2-х ч.* Харків: ХНАУ, 2019. Ч.1. С. 252–254.
- Могильницька А. М., Панфілова А. В. Оцінка та моделювання впливу погодно-кліматичних умов на урожайність пшениці озимої. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. Вип. 4(108). С. 29–36. DOI: 10.31521/2313-092X/2020-4(108)-4.
- Шебанін В. С., Новіков О. Е., Карпенко М. Д. Обґрунтування доцільності запровадження дощувального зрошення в сучасних умовах. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. Вип. 1(105). С. 5–10. DOI: 10.31521/2313-092X/2019-4(104)-1.
- Черенков А. В., Железков О. І., Козельський О. М. Формування показників якості зерна пшениці озимої в умовах Північного Степу. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2015. Вип. 2(85). Т.1. С. 22–29.

22. Охорона прав на сорти рослин. Офіційний бюлетень. Державна комісія по сортовипробуванню та охороні сортів рослин. К.: Алефа, 2003. Вип. 2–3. С. 5–6, 191–193.
23. Ушкаренко В. О., Нікіщенко В. Л., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Дисперсійний і кореляційний аналіз результатів польових дослідів: навчальний посібник. Херсон: Айлант, 2008. 372 с.
24. Сахно Л. О. Активність супероксиддисмутази в онтогенезі рослин у нормі і за дії абіотичних стресів. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія: Біологія*. 2017. №(1). С. 21–34.
25. Литвиненко М. А., Голуб Є. А., Хоменко Т. М. Особливості створення та ідентифікації екстрасильних за хлібопекарськими властивостями сортів пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.). *Селекція та насінництво*. 2018. Т. 14. № 1. С. 66–74.
26. Базалій В. В., Ларченко О. В., Базалій Г. Г. Посухостійкість різних біотипів озимої пшениці залежно від фізіологічного стану рослин. *Таєрйський науковий вісник*. Зб. наукових праць. Херсон: Айлант, 2003. Вип. 28. С. 19–22.
27. Вожегова Р. А., Орлюк А. П. Визначення посухостійкості сортів озимої пшениці на початкових етапах онтогенезу. *Таєрйський науковий вісник*. Зб. наук. пр. Херсон: Айлант, 1998. Вип. 4. С. 23–26.
28. Петренкова В. П., Чернобай Л. М., Черняєва І. М., Маркова Т. Ю., Кривошеєва О. В. Імунологічні основи селекції сільськогосподарських культур. *Теоретичні основи селекції польових культур*. Зб. наук. пр. Харків. Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва УААН. 2007. С. 200–278.
1. Volkodav, V.V. (2008). Zarubizhni fakhivtsi stverdzhuyut, shcho sortovi resursy Ukrainy – naykrashchi v Skhidniy i Tsentralniy Yevropi [Foreign experts claim that Ukraine's varietal resources are the best in Eastern and Central Europe]. *Zerno i khlib – Grain and bread*, 2, 50–51 [in Ukrainian].
2. Bazalii, H.H., Kolesnykova, N.D. & Klubuk, V.V. (2014). Sorty pshenytsi ozymoi miakoi dlia zony Pivdennoho Stepu Ukrainy na mezhi stolit [Varieties of winter soft wheat for the Southern Steppe zone of Ukraine at the turn of the century]. *Zroshuvane zemlerobstvo – Irrigated agriculture*, 62, 82–86 [in Ukrainian].
3. Bazalii, V.V. et al. (2015). *Roslynnytstvo* [Crop production]. Kherson: Hrin D.S. [in Ukrainian].
4. Bazalii, V.V., Domaratskyi, Ye.O., Bazalii, H.H. & Domaratskyi, O.O. (2012). Osoblyvosti produktsiinoho protsesu pshenytsi miakoi ozymoi za umov hlobalnoho poteplynnia (prohnoz vchenykh) [Features of the production process of soft winter wheat under conditions of global warming (scientists forecast)]. *4-y Mizhnarodnyy ekolohichnyy forum «Chyste misto. Chysta rika. Chysta planeta»* [4th International Ecological Forum «Clean City. Clean river. A clean planet»] (pp. 544–547). Kherson [in Ukrainian].
5. Bazalii, H.H., Kolesnykova, N.D. & Klubuk, V.V. (2014). Sorty pshenytsi ozymoi miakoi dlia zony Pivdennoho Stepu Ukrainy na mezhi stolit [Varieties of winter soft wheat for the Southern Steppe zone of Ukraine at the turn of the century]. *Zroshuvane zemlerobstvo – Irrigated agriculture*, 62, 82–86 [in Ukrainian].
6. Sozinov, O.O. (2000). Novi rubezhi v selektsiyi roslin [New frontiers in plant breeding]. *Visnyk ahrarnoyi nauky – Herald of Agrarian Science*, 12, 22–24 [in Ukrainian].
7. Domaratskyi, Ye.O., Pichura, V.I. & Domaratskyi, O.O. (2015). Otsinka ta modeliuvannia formuvannia vrozhaivosti sortiv pshenytsi miakoi ozymoi iz zastosuvanniam metodu sztuchnykh neironnykh merezh [Evaluation and modeling of yield formation of soft winter wheat varieties using the method of artificial neural networks]. *Visnyk Dnipropetrovskoho derzhavnoho ahrarno-ekonomichnoho universytetu – Bulletin of the Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University*, 3(37), 46–52 [in Ukrainian].
8. Lyfenko, S.P., Yerynyak, M.I. & Nakonechnyy, M.Yu. (2016). Metody ta rezultaty selektsii vysokointensyvnykh sortiv pshenytsi miakoi ozymoi v umovakh Pivdnia Ukrainy [Methods and results of selection of high-intensity varieties of soft winter wheat in the conditions of Southern Ukraine]. *Zb. nauk. pr. Seleksiynohenetychnoho instytutu – Natsionalnoho tsentru nasinyeznavstva ta sortovyvchennya – Coll. of science Ave. of the Breeding and Genetic Institute – National Center for Seed Science and Varietal Research*, 27(67), 23–35 [in Ukrainian].
9. Kovalenko, O.A. & Korkhova, M.M. (2012). Potentsial urozhaivosti perspektivnykh sortiv pshenytsi ozymoi miakoi v umovakh sortovyvchennya Pivnichnoho Stepu Ukrainy [Yield potential of promising varieties of winter soft wheat in the conditions of variety testing of the Northern Steppe of Ukraine]. *Stan i perspektivy formuvannya sortovykh roslinnykh resursiv v Ukraini: persha mizhn. nauk.-prakt. konf., 11–12 lyp. 2012 r.: tezy dop* [The state and prospects of the formation of varietal plant resources in Ukraine: the first international science and practice conference, July 11–12 2012: theses add] (pp. 223–224). Kyiv [in Ukrainian].
10. Korkhova, M.M. (2021). Perezymivlya pshenytsi ozymoi [Overwintering of winter wheat]. *Ahrobiznes s'ohodni – Agribusiness today*, 05 (444), 24–25 [in Ukrainian].
11. Korkhova, M.M. & Kovalenko, O.A. (2014). Sort, iak zasib pidvyshchennia vrozhaivosti zerna pshenytsi ozymoi [The variety as a means of increasing the grain yield of winter wheat]. *Fundamentalni ta prykladni nauky sohodni: materialy IV mizhnar. nauk.-prakt. konf., USA 20–21 zhovtnya 2014 h* [Fundamental and applied sciences today: materials of the IV International science and practice conference, USA October 20–21, 2014] (pp. 92–93) [in Ukrainian].
12. Hamayunova, V.V. & Lytovchenko, A.O. (2017). Osoblyvosti vodospozhyvannia pshenytsi ozymoi zalezno vid sortiv, mistsia v sivozmini ta udobrennia v Pivdennomu Stepu Ukrainy [Features of water consumption of winter wheat depending on varieties, place in crop rotation and fertilizers in the Southern Steppe of Ukraine]. *Visnyk Dnipropetrovskoho derzhavnoho ahrarno-ekonomichnoho universytetu – Bulletin of the Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University*, 2, 17–21 [in Ukrainian].
13. Kachanova, T.V. & Andriychenko, L.V. (2019). Produktivnist sortiv pshe-nytsi ozymoi u Prychornomorskomu rehioni [Productivity of winter wheat varieties in the Black Sea region].

- Byuleten Instytutu silskoho hospodarstva stepovoyi zony Natsionalnoyi akademiiy ahrarnykh nauk Ukrainy – Bulletin of the Institute of Agriculture of the Steppe Zone of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine*, 1, 31–40 [in Ukrainian].
14. Orekhivskiy, V.D., Kryvenko, A.I. & Ishchenko, I.O. (2023). Suchasni здобутky vitchyznyanoi selektsiyi [Modern achievements of domestic selection]. *Prodovolcha bezpeka Ukrainy v umovakh viyny i pislyavoyennoho vidnovlennya: hlobalni ta natsionalni vymiry. Mizhnarodnyy forum: dopovidi uchasnykh mizhnarodnoyi nauko-vo-praktychnoyi konferentsiyi, 01–02 chervnya 2023 r., m. Mykolayiv. Ministerstvo osvity i nauky Ukrainy; Mykolayivs'kyi natsional'nyy ahrarnyy universytet* [Food security of Ukraine in the conditions of war and post-war recovery: global and national dimensions. International forum: reports of the participants of the international scientific and practical conference, June 1–2, 2023, Mykolaiv. Ministry of Education and Science of Ukraine; Mykolaiv National Agrarian University] (pp. 106–109). Mykolayiv: MNAU [in Ukrainian].
 15. Bazalii, V., Domaratskyi, Ye. & Larchenko O. (2018). Suchasnyi sortovy sklad pshenytsi miakoi ozymoi ta parametry ioho ekolohichnoi stiiikosti 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 Herald*, 104. 9–15 [in Ukrainian].
 16. Hamayunova, V.V. et al. (2021). *Pshenytsya ozyma: resursnyy potentsial ta tekhnolohiya vyroshchuvannya* [Winter wheat: resource potential and cultivation technology]. Mykolayiv: MNAU [in Ukrainian].
 17. Kovalenko, O.A. & Korkhova, M.M. (2011). Produktivnist pshenyts *Triticum durum* ta *Triticum aestivum* ozymykh form v riznykh hruntovo-klimatychnykh umovakh Stepu Ukrainy [Productivity of wheat *Triticum durum* and *Triticum aestivum* winter forms in different soil and climatic conditions of the Steppe of Ukraine]. *Naukovi pratsi Chornomorskoho DU im. Petra Mohyly – Scientific works of the Black Sea State University named after Petra Mohyla*, 138, 31–36 [in Ukrainian].
 18. Korkhova, M.M., Kovalenko, O.A. & Krysenko, I.V. (2019). Vplyv strokiv sivby ta pohodnykh umov u vesnyano-litnii period na urozhaynist pshenytsi miakoi ozymoi [The influence of sowing dates and weather conditions in the spring-summer period on the productivity of soft winter wheat]. *Naukovi zasady pidvyshchennya efektyvnosti silskohospodarskoho vyrobnystvu: materialy III mizhnar. nauko-vo-praktychnoyi konferentsiyi, 30–31 zhovtnya 2019 r. U 2-kh ch* [Scientific principles of increasing the efficiency of agricultural production: materials of the 3rd International of the scientific and practical conference, October 30–31, 2019. In 2 parts] (pp. 252–254). Kharkiv: KHNAU. [in Ukrainian].
 19. Mohylnytska, A.M. & Panfilova, A.V. (2020). Otsinka ta modeliuvannya vplyvu pohodno-klimatychnykh umov na urozhaynist pshenytsi ozymoi [Assessment and modeling of the influence of weather and climate conditions on the productivity of winter wheat]. *Visnyk ahrarnoyi nauky Prychornomoria – Herald of Agrarian Science of the Black Sea Region*, 4(108), 29–36 [in Ukrainian].
 20. Shebanin, V.S., Novikov, O.E. & Karpenko, M.D. (2020). Obgruntuvannya dotsilnosti zaprovadzhennia doshchuvalnoho zroshennia v suchasnykh umovakh [Justification of the feasibility of introducing sprinkler irrigation in modern conditions]. *Visnyk ahrarnoyi nauky Prychornomoria – Herald of Agrarian Science of the Black Sea Region*, 1(105) [in Ukrainian].
 21. Cherenkov, A.V., Zhelezkov, O.I. & Kozelskyi, O.M. (2015). Formuvannya pokaznykh yakosti zerna pshe-nytsi ozymoi v umovakh Pivnichnoho Stepu [Formation of grain quality indicators of winter wheat in the conditions of the Northern Steppe]. *Visnyk ahrarnoyi nauky Prychornomoria – Herald of Agrarian Science of the Black Sea Region*, 2(85), T.1, 22–29 [in Ukrainian].
 22. Okhorona prav na sorty roslyn. Ofitsiyniy biuleten. Derzhavna komisii po sortovyprobuvanni ta okhoroni sortiv roslyn (2003). [Protection of rights to plant varieties. Official bulletin. State commission for variety testing and protection of plant varieties], Kyiv: Alefa, 2–3, 5–6, 191–193 [in Ukrainian].
 23. Ushkarenko, V.O. et al. (2008). *Dyspersiyni i korelyatsiyni analiz rezultativ polovykh doslidiv* [Dispersion and correlation analysis of the results of field experiments]. Kherson: Aylant [in Ukrainian].
 24. Sakhno, L.O. (2017). Aktyvnist superoksyddysmutazy v ontogenezi roslyn u normi i za dii abiotychnykh stresiv [The activity of superoxide dismutase in the ontogeny of plants in the norm and under the action of abiotic stresses]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya: Biolohiia – Bulletin of Kharkiv National Agrarian University*, (1), 21–34 [in Ukrainian].
 25. Lytvynenko, M.A., Holub, Ye.A. & Khomenko, T.M. (2018). Osoblyvosti stvorennia ta identyfikatsii ekstrasyllynykh za khlibopekarskymy vlastyvestiamy sortiv pshenytsi miakoi ozymoi (*Triticum aestivum* L.) [Peculiarities of creation and identification of varieties of soft winter wheat (*Triticum aestivum* L.) with extra-strong bread-making properties]. *Selektsiya ta nasinytstvo – Breeding and seed production*, 14(1), 66–74 [in Ukrainian].
 26. Bazalii, V.V., Larchenko, O.V. & Bazalii, H.H. (2003). Posukhostiykist riznykh biotypiv ozymoi pshenytsi zalezno vid fiziolohichnoho stanu roslyn [Drought resistance of different biotypes of winter wheat depending on the physiological state of plants]. *Tavriyskyy naukovyy visnyk. Zb. naukovykh prats – Taurian Scientific Herald. Coll. scientific works*, 28, 19–22 [in Ukrainian].
 27. Vozhehova, R.A. & Orliuk, A.P. (1998). Vyznachennia posukhostiykosti sortiv ozymoi pshenytsi na pochatkovykh etapakh ontogenezu [Determination of drought resistance of winter wheat varieties at the initial stages of ontogenesis]. *Tavriyskyy naukovyy visnyk. Zb. nauk. Pr – Taurian Scientific Herald. Coll. scientific works*, 4, 23–26 [in Ukrainian].
 28. Petrenkova, V.P., Chernobay, L.M., Chernyayeva, I.M., Markova, T.Yu. & Kryvosheyeva, O.V. (2007). Imunolohichni osnovy selektsii silskohospodarskykh kultur. Teoretychni osnovy selektsii polovykh kultur [Immunological basis of selection of agricultural crops. Theoretical foundations of selection of field crops]. *Zb. nauk. pr. Kharkiv. Instytut roslynnytstva im. V.Ya. Yurieva UAAN – Coll. of science Kharkiv Ave. Institute of plant breeding named after V.Ya. Yuryeva, Ukrainian Academy of Sciences*, 200–278 [in Ukrainian].

Домарацький Є.О., Базалій В.В., Пічура В.І., Дробітько А.В., Потравка Л.О. Водоутримуюча здатність та посухостійкість пшениці озимої залежно від сортового складу за незрошуваних умов зони Степу

Мета досліджень: дослідити вплив сортового складу на водоутримуючу здатність рослин та посухостійкість агроценозів пшениці озимої в умовах зони Степу України за різних умов природного вологозабезпечення. **Методи досліджень:** польові дослідження проводили в умовах дослідного поля ФГ «Світлана» Вознесенського району Миколаївської області на ґрунті – чорнозем звичайний малогумусний із вмістом гідролізованого нітрогену 1,5–1,8; легкозасвоюваного фосфору 4,5–7,0 та обмінного калію 12–15 мг/100 г ґрунту. Дослід закладали за двох-факторною схемою впродовж 2011–2023 рр., в якому фактором А виступали різні сорти пшениці озимої вітчизняної селекції (Дріада 1, Херсонська 99, Мудрість, Ластівка, Асканійська), а фактором В – були погодні умови років проведення досліджень (посушливий: 2012–2013 р. та сприятливий: 2022–2023 р.). Усі необхідні оцінки, обліки та спостереження виконувались відповідно до методики «Державної комісії України з випробування та охорони прав на сорти рослин», статистичний та дисперсійний аналіз даних результатів досліджень проводився згідно методики Ушкаренко В.О. та ін. та за допомогою програм «Statistica 10.0», «Microsoft Excel» та «Agrostat». **Результати досліджень.** Водоутримуюча здатність рослин у всіх сортів знижувалась до фази колосіння, а в період наливу зерна вона знову підвищувалась. В середньому за різних умов вирощування втрата води листям рослин у вивчаємих сортів була практично на одному рівні, але у сортів пшениці озимої Дріада 1, Херсонська 99, Асканійська вона була дещо меншою, що свідчить про їх більш високу посухостійкість. В досліді спостерігалась тенденція до зменшення втрати води листям у сприятливі роки вирощування. Найбільш високу врожайність показали сорти Херсонська 99, Дріада 1, Асканійська, Антонівка, особливо в несприятливий посушливий рік. Сорт Асканійська незважаючи на більшу втрату води за даними періодами формував урожайність на рівні і більшу (5,18 т/га) високопродуктивних сортів. **Висновки.** В контрастні за умовами зволоження роки найбільшою продуктивністю володіли сорти пшениці озимої Херсонська 99 та Асканійська, урожайність їх склала в посушливий період – 4,14 і 4,24 т/га та у сприятливий – 4,90 і 5,18 т/га відповідно. Результати польового дослідження свідчать про важливість вивчення сучасного сортименту зернових культур та подальшого пошуку з широкої лінійки саме посухостійких та високоврожайних сортів.

Ключові слова: сорт, пшениця озима, зміни клімату, посухостійкість, водоутримуюча здатність, врожайність.

Domaratskyi Ye.O., Bazaliy V.V., Pichura V.I., Drobytko A.V., Potravka L.O. Water-holding capacity and drought resistance of winter wheat depending on the variety composition under non-irrigated conditions of the Steppe zone

The purpose of the research: to investigate the effect of varietal composition on the water-holding capacity of plants and drought resistance of agroecosystems of winter wheat in the conditions of the Steppe zone of Ukraine under different conditions of natural moisture supply. **Research methods:** field research was carried out in the conditions of the experimental field of FG «Svitlana» of the Voznesensky district of the Mykolaiv region on the soil – ordinary low-humus chernozem with a content of hydrolyzed nitrogen of 1.5–1.8; easily absorbable phosphorus 4.5–7.0 and exchangeable potassium 12–15 mg/100 g of soil. The experiment was laid according to a two-factor scheme during 2011–2023, in which factor A was various varieties of winter wheat of domestic selection (Dryada 1, Khersonska 99, Mudrist, Lastivka, Askaniyska), and factor B was the weather conditions of the years of research (dry: 2012–2013 and favorable: 2022–2023). All necessary assessments, records and observations were carried out in accordance with the methodology of the «State Commission of Ukraine for Testing and Protection of Rights to Plant Varieties», statistical and dispersion analysis of research results was carried out according to the methodology of V. O. Ushkarenko. etc. and with the help of «Statistica 10.0», «Microsoft Excel» and «Agrostat» programs. **Research results.** The water-holding capacity of plants in all varieties decreased before the earing phase, and it increased again during the grain filling period. On average, under different growing conditions, the water loss of plant leaves in the studied varieties was almost at the same level, but in winter wheat varieties Dryad 1, Khersonska 99, Askaniyska it was somewhat lower, which indicates their higher drought resistance. In the experiment, a tendency to decrease water loss by leaves was observed in favorable growing years. The highest yields were shown by Khersonska 99, Dryada 1, Askaniyska, and Antonivka varieties, especially in an unfavorable dry year. The Askaniyska variety, despite the greater water loss during these periods, produced a yield equal to and greater (5.18 t/ha) than high-yielding varieties. **Conclusions.** In years contrasting in terms of moisture conditions, the Khersonska 99 and Askaniyska winter wheat varieties had the highest productivity, their yield was 4.14 and 4.24 t/ha in the dry period and 4.90 and 5.18 t/ha in the favorable period, respectively. The results of the field experiment testify to the importance of studying the modern range of grain crops and further searching for drought-resistant and high-yielding varieties from a wide range.

Key words: variety, winter wheat, climate changes, drought resistance, water-holding capacity, productivity.

ECOLOGICAL PLASTICITY AND STABILITY OF WINTER WHEAT VARIETIES IN THE CONDITIONS OF THE SOUTHERN STEPPE OF UKRAINE (PART 2 – DROUGHT YEARS)

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.G. – 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

OCHKALA O.S. – PhD (Doctor of Philosophy)

orcid.org/0000-0002-1609-5679

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 contrib-

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

uted 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 m² 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 (I_j), coefficient of regression of the variety on the environment (b_j), variance of deviations from regression lines, second stability parameter (s_{di}^2) [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 ($\sigma_{(G \times E)_{gi}}^2$), variance of specific adaptive capacity ($\sigma_{SAC_i}^2$), 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. The obtained experimental data allow distinguishing varieties of winter wheat by maximum productivity (Y_{max}) *Mariia* – 8.61 t/ha, *Harantiia odes'ka* – 8.23 and *Nyva odes'ka* – 8.04 t/ha, *Konka* varieties by minimum productivity (Y_{min}) – 4.75 t/ha, *Kokhana* – 4.61, *Koshova* and *Zysk* – 4.67, *Lira odes'ka* – 4.99 and *Schedrist' odes'ka* – 4.65 t/ha. The lowest productivity in terms of minimum productivity was formed by the varieties *Harantiia odes'ka* – 3.01 t/ha and *Rosynka* – 3.87 t/ha, and the *Rosynka* variety was characterized by the lowest productivity in terms of maximum productivity of 5.69 t/ha (Table 2).

According to the indicator of average yield (Y_{mean}), varieties *Kokhana* and *Mariia* stood out – 6.24 t/ha, *Zysk* – 6.34 and *Lira odes'ka* – 6.31 t/ha, on the other hand, *Rosynka* variety was characterized by the lowest value – 4.82 t/ha.

The level of resistance of the researched winter wheat varieties to stressful conditions reflects the index of the difference between the minimum and maximum yield (RS), and the smaller this difference, the higher its resistance to stress. According to this indicator, the winter wheat variety *Khersons'ka bezosta* was singled out – 1.82, while the *Mariia* and *Harantiia odes'ka* varieties were characterized by the highest values of this indicator, 4.32 and 5.22, respectively.

Table 2

Homeostaticity, ecological plasticity and adaptability of winter wheat varieties based on grain yield (2018, 2020)

Variety	Designation	Yield, t/ha		Adaptability parameters						
		Ymin-Ymax	Ymean	RS	Sc	Gf	b_i	s^2_{di}	CA	Hom
Anatoliia	G1	4.47–7.18	5.88	2.71	4.27	5.83	0.84	0.13	100.5	13.6
Burhunka	G2	4.32–7.45	5.43	3.13	3.88	5.89	0.84	0.92	92.8	11.9
Konka	G3	4.75–7.20	5.92	2.45	4.04	5.98	0.91	0.17	101.1	11.5
Kokhana	G4	4.61–7.54	6.24	2.93	4.51	6.08	0.91	0.20	106.7	14.2
Koshova	G5	4.67–7.49	6.18	2.82	4.53	6.08	0.86	0.17	105.6	14.7
Mariia	G6	4.29–8.61	6.24	4.32	4.04	6.45	1.23	0.78	106.6	10.7
Ledia	G7	4.00–6.68	5.50	2.68	4.00	5.34	0.79	0.24	94.0	12.7
Rosynka	G8	3.87–5.69	4.82	1.82	3.53	4.78	0.62	0.06	82.3	11.5
Khersons'ka bezosta	G9	4.07–7.33	5.47	3.26	3.37	5.70	1.11	0.23	93.4	8.4
Askaniis'ka	G10	4.50–7.58	6.14	3.08	4.25	6.04	0.99	0.11	104.9	12.4
Harantiia odes'ka	G11	3.01–8.23	5.38	5.22	2.57	5.62	1.55	1.60	91.8	5.6
Zysk	G12	4.67–7.56	6.34	2.89	4.48	6.12	0.96	0.14	108.3	13.5
Lira odes'ka	G13	4.99–7.53	6.31	2.54	4.75	6.26	0.69	0.55	107.9	16.4
Mudrist' odes'ka	G14	4.06–7.89	5.93	3.83	3.37	5.98	1.31	0.62	101.2	7.9
Nyva odes'ka	G15	4.16–8.04	6.18	3.88	3.72	6.10	1.26	0.57	105.6	9.1
Pylypivka	G16	4.44–7.08	5.72	2.64	3.69	5.76	1.01	0.17	97.7	9.7
Tradysiiia odes'ka	G17	4.32–7.14	5.66	2.82	3.50	5.73	1.10	0.18	96.6	8.8
Schedrist' odes'ka	G18	4.65–7.94	6.03	3.29	4.12	6.30	1.01	0.34	103.0	11.8
Medium grade		4.33–7.45	5.85	3.13	3.92	5.89	1.00	0.40	100.0	11.4
V, %			7.03	24.90	13.66	6.53	23.21	97.79	7.06	24.01
$S\bar{x}_{absolute}$			0.10	0.18	0.13	0.09	0.05	0.09	1.66	0.64
$S\bar{x}_{relative}$			1.66	5.87	3.22	1.54	5.47	23.05	1.66	5.66
LSD ₀₁			0.31	0.58	0.40	0.29	0.17	0.29	5.27	2.04
LSD ₀₅			0.22	0.42	0.29	0.21	0.13	0.21	3.81	1.47

According to the breeding value of the variety (Sc), the varieties *Kokhana* – 4.51, *Koshova* – 4.53, *Zysk* – 4.48 and *Lira odes'ka* – 4.75 stood out.

Winter wheat varieties *Mariia* – 6.45, *Lira odes'ka* – 6.26 and *Schedrist' odes'ka* – 6.30 stood out according to the indicator of genetic flexibility (Gf), that is, such varieties form 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 ($b_i > 1$) *Harantiia odes'ka* – 1.55, the stable type ($b_i < 1$) *Rosynka* variety – 0.62 and *Lira odes'ka* – 0.69. If $b_i = 1$, then the genotype is well adapted to various growing conditions, the closest to this are the varieties *Askaniis'ka* – 0.99, *Pylypivka* and *Schedrist' odes'ka* – 1.01.

During the analysis of winter wheat varieties based on the variance of the deviation from the s^2_{di} regression line, the *Rosynka* variety with the highest predicted stability was singled out, with an s^2_{di} value of 0.059. On the other hand, the *Harantiia odes'ka* variety turned out to be unstable with the highest value of s^2_{di} (1.596).

The maximum values of the coefficient of adaptability (CA) were characterized by varieties *Kokhana* – 106.7, *Mariia* – 106.6, *Zysk* – 108.3 and *Lira odes'ka* – 107.9.

According to the indicator of homeostaticity (Hom), which characterizes the ability of plants to develop normally under adverse environmental conditions, the varieties *Kokhana* – 14.2, *Koshova* – 14.7 and *Lira odes'ka* – 16.4 stood out. The lowest homeostatic value (5.6) was characterized by the *Harantiia odes'ka* variety.

Winter wheat varieties had the greatest effects of general adaptive capacity (GAC_i): *Zysk* – 0.49 and *Lira odes'ka* – 0.46. *Rosynka* variety was characterized by the lowest value of this characteristic – 1.03 (Table 3).

The variance parameter (σ^2_{SACi}) characterizes the specific adaptive capacity, that is, the response of the genotype to environmental conditions. The most stable *Rosynka* variety with the lowest value of σ^2_{SACi} – 0.73 was established. The *Harantiia odes'ka* variety with the highest value of σ^2_{SACi} – 5.51 is an unstable or intensive type variety.

Rosynka – 17.8 and *Lira odes'ka* – 17.5 stood out according to the parameter of relative stability of the genotype (s_{gi}), which characterizes them as the most stable.

The *Askaniis'ka* and *Pylypivka* varieties were characterized by the smallest values (0.04 and 0.08, respectively) of the variance of the interaction of genotype and environment $\sigma^2_{(G \times E)gi}$, but they were unstable for the compensation coefficient K_{gi} (1.03 and 1.09, respectively), which indicates the manifestation of a destabilizing effect, although they were

Table 3

Parameters of adaptive properties of winter wheat varieties based on grain yield (2018, 2020)

Variety	Designation	Yield, t/ha		Adaptability parameters						
		$Y_{min}-Y_{max}$	Y_{mean}	GAC_i	$\sigma^2_{(G \times E)gi}$	σ^2_{SACi}	s_{gi}	SVG_i	K_{gi}	I_{gi}
Anatoliia	G1	4.47–7.18	5.88	0.03	0.11	1.36	19.8	3.52	0.74	0.079
Burhunka	G2	4.32–7.45	5.43	-0.42	0.63	1.91	25.4	2.63	1.04	0.328
Konka	G3	4.75–7.20	5.92	0.06	0.10	1.64	21.6	3.33	0.90	0.059
Kokhana	G4	4.61–7.54	6.24	0.39	0.12	1.63	20.5	3.66	0.89	0.072
Koshova	G5	4.67–7.49	6.18	0.33	0.12	1.47	19.6	3.73	0.80	0.082
Mariia	G6	4.29–8.61	6.24	0.39	0.59	3.30	29.1	2.56	1.81	0.178
Ledia	G7	4.00–6.68	5.50	-0.35	0.21	1.30	20.7	3.20	0.71	0.159
Rosynka	G8	3.87–5.69	4.82	-1.03	0.27	0.73	17.8	3.08	0.40	0.367
Khersons'ka bezosta	G9	4.07–7.33	5.47	-0.39	0.15	2.42	28.5	2.32	1.32	0.060
Askaniis'ka	G10	4.50–7.58	6.14	0.29	0.04	1.88	22.3	3.37	1.03	0.022
Harantiia odes'ka	G11	3.01–8.23	5.38	-0.48	1.59	5.51	43.7	0.63	3.01	0.289
Zysk	G12	4.67–7.56	6.34	0.49	0.06	1.78	21.0	3.64	0.97	0.036
Lira odes'ka	G13	4.99–7.53	6.31	0.46	0.51	1.22	17.5	4.08	0.67	0.421
Mudrist' odes'ka	G14	4.06–7.89	5.93	0.07	0.56	3.60	32.0	2.09	1.97	0.157
Nyva odes'ka	G15	4.16–8.04	6.18	0.33	0.48	3.32	29.5	2.49	1.82	0.143
Pylypivka	G16	4.44–7.08	5.72	-0.14	0.08	1.99	24.7	2.86	1.09	0.041
Tradysiiia odes'ka	G17	4.32–7.14	5.66	-0.20	0.10	2.33	27.0	2.56	1.28	0.045
Schedrist' odes'ka	G18	4.65–7.94	6.03	0.18	0.20	2.12	24.1	3.08	1.16	0.093
Medium grade		4.33–7.45	5.85	0.00	0.33	2.19	24.7	2.94	1.20	0.146
V, %			7.03	74363.30	113.82	51.43	25.77	27.09	51.45	84.59
$S\bar{x}_{absolute}$			0.10	0.10	0.09	0.27	1.50	0.19	0.15	0.03
$S\bar{x}_{relative}$			1.66	17527.60	26.83	12.12	6.07	6.39	12.13	19.94
LSD ₀₁			0.31	0.31	0.28	0.84	4.76	0.59	0.46	0.09
LSD ₀₅			0.22	0.22	0.20	0.61	3.44	0.43	0.33	0.07

characterized by a linear response to a change in the environment. The compensation coefficient varied from 0.40–3.01. In *Anatoliia*, *Konka*, *Kokhana*, *Koshova*, *Ledia*, *Rosynka*, *Zysk* and *Lira odes'ka* varieties, it was less than one, which indicates a stabilization effect. *Rosynka* – 0.40 and *Lira odes'ka* – 0.67 were characterized by the lowest values. In others, it was more than one, with the highest value of 3.01 in the *Harantiia odes'ka* variety, which indicates the predominance of the destabilizing effect. When selecting stable varieties, preference should be given to varieties with $K_{gi} < 1$.

The varieties *Koshova* and *Lira odes'ka* with values of 3.73 and 4.08, respectively, were characterized by a high selection value of the genotype (SVG_i). Varieties of this type are the most valuable and can give maximum yields even under unfavorable conditions.

According to the parameters of adaptability, the *Kokhana*, *Koshova*, *Rosynka*, *Zysk* and *Lira odes'ka* varieties were selected as the most stable, while *Harantiia odes'ka* was selected as an intensive type variety. The varieties *Askaniis'ka*, *Pylypivka* and *Schedrist' odes'ka* can be classified as plastic.

There is no relationship between the maximum and minimum yield $r = -0.015$. Both yield levels of winter wheat varieties were characterized by an average positive relationship ($r = 0.625$ – 0.662) with average yield (Y_{mean}), adaptability

coefficient (CA) and general adaptive capacity (GAC_i). The maximum yield was characterized by a high positive relationship ($r = 0.717$ – 0.824) with the level of resistance to stress conditions (RS), genetic flexibility (Gf) and the regression coefficient (b_i), on the other hand, the minimum yield with genetic flexibility (Gf) had an average positive relationship $r = 0.564$, and with the level of resistance to stressful conditions (RS) and the regression coefficient (b_i) the average negative dependence is -0.579 and -0.571 , respectively. That is, if the varieties are characterized by high values of the level of resistance to stressful conditions (RS) and the regression coefficient (b_i), then such varieties are classified as intensive, and if they are low, they are stable (Table 4).

The minimum yield was characterized by a high positive correlation ($r = 0.768$ – 0.886) with the selection value of the variety (Sc), homeostaticity (Hom) and the selection value of the genotype (SVG_i), on the other hand, with the maximum yield the selection value of the variety (Sc) and homeostaticity (Hom) had a low negative dependence (-0.025 and -0.234 , respectively), and with the selection value of the genotype (SVG_i) – an average negative dependence (-0.346).

The variance of the deviation from the regression line (s^2_{di}), the stability of the genotype response (σ^2_{SACi}) and the compensation coefficient (K_{gi}) had an average negative relationship (-0.609 , -0.674 and -0.673) with the minimum

Table 4

Matrix of correlations between the maximum and minimum yield of winter wheat varieties and homeostaticity, ecological plasticity and adaptability parameters (2018, 2020)

	Ymin	Ymax	Ymean	RS	Sc	Gf	b _i	s ² _{di}	CA	Hom	GAC _i	σ ² _{(G+E)gi}	σ ² _{SACi}	s _{gi}	SVG _i	K _{gi}	I _{gi}
Ymin	1.000	-0.015	0.660	-0.579	0.886	0.564	-0.571	-0.609	0.662	0.768	0.661	-0.710	-0.674	-0.754	0.871	-0.673	-0.292
Ymax	-0.015	1.000	0.628	0.824	-0.025	0.817	0.717	0.592	0.625	-0.234	0.625	0.453	0.698	0.581	-0.346	0.698	-0.126
Ymean	0.660	0.628	1.000	0.138	0.672	0.898	0.096	-0.126	1.000	0.443	1.000	-0.241	-0.008	-0.187	0.456	-0.007	-0.380
RS	-0.579	0.824	0.138	1.000	-0.523	0.346	0.908	0.828	0.134	-0.626	0.134	0.772	0.951	0.901	-0.776	0.951	0.063
Sc	0.886	-0.025	0.672	-0.523	1.000	0.490	-0.658	-0.534	0.676	0.946	0.677	-0.602	-0.706	-0.818	0.938	-0.706	-0.155
Gf	0.564	0.817	0.898	0.346	0.490	1.000	0.263	0.139	0.898	0.249	0.897	-0.035	0.188	0.045	0.216	0.189	-0.273
b _i	-0.571	0.717	0.096	0.908	-0.658	0.263	1.000	0.635	0.090	-0.814	0.090	0.595	0.963	0.937	-0.826	0.964	-0.192
s ² _{di}	-0.609	0.592	-0.126	0.828	-0.534	0.139	0.635	1.000	-0.128	-0.494	-0.128	0.969	0.809	0.798	-0.746	0.808	0.534
CA	0.662	0.625	1.000	0.134	0.676	0.898	0.090	-0.128	1.000	0.448	1.000	-0.243	-0.013	-0.192	0.461	-0.012	-0.378
Hom	0.768	-0.234	0.443	-0.626	0.946	0.249	-0.814	-0.494	0.448	1.000	0.450	-0.512	-0.795	-0.877	0.935	-0.795	0.065
GAC _i	0.661	0.625	1.000	0.134	0.677	0.897	0.090	-0.128	1.000	0.450	1.000	-0.242	-0.014	-0.193	0.461	-0.013	-0.376
σ ² _{(G+E)gi}	-0.710	0.453	-0.241	0.772	-0.602	-0.035	0.595	0.969	-0.243	-0.512	-0.242	1.000	0.789	0.780	-0.760	0.788	0.611
σ ² _{SACi}	-0.674	0.698	-0.008	0.951	-0.706	0.188	0.963	0.809	-0.013	-0.795	-0.014	0.789	1.000	0.977	-0.887	1.000	0.057
s _{gi}	-0.754	0.581	-0.187	0.901	-0.818	0.045	0.937	0.798	-0.192	-0.877	-0.193	0.780	0.977	1.000	-0.957	0.977	0.068
SVG _i	0.871	-0.346	0.456	-0.776	0.938	0.216	-0.826	-0.746	0.461	0.935	0.461	-0.760	-0.887	-0.957	1.000	-0.886	-0.164
K _{gi}	-0.673	0.698	-0.007	0.951	-0.706	0.189	0.964	0.808	-0.012	-0.795	-0.013	0.788	1.000	0.977	-0.886	1.000	0.057
I _{gi}	-0.292	-0.126	-0.380	0.063	-0.155	-0.273	-0.192	0.534	-0.378	0.065	-0.376	0.611	0.057	0.068	-0.164	0.057	1.000

* – Confidence interval (%): 95

yield, on the other hand, with the maximum yield – an average positive dependence ($r = 0.592-0.698$). The relative stability of the genotype (s_{gi}) and the variance of the interaction between the genotype and the environment ($\sigma^2_{(G \times E)gi}$) were characterized by a high negative correlation (-0.754 and -0.710) with the minimum productivity and an average positive correlation (0.581 and 0.453) 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.

According to the results of the GGE biplot analysis, the winter wheat variety *Lira odes'ka* (G13), which is in the same quarter as the minimum yield vector (Y_{min}) and is close to its peak, forms the highest yield under the worst growing conditions. Varieties *Konka* (G3), *Kokhana* (G4), *Koshova* (G5) and *Zysk* (G12), which are in the same quarter with the minimum yield vector, form high yields under worse growing conditions (Y_{min}). They are characterized by a low yield reduction when growing conditions deteriorate and a high yield under unfavorable conditions, that is, they can be classified as stable type varieties (Fig. 1).

The variety *Mariia* (G6) is in one quarter of the maximum yield vector (Y_{max}) and is close to its peak, produces the highest yield under optimal conditions and can be classified as an intensive type variety.

The variety *Schedrist' odes'ka* (G18), located on the axis between the vectors of yield levels, as well as the variety *Askaniis'ka* (G10) close to the axis, form a high yield under both conditions, and can be considered plastic.

The *Rosynka* (G8) winter wheat variety is in the II quarter and is characterized by the smallest reduction in yield

when conditions deteriorate and can be considered the most stable, i.e., tolerant to changes in moisture conditions. However, it is also characterized by the lowest level of productivity under both humidification conditions.

The winter wheat variety *Harantiia odes'ka* (G11), located in the III quarter, is characterized by high productivity (8.23 t/ha) under optimal conditions and the lowest (3.01 t/ha) under unfavorable conditions. This variety can be attributed to the intensive type, that is, one that responds well to improving moisture conditions, but is characterized by a sharp decrease in productivity under stressful 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. Construction and analysis of dendrograms details information about the nature of relationships between lineages at the cluster level and specifies relationships between populations 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 varieties that formed five subclusters were the closest in yield and adaptability parameters: G4 – *Kokhana* and G5 – *Koshova* at a distance of 1, G1 – *Anatoliia* and G3 – *Konka*, G6 – *Mariia* and G15 – *Nyva odes'ka* at a distance of 4 and G10 – *Askaniis'ka* and G18 – *Schedrist' odes'ka* at a distance of 5 were further grouped into 1 cluster, and varieties G16 – *Pylypivka* and G17 – *Tradytsiia odes'ka* at a distance of 4 were further grouped into 2 cluster. In general, three clusters were formed: in the first cluster, at a distance

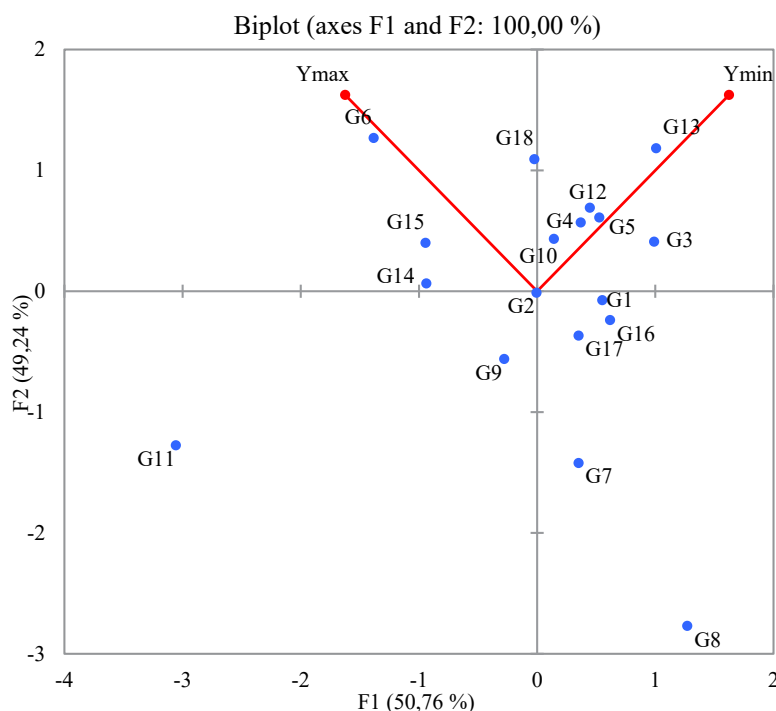


Fig. 1. Genotype-environment interaction of winter wheat varieties and environments (biplot analysis method). The lines show the eigenvectors of the leading factor loads for the environments: ● – yield level; ● – varieties

of 252, eleven varieties that are more directed to the plastic type, in the second cluster, at a distance of 187, six varieties that are more directed to the stable type were united. Grade G11 – *Harantiia odes'ka*, formed cluster 2, which is more directed to the intensive type (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 eight varieties more directed towards a stable type, compared to the agglomerative hierarchical cluster analysis, with the exception of the varieties G4 – *Kokhana*, G5 – *Koshova*, G10 – *Askaniis'ka*, G12 – *Zysk*,

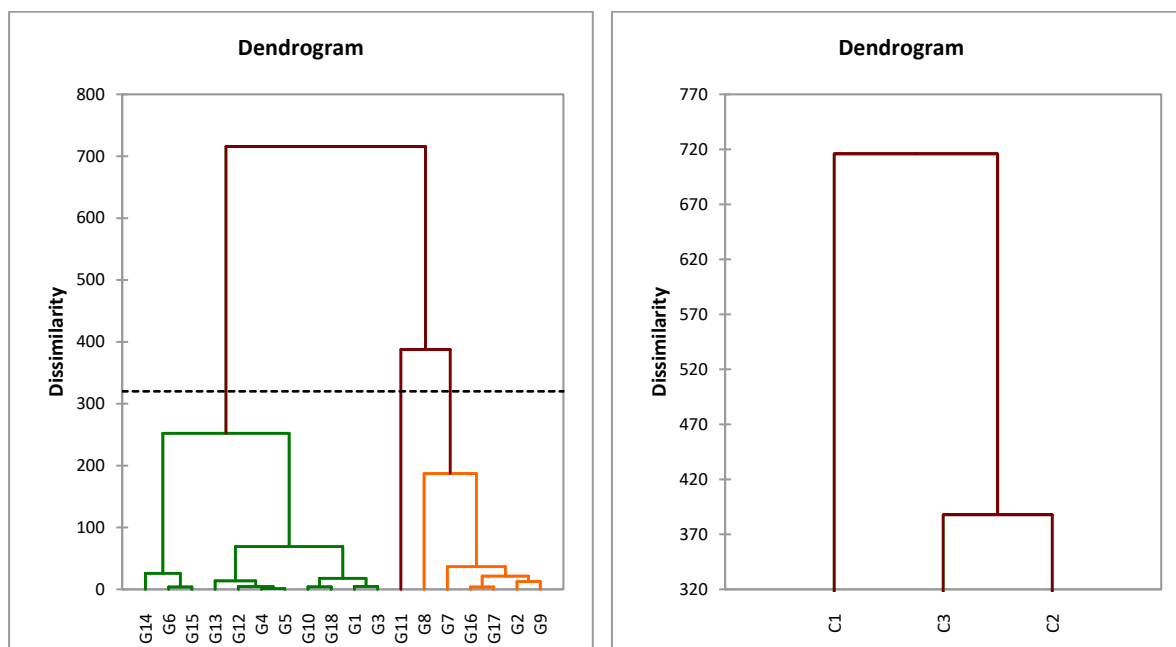


Fig. 2. Clustering dendrogram of eighteen winter wheat varieties according to drought resistance

Table 5

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
<i>Anatoliia</i>	G1	1	7.241	1
<i>Burhunka</i>	G2	1	3.538	2
<i>Konka</i>	G3	1	6.641	1
<i>Kokhana</i>	G4	2	0.915	1
<i>Koshova</i>	G5	2	1.654	1
<i>Mariia</i>	G6	3	7.665	1
<i>Ledia</i>	G7	1	3.271	2
<i>Rosynka</i>	G8	1	13.868	2
<i>Khersons'ka bezosta</i>	G9	1	6.266	2
<i>Askaniis'ka</i>	G10	2	2.433	1
<i>Harantiia odes'ka</i>	G11	3	14.575	3
<i>Zysk</i>	G12	2	2.332	1
<i>Lira odes'ka</i>	G13	2	4.920	1
<i>Mudrist' odes'ka</i>	G14	3	1.920	1
<i>Nyva odes'ka</i>	G15	3	6.183	1
<i>Pylypivka</i>	G16	1	3.639	2
<i>Tradysiiia odes'ka</i>	G17	1	4.920	2
<i>Schedrist' odes'ka</i>	G18	2	5.079	1

G13 – *Lira odes'ka* and G18 – *Schedrist' odes'ka*, which were included and formed the second cluster, as varieties of the plastic type. G6 – *Mariia*, G14 – *Mudrist' odes'ka* and G15 – *Nyva odes'ka* moved from the first to the third cluster as intensive type varieties (Table 5).

The smallest distance to the center of the first cluster was observed in the G7 – *Ledia* variety at the level of 3.271, whereas the largest 13.868 was observed in the G8 – *Rosynka* variety. The smallest distance to the center of the second cluster was observed in the variety G4 – *Kokhana* at the level of 0.915, while the largest was 5.079 in the variety G18 – *Schedrist' odes'ka*. The smallest distance to the center of the third cluster was observed in the variety G14 – *Mudrist' odes'ka* at the level of 1.920, while the largest was 14.575 in the variety G11 – *Harantiia odes'ka*.

Conclusions. The selected parameters of adaptability are 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 response ($\sigma^2_{SA(i)}$), the variance of the interaction between the genotype and the environment ($\sigma^2_{(G \times E)_{gi}}$), compensation coefficient (K_{gi}), relative stability of the genotype (s_{gi}), selection value of the genotype (SVG_i), selection value of the variety (Sc) and homeostaticity (Hom) by which the type of variety can be most clearly characterized.

According to the parameters of adaptability, the *Kokhana*, *Koshova*, *Zysk* and *Lira odes'ka* varieties were selected as the most stable, while *Harantiia odes'ka* and *Mariia* were selected as intensive type varieties. The varieties *Schedrist' odes'ka* and *Askaniis'ka* are selected as plastic.

BIBLIOGRAPHY:

- 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>
- 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>
- Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sc.* 1966. Vol. 6. № 1. P. 36–40.
- Franco F.A., Marchioro V.S., Montecelli T.D.N., Schusterl., 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>
- Galetto S.L., Bini A.R., Haliski A., Scharr D.A., Borszowski 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>
- 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>
- 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
- 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
- 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>
- 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
- 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>
- 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
- 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
- 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.
- 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
- Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Димов О.М., Люта Ю.О. Особливості прояву адаптивних ознак у селекційних популяціях 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>
- Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Димов О.М., Пилиарська 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 популяції 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 насінневого 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 насінневого 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. Насіннева 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 насінневої 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 насінневою 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. *Зрошування землеробство*. 2021. № 75. С. 101–109. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2021.75.19>
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>
3. Eberhart, S.A & Russell, W.A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sc.* 6(1). 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. (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>
5. Galetto, S.L., Bini, A.R., Haliski, A., Scharr, D.A., Borszowski, 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>
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>
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
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 production by 2050. *PLoS ONE.* 8, E66428. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066428>
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
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>
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
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
14. Vozhehova, R., Tyshchenko, A., Tyshchenko, O., Dymov, O., Piliarska, O. & Lykhovyd, P. (2021). Evaluation of breeding indices for drought tolerance in alfalfa

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>

- (*Medicago*) genotypes. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, LXIV(2), 435–444. ISSN 2285-5785
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
 16. Vozhehova, R.A., Tyshchenko, A.V., Tyshchenko, O.D., Dymov, O.M. & Lyuta, Yu.O. (2021). Osoblyvosti proiavu adaptivnykh oznak u selektsiinykh populatsii liutserny pry vyroshchuvanni na nasinnia. [Features of manifestation of adaptive traits in breeding populations of alfalfa when grown from seed]. *Visnyk SumNAU. Seriya «Akhronomiia 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 selektsiynoho 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 populatsii liutserny kormovoho vykorystannia v rik sivby za matematychnymi 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 adaptivnykh oznak u populatsii 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 populatsii liutserny za nasinnievroho 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 populatsii liutserny nasinnievroho vykorystannia za matematychnymi 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). Nasinnievro produktivnist populatsii liutserny druhoho roku zhyttia ta osoblyvosti proiavu u nykh adaptivnykh 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 rosllyn nasinnievro 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). Posukhostiikost populatsii 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 produktivnist 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 nasinnievroho produktivnistiu na posukhostiikost. [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). Adaptivna zdattist – vazhlyva oznaka v selektsii rosllyn [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].

Konovalova V.M., Tyshchenko A.V., Bazalii H.G., Fundirat K.S., Tyshchenko O.D., Reznichenko N.D. Konovalov V.O., Ochkala O.S., Borovyk V.O. Ecological plasticity and stability of winter wheat varieties in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine (Part 2 – drought years)

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 allow distinguishing varieties of winter wheat by maximum productivity (Y_{max}) Mariia – 8.61 t/ha, Harantiia odes'ka – 8.23 and Nyva odes'ka – 8.04 t/ha, Konkha varieties by minimum productivity (Y_{min}) – 4.75 t/ha, Kokhana – 4.61, Koshova and Zysk – 4.67, Lira odes'ka – 4.99 and Schedrist' odes'ka – 4.65 t/ha. The lowest productivity in terms of minimum productivity was formed by the varieties Harantiia odes'ka – 3.01 t/ha and Rosynka – 3.87 t/ha, and the Rosynka variety was characterized by the lowest productivity in terms of maximum productivity of 5.69 t/ha. According to the parameters of adaptability, the Kokhana, Koshova, Rosynka, Zysk and Lira odes'ka varieties were selected as the most stable, while Harantiia odes'ka was selected as an intensive type variety. The varieties Askaniis'ka, Pylypivka and Schedrist' odes'ka can be classified as plastic. Three clusters were formed: the first cluster included eleven varieties that are more oriented towards the plastic type, the second cluster included six varieties that are more oriented towards the stable type. The Harantiia odes'ka variety formed cluster 2 – to the intensive type. 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_{SAG}), the compensation coefficient (K_{gi}), the relative stability of the genotype (s_{gi}), the selection value of the genotype (SV_{gi}), the selection value of the variety (Sc) by which the type of variety can be most clearly characterized. **Conclusions.** Selected parameters of adaptability, according to them and biplot analysis, the varieties Kokhana, Koshova, Zysk and Lira odes'ka were selected as the most stable, on the other hand, Harantiia odes'ka and Mariia were selected as intensive type varieties. The varieties Schedrist' odes'ka and Askaniis'ka are selected as plastic.

Key words: winter wheat, variety, irrigation, natural moisture, productivity, adaptability, stability, ecogradient, biplot analysis, cluster analysis.

Коновалова В.М., Тищенко А.В., Базалій Г.Г., Фундират К.С., Тищенко О.Д., Резниченко Н.Д. Коновалов В.О., Очкала О.С., Боровик В.О. Екологічна пластичність та стабільність сортів пшениці озимої в умовах Південного Степу України (Ч. 2 – посушливі роки)

Метою наших досліджень було вивчення і аналіз екологічної стійкості та адаптивності до різних середовищ сортів озимої пшениці селекції Інституту кліма-

тично орієнтованого сільського господарства НААН та Селекційно-генетичного інституту Національного центру насіннєзнавства та сортівивчення 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 дозволяють виділити сорти озимої пшениці за максимальною продуктивністю (Y_{max}) *Марія* – 8,61 т/га, *Гарантія одеська* – 8,23 і *Нива одеська* – 8,04 т/га, за мінімальною продуктивністю (Y_{min}) сорти *Конка* – 4,75 т/га, *Кохана* – 4,61, *Кошова* та *Зиск* – 4,67, *Ліра одеська* – 4,99 та *Щедрість одеська* – 4,65 т/га. Найнижчу урожайність за мінімальною продуктивністю сформували сорти *Гарантія одеська* – 3,01 т/га та *Росинка* – 3,87 т/га, а сорт *Росинка* характеризувався ще найнижчою урожайністю за максимальною продуктивністю 5,69 т/га. За параметрами адаптивності, як найбільш стабільні, виділені сорти *Кохана*, *Кошова*, *Росинка*, *Зиск* та *Ліра одеська*, натомість *Гарантія одеська* був виділений як сорт інтенсивного типу. Сорти *Асканійська*, *Пилипівка* та *Щедрість одеська* можуть бути віднесені до пластичних. Сформовано три кластера: в перший кластер об'єдналися одинадцять сортів які більш направлені до пластичного типу, в другий кластер об'єдналися шість сортів які більш направлені до стабільного типу. Сорт *Гарантія одеська*, утворив кластер 2 – до 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_{SAG}), коефіцієнт компенсації (K_{gi}), відносна стабільність генотипу (s_{gi}), селекційна цінність генотипу (СЦГГ), 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 *Кохана*, *Кошова*, *Зиск* та *Ліра одеська*, натомість *Гарантія одеська* та *Марія* виділені як сорти інтенсивного типу. Сорти *Щедрість одеська* та *Асканійська* виділені як пластичні.

Ключові слова: озима пшениця, сорт, зрошення, природне зволоження, урожайність, адаптивність, стабільність, екоградієнт, біплот-аналіз, кластерний аналіз.

МОДИФІКАЦІЯ ЖИВИЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ КУЛЬТИВУВАННЯ *IN VITRO* ІЗОЛЬОВАНИХ ОРГАНІВ, ТКАНИН І КЛІТИН *LINUM USITATISSIMUM* L. CONVAR. *ELONGATUM*

МІЩЕНКО С.В. – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0002-1979-4002

Глухівський національний педагогічний університет імені Олександра Довженка

Постановка проблеми. Напрями дослідження культури ізольованих органів, клітин і тканин конопель *Linum usitatissimum* L. convar. *elongatum* (льон звичайний різновид довгунець) *in vitro* дуже різноманітні [1–3], дані технології активно розвиваються і мають широкий спектр застосування, зокрема вони можуть бути використані у фізіологічних і селекційно-генетичних дослідженнях з метою вивчення біологічних особливостей виду, стресу і адаптації, мікроклонального розмноження цінних генотипів у значних обсягах, отримання цінних метаболітів, створення нового селекційного матеріалу шляхом використання соматичної мінливості чи генної інженерії.

Культивування ізольованих рослинних органів, тканин і клітин *in vitro* за умови моделювання різних умов абіотичного середовища (температури, світла, вологості, елементів живлення тощо) дає змогу встановити окремі особливості протікання фізіологічних процесів і біохімічних реакцій та перенести знання цих закономірностей у практичну площину – підвищення продуктивності та якості агрокультур, розробку заходів подолання абіотичних стресів та ін. Таким чином, існує потреба у розробці оптимального середовища для культивування певного виду рослин в умовах *in vitro* задля прискореного отримання великої кількості експериментального матеріалу.

Окрім того, культивування соматичних тканинних структур і регенерація з них рослин дозволяє отримувати генетично змінені рослини-регенеранти, які можуть генотипово і фенотипово суттєво відрізнятися від своїх вихідних форм і стати цінним селекційним матеріалом. Саме проходження клітинами стадії калюсогенезу веде до появи різного роду змін в генотипі, а рівень соматичної мінливості залежить від різних чинників, зокрема вихідного матеріалу, умов культивування *in vitro*, складу живильних середовищ, наявності екзогенних регуляторів росту тощо. При цьому, на відміну від штучно індукованих мутантів, вирощених у польових умовах, є можливість добору корисних і елімінації шкідливих чи небажаних мутантних форм. Особливе значення для селекції має отримання гаплоїдів з подальшим подвоєнням хромосомного набору. Метод подвоєних гаплоїдів дозволяє створити гомозиготний матеріал і підвищити його продуктивність. Таким чином, у селекційно-генетичній роботі з агрокультурами все більш затребуваним стає застосування біотехнологічних методів для отримання принципово нового селекційного матеріалу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Методики культивування *in vitro* добре розроблені для олійного льону [3–5], у свою чергу льон-довгунець має відмінні

особливості росту і розвитку, специфічну генотипову реакцію, потреби в основних елементах живлення та мікроелементах, регуляторах росту екзогенного походження (фітогормонах) тощо за вирощування загалом та в культурі ізольованих клітин і тканин зокрема, тому актуальною є розробка живильного середовища для культивування *Linum usitatissimum* L. convar. *elongatum* в умовах *in vitro*, яке б покращувало цей процес.

Найчастіше для культивування льону звичайного використовують живильне середовище Мурасіге і Скуга [6], яке містить неорганічні макро- і мікросолі, органічні сполуки у вигляді вуглеводу сахарози, амінокислот, фітогормонів (за потреби), вітамінів та агару. Як і коноплі посівні [7], так і льон звичайний, як луб'яна культура, добре реагує на застосування екзогенних регуляторів росту, зокрема фітогормонів [8]. Використовуючи цю особливість, модифікуючи середовище Мурасіге і Скуга, було розроблено спосіб розмноження льону звичайного із насіння з низькою схожістю та життєздатністю [9], встановлено вплив типу експланта та генотипу сорту на інтенсивність калюсо- й органогенезу та виділено оптимальні варіанти [10], розроблено рекомендації щодо розмноження дикорослих видів роду [11] тощо.

Разом з тим, *Linum usitatissimum* L. convar. *elongatum* характеризується більш інтенсивним ростом, має підвищену потребу в основних елементах живлення (N, K, P, Na), мікроелементах й антиоксидантах, а за умови використання зазначеного середовища експланти ростуть трохи повільно, іноді пагони є досить слабкими, часто з'являються некротичні плями на листках, швидко сповільнюється ріст у меристематичних зонах і пагони закінчують свій розвиток і відмирають, що унеможливає їх подальше використання, спостерігається накопичення фенольних сполук, інтенсивність калюсогенезу і органогенезу вимагає істотної активізації. Дане середовище потребує модифікації свого складу для покращення культивування даного біологічного виду та різновиду.

Мета. Розробити на основі живильного середовища Мурасіге і Скуга нове живильне середовище, яке було б більш придатним для культивування *Linum usitatissimum* L. convar. *elongatum* в умовах *in vitro*, і покращувало процес та результат культивування, підвищувало коефіцієнт розмноження матеріалу, інтенсифікацію росту пагонів, їх потужність та життєздатність, сприяло подовженню тривалості вегетативної стадії розвитку і онтогенезу загалом, яке б збільшувало ефективність калюсогенезу та соматичного ембріогенезу за умови додавання фітогормонів екзогенного походження,

виступало інгібітором накопичення фенольних сполук за рахунок модифікації складу хімічних елементів та органічних складових.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проведені на базі Інституту луб'яних культур НААН. У ролі експлантів використовували незрілі зародки насінин, пиляки, гіпокотильні й епикотильні сегменти, сім'ядольні та справжні листки, сегменти стебел, живці з меристемами декількох сортів льону-довгунця. Базовими живильними середовищами слугували середовища Мурасіге і Скуга, Гамборга і Евелєга, Уайта, які модифікували за різними складовими макро- та мікро-солей, органічних складових тощо. Експланти культивували за фотоперіоду 16 год, інтенсивності освітлення 2500 лк, відносної вологості повітря 60–80%, температури 22–24°C. Ефективність модифікації середовища оцінювали за інтенсивністю росту пагонів, їх станом, життєздатністю, інтенсивністю калюсо- й органогенезу.

Результати досліджень. Експериментально було встановлено найкращий варіант модифікації середовища Мурасіге і Скуга, до якого внесено наступні зміни складових: 2000 мг/л (25 мМ) NH_4NO_3 , 2022 мг/л (20 мМ) KNO_3 , 136 мг/л (1 мМ) KH_2PO_4 , 156 мг/л (1 мМ) $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 33,36 мг/л (0,12 мМ) $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, комплексованого (хелатованого) 44,76 мг/л (0,12 мМ) EDTA-Na_2 , 9,27 мг/л (150 мкМ) H_3BO_3 , 5,3 мг/л (25 мкМ) $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 0,05 мг/л (0,2 мкМ) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 0,05 мг/л (0,2 мкМ) $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 2,5 мг/л гліцину, 0,25 мг/л нікотинової кислоти, 1 мг/л піридоксину, 0,2 мг/л тіаміну, 5 мг/л аскорбінової кислоти, 4 мг/л бурштинової кислоти, 10000–30000 мг/л глюкози, 8000 г/л агару.

Нітроген є одним із надзвичайно важливих біогенних макроелементів для рослин, оскільки він входить до складу молекул амінокислот і відповідно білків, фітогормонів, ДНК, РНК, хлорофілу тощо [12]. *Linum usitatissimum* L. convar. *elongatum* є досить вимогливим видом і сільськогосподарською культурою до забезпеченості доступними для живлення сполуками даного елемента. Наявність Нітрогену у складі середовища головним чином забезпечується присутністю іонів NH_4^+ та NO_3^- . Саме підвищені, у порівнянні із живильним середовищем Мурасіге і Скуга, концентрації NH_4NO_3 (2000 мг/л) і KNO_3 (2022 мг/л) інтенсифікують ріст експлантів та калюсів, сприяють кращому розвитку вегетативних органів, водночас гальмують розвиток генеративних органів, подовжуючи тривалість їх онтогенезу *in vitro* загалом.

Потреба *Linum usitatissimum* L. convar. *elongatum*, як технічної культури, у Калію дещо вища, порівняно з іншими рослинами. Як правило, Калій підтримує на оптимальному рівні фізико-хімічні властивості протопласта, водний баланс і активізує роботу ферментів [12]. Підвищена, у порівнянні із живильним середовищем Мурасіге і Скуга, концентрація у живильному середовищі іонів K^+ , джерелом яких є здебільшого сіль KNO_3 (2022 мг/л), разом з підвищеним вмістом Нітрогену гармонізує інтенсивний ріст рослин у висоту, сприяє формуванню більшої кількості міжвузлів, що важливо для підвищення коефіцієнта розмноження мікроклонів. У той же час, через достатню кількість вуглеводу глюкози (яка

дає кращі результати, порівняно з сахарозою) водний баланс (осмотичний тиск) порушується не істотно.

Знижена, у порівнянні із живильним середовищем Мурасіге і Скуга, концентрація KH_2PO_4 (136 мг/л) компенсується шляхом додавання у середовище $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (156 мг/л). Обидві солі є джерелом Фосфору у вигляді іонів ортофосфорної кислоти PO_4^{3-} , але $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ містить іони Na^+ , наявність якого у достатній кількості позитивно реагує льон-довгунець як волокниста (луб'яна) культура, що географічно походить із регіонів зі значним поширенням засолених ґрунтів із високим вмістом іонів Натрію. За наявності Натрію спостерігається кращий ріст рослин внаслідок роботи натрієвих насосів, що забезпечують надходження в рослини найважливіших біогенних елементів і формування якісного волокна.

Для *Linum usitatissimum* L. convar. *elongatum* властиве формування молодих пагонів із вузлів при штучному видаленні апікальних меристем, тому підвищена, у порівнянні із живильним середовищем Мурасіге і Скуга, до 33,36 мг/л концентрація $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, комплексованого (хелатованого) EDTA-Na_2 , необхідна для попередження розвитку хлорозів у молодих листків, які інтенсивно ростуть *in vitro*.

Експериментально було встановлено, що культивування даного різновиду льону в умовах *in vitro* дає кращі результати при збільшеному вмісті у середовищі таких мікроелементів, як Бор, Купрум і Кобальт, та таких органічних складових як гліцин, піридоксин і тіамін, порівняно із живильним середовищем Мурасіге і Скуга. Концентрацію нікотинової кислоти зменшено у складі живильного середовища, оскільки вона у даного різновиду льону негативно впливала на ріст і розвиток пагонів, соматичний і генеративний калюсогенез і органогенез.

Силіцій в іонній формі ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), якого не було у середовищі-прототипі, за надходження до рослинного організму сприяє загальній стійкості експлантів до зовнішніх стресів, а також збільшенню потужності росту, фотосинтетичної поверхні листків і в результаті – біомаси мікроклонів, соматиклонів (чи калюсних утворень), оскільки даний хімічний елемент впливає на молекулярні процеси, що регулюють як первинний, так і вторинний ріст [12]. Формування волокнистих структур стебла та загальної біомаси ґрунтується на протіканні різних явищ, зокрема переході від подовження до потовщення тканин стебла, синтезу вторинних клітинних стінок, просочених лігніном, багато з яких регулюється фітогормонами, тому стимулюючий вплив Силіцію на формування біомаси пояснюється його дією на біосинтез ендогенних фітогормонів.

Разом з 5,3 мг/л $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, включення до середовища 5 мг/л аскорбінової кислоти, 4 мг/л бурштинової кислоти, які характеризуються антиоксидантними властивостями, попереджують утворення фенольних сполук, що спричиняють пригнічення росту і розвитку або ж ведуть до загибелі експлантів. Окрім того, бурштинова кислота у пропонованій концентрації стимулює проростання насіння з низькою схожістю та життєздатністю та ріст пагонів.

Таблиця 1

Концентрація компонентів модифікованого живильного середовища для культивування *Linum usitatissimum* L. convar. *elongatum* в умовах *in vitro*

Компонент живильного середовища	Масова концентрація, мг/л	Молярна концентрація	Масова концен-трація маточного розчину, мг/л	Об'єм маточного розчину для приготування 1 л живильного середовища, мл
Макроелементи				
NH ₄ NO ₃ *	2000	25 мМ	40000	50
KNO ₃ *	2022	20 мМ	40440	
CaCl ₂ · 2H ₂ O	440	3 мМ	8800	
MgSO ₄ · 7H ₂ O	370	1,5 мМ	7400	
KH ₂ PO ₄ *	136	1 мМ	2720	
NaH ₂ PO ₄ · 2H ₂ O *	156	1 мМ	3120	
FeSO ₄ · 7H ₂ O *	33,36	0,12 мМ	6672	5
EDTA-Na ₂ *	44,76	0,12 мМ	8952	
Мікроелементи				
H ₃ BO ₃ *	9,27	150 мкМ	9270	1
MnSO ₄ · 4H ₂ O	22,3	100 мкМ	22300	
ZnSO ₄ · 7H ₂ O	8,6	30 мкМ	8600	
Na ₂ SiO ₃ · 5H ₂ O *	5,3	25 мкМ	5300	
KJ	0,83	5 мкМ	830	
Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O	0,25	1 мкМ	250	
CuSO ₄ · 5H ₂ O *	0,05	0,2 мкМ	50	
CoCl ₂ · 6H ₂ O *	0,05	0,2 мкМ	50	
Органічні складові				
Гліцин *	2,5		2500	1
Мезо-інозит	100		20000	5
Нікотинова кислота *	0,25		250	
Піридоксин *	1		1000	1
Тіамін *	0,2		200	1
Аскорбінова кислота *	5		5000	1
Бурштинова кислота *	4		4000	1
Глюкоза *	10000–30000			
Агар *	8000			

Примітки: 1. * – складові, концентрацію яких було змінено чи додано, решта – за прописом Мурасіге і Скуга. 2. Фітогормони вносять залежно від потреби. 3. Для мікрোকлонального розмноження масова концентрація глюкози становить 10000 мг/л, для індукції калюсогенезу – 30000 мг/л.

Таблиця 2

Порівняння ефективності модифікованого живильного середовища культивування *Linum usitatissimum* L. convar. *elongatum* в умовах *in vitro*

Ознака	Середовище Мурасіге і Скуга	Модифіковане середовище	Рівень значимості різниці (P) за t-критерієм Стюдента
Висота пагонів, вирощених з насіння на 35-ту добу культивування, см	10,50 ± 0,238	15,75 ± 0,299	P < 0,001
Частота органогенезу, % *	87,6	99,9	
Маса калюсу з одного гіпокотильного сегмента на 35-ту добу культивування, г *	1,54 ± 0,083	3,08 ± 0,075	P < 0,001
Кількість утворених рослин-регенератів на калюсі з одного гіпокотильного сегмента, од.	3,77 ± 0,222	6,81 ± 0,314	P < 0,001
Висота соматоклонів на 35-ту добу культивування, см *	4,01 ± 0,325	7,49 ± 0,533	P < 0,001
Здатність до накопичення фенолів	Наявна	Відсутня	

Примітка: * – живильне середовище додатково містило екзогенні регулятори росту – 0,05 мг/л 1-нафтилоцтової кислоти і 1,0 мг/л 6-бензиламінопурину.

Маточний розчин (шток) компонентів живильного середовища зручно готувати за таблицею 1 (дотримуючись загальноприйнятих правил).

Дані, наведені в таблиці 2, свідчать про ефективність запропонованого живильного середовища.

Порівняно з відомим середовищем Мурасіге і Скуга, вирощені на модифікованому середовищі пагони характеризувались більш інтенсивним ростом, вищими показниками ознак висоти, кількості міжвузлів, маси калюсу, утвореного на гіпокотильних сегментах, здатності до органогенезу, кількості утворених соматоклонів, тривалим періодом онтогенезу тощо.

Висновки. Для підвищення ефективності культивування *Linum usitatissimum* L. convar. *elongatum* (льону-довгунця) в умовах *in vitro* ефективним є запропонована модифікація живильного середовища Мурасіге і Скуга, яке включає 440 мг/л (3 мМ) $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 370 мг/л (1,5 мМ) $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 22,3 мг/л (100 мкМ) $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 8,6 мг/л (30 мкМ) $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,83 мг/л (5 мкМ) KJ, 0,25 мг/л (1 мкМ) $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 100 мг/л мезо-інозиту, а також 2000 мг/л (25 мМ) NH_4NO_3 , 2022 мг/л (20 мМ) KNO_3 , 136 мг/л (1 мМ) KH_2PO_4 , 156 мг/л (1 мМ) $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 33,36 мг/л (0,12 мМ) $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, комплексованого (хелатованого) 44,76 мг/л (0,12 мМ) EDTA- Na_2 , 9,27 мг/л (150 мкМ) H_3BO_3 , 5,3 мг/л (25 мкМ) $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 0,05 мг/л (0,2 мкМ) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 0,05 мг/л (0,2 мкМ) $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 2,5 мг/л гліцину, 0,25 мг/л нікотинової кислоти, 1 мг/л піридоксину, 0,2 мг/л тіаміну, 5 мг/л аскорбінової кислоти, 4 мг/л бурштинової кислоти, 10000–30000 мг/л глюкози, 8000 р/л агару.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Millam S., Obert B., Pret'ová A. Plant cell and biotechnology studies in *Linum usitatissimum* – a review. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 2005. Vol. 82, Iss. 1. P. 93–103. doi: 10.1007/s11240-004-6961-6
2. Seta-Koselska A., Skórzyńska-Polit E. Optimization of *in vitro* culture conditions for obtaining flax (*Linum usitatissimum* L. cv. Modran) cell suspension culture. *BioTechnologia*. 2017. Vol. 98, Iss. 3. P. 183–188. doi: 10.5114/bta.2017.70796
3. Anjum S., Komal A., Drouet S., Kausar H., Hano C., Abbasi B. H. Feasible production of lignans and neolignans inroot-derived *in vitro* cultures of flax (*Linum usitatissimum* L.). *Plants*. 2020. Vol. 9. 409. doi: 10.3390/plants9040409
4. Blinstrubienė A., Burbulis N., Masienė R. Genotypic and exogenous factors affecting linseed ovary culture. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2017. Vol. 104, Iss. 3. P. 243–248. doi: 10.13080/z-a.2017.104.031
5. Сорока А. І. Оптимізація процесу калусоутворення у льону *in vitro*. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2022. № 32. С. 26–33. doi: 10.36710/IOC-2022-32-03
6. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant*. 1962. Vol. 15, Iss. 3. P. 473–497. doi: 10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x
7. Mishchenko S. V., Laiko I. M., Tkachenko S. M., Lavrynenko Y. O., Marchenko T. Y., Piliarska O. O. The influence of exogenous growth regulators on the cannabinoid content and the main selection traits of hemp (*Cannabis sativa* L. SSP. *sativa*). *Journal of Agricultural Sciences (Belgrade)*. 2022. Vol. 67, No. 3. P. 237–251. doi: 10.2298/JAS2203237M
8. Міщенко С. В., Мачульський Г. М. Методичні аспекти збільшення інтенсивності калюсогенезу й органогенезу *Linum usitatissimum* L. в умовах *in vitro*. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2022. Т. 30. С. 96–102. doi: 10.7124/FEEO.v30.1468
9. Mishchenko S., Kryvosheeva L. Possibility of reproduction of *Linum usitatissimum* L. from seeds with low germination and viability *in vitro* conditions. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*. 2019. No 3. P. 304–311. doi: 10.15414/agrobiodiversity.2019.2585-8246.304-311
10. Mishchenko S. V., Kryvosheeva L. M., Lavrynenko Y. O., Marchenko T. Y. Influence of explant type and variety of *Linum usitatissimum* L. convar. *elongatum* on the intensity of callus formation and organogenesis *in vitro*. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2023. Vol. 19, No 3. P. 195–201. doi: 10.21498/2518-1017.19.3.2023.287644
11. Mishchenko S. V., Kryvosheeva L. M. Callus formation, organogenesis and microclonal reproduction in different species of the genus *Linum* L. *in vitro*. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2019. Vol. 15, No 2. P. 124–134. doi: 10.21498/2518-1017.15.2.2019.173558
12. Злобін Ю. А. Курс фізіології і біохімії рослин. Суми: Університетська книга, 2004. 464 с.

REFERENCES:

1. Millam, S., Obert, B., & Pret'ová, A. (2005). Plant cell and biotechnology studies in *Linum usitatissimum* – a review. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 82(1), 93–103. doi: 10.1007/s11240-004-6961-6
2. Seta-Koselska, A., & Skórzyńska-Polit, E. (2017). Optimization of *in vitro* culture conditions for obtaining flax (*Linum usitatissimum* L. cv. Modran) cell suspension culture. *BioTechnologia*, 98(3), 183–188. doi: 10.5114/bta.2017.70796
3. Anjum, S., Komal, A., Drouet, S., Kausar, H., Hano, C., & Abbasi, B. H. (2020). Feasible production of lignans and neolignans inroot-derived *in vitro* cultures of flax (*Linum usitatissimum* L.). *Plants*, 9(4), Article 409. doi: 10.3390/plants9040409
4. Blinstrubienė, A., Burbulis, N., & Masienė, R. (2017). Genotypic and exogenous factors affecting linseed ovary culture. *Zemdirbyste-Agriculture*, 104(3), 243–248. doi: 10.13080/z-a.2017.104.031
5. Soroka, A.I. (2022). Optymizatsiia protsesu kalusoutvorennia u lonu *in vitro* [Optimization of the callus formation process in flax *in vitro*]. *Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oil Crops of NAAS*, 32, 26–33. doi: 10.36710/IOC-2022-32-03 [in Ukrainian].
6. Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant*, 15(3), 473–497. doi: 10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x
7. Mishchenko, S.V., Laiko, I.M., Tkachenko, S.M., Lavrynenko, Y.O., Marchenko, T.Y., & Piliarska, O.O. (2022). The influence of exogenous growth regulators on the cannabinoid content and the main selection traits of hemp (*Cannabis sativa* L. SSP. *sativa*). *Journal of Agricultural Sciences (Belgrade)*, 67(3), 237–251. doi: 10.2298/JAS2203237M

8. Mishchenko, S.V., & Machulskyi, H.M. (2022). Metodichni aspekty zbilshennia intensyvnosti kaliushohenezu y orhanohenezu *Linum usitatissimum* L. v umovakh *in vitro* [Methodical aspects of increasing the intensity of callus formation and organogenesis of *Linum usitatissimum* L. *in vitro* conditions]. *Factors in Experimental Evolution of Organisms*, 30, 96–102. doi: 10.7124/FEEO.v30.1468 [in Ukrainian]
9. Mishchenko, S., & Kryvosheeva, L. (2019). Possibility of reproduction of *Linum usitatissimum* L. from seeds with low germination and viability *in vitro* conditions. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*, 3, 304–311. doi: 10.15414/agrobiodiversity.2019.2585-8246.304-311
10. Mishchenko, S.V., Kryvosheeva, L.M., Lavrynenko, Y.O., & Marchenko, T.Y. (2023). Influence of explant type and variety of *Linum usitatissimum* L. convar. *elongatum* on the intensity of callus formation and organogenesis *in vitro*. *Plant Varieties Studying and Protection*, 19(3), 195–201. doi: 10.21498/2518-1017.19.3.2023.287644
11. Mishchenko, S.V., & Kryvosheeva, L.M. (2019). Callus formation, organogenesis and microclonal reproduction in different species of the genus *Linum* L. *in vitro*. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(2), 124–134. doi: 10.21498/2518-1017.15.2.2019.173558
12. Zlobin, Yu.A. *Kurs fiziologii i biokhimii roslyn* [Physiology and biochemistry course of plants]. Sumy: Universytetska knyha, 2004. 464 p. [in Ukrainian]

Мищенко С.В. Модифікація живильного середовища для культивування *in vitro* ізольованих органів, тканин і клітин *Linum usitatissimum* L. convar. *elongatum*

Мета. Розробити на основі живильного середовища Мурасіге і Скуга нове живильне середовище, яке було б більш придатним для культивування *Linum usitatissimum* L. convar. *elongatum* в умовах *in vitro*, і покращувало процес та результат культивування.

Методи. Біотехнологічні (культивування ізольованих органів, тканин і клітин *in vitro*, модифікація живильного середовища, морфометричні обліки), статистичні (встановлення середнього арифметичного, похибки вибіркового середнього, ступеня істотності різниці за t-критерієм Стюдента). **Результати.** Для підвищення ефективності культивування *Linum usitatissimum* L. convar. *elongatum* (льону-довгунця) в умовах *in vitro* ефективним є запропонована модифікація живильного середовища Мурасіге і Скуга, яке включає 440 мг/л (3 мМ) $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 370 мг/л (1,5 мМ) $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 22,3 мг/л (100 мкМ) $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 8,6 мг/л (30 мкМ) $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,83 мг/л (5 мкМ) KJ, 0,25 мг/л (1 мкМ) $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 100 мг/л мезо-інозиту, а також 2000 мг/л (25 мМ) NH_4NO_3 , 2022 мг/л (20 мМ) KNO_3 , 136 мг/л (1 мМ) KH_2PO_4 , 156 мг/л (1 мМ) $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 33,36 мг/л

(0,12 мМ) $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, комплексованого (хелатованого) 44,76 мг/л (0,12 мМ) EDTA- Na_2 , 9,27 мг/л (150 мкМ) H_3BO_3 , 5,3 мг/л (25 мкМ) $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 0,05 мг/л (0,2 мкМ) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 0,05 мг/л (0,2 мкМ) $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 2,5 мг/л гліцину, 0,25 мг/л нікотинової кислоти, 1 мг/л піридоксину, 0,2 мг/л тіаміну, 5 мг/л аскорбінової кислоти, 4 мг/л бурштинової кислоти, 10000–30000 мг/л глюкози, 8000 г/л агару. **Висновки.** Вирощені на модифікованому середовищі пагони *Linum usitatissimum* L. convar. *elongatum* характеризувались більш інтенсивним ростом, вищими показниками ознак висоти, кількості міжвузлів, маси калюсу, утвореного на гіпокотильних сегментах, здатності до органогенезу, кількості утворених соматоклонів, тривалим періодом онтогенезу тощо.

Ключові слова: льон-довгунець, ріст і розвиток, калюсогенез, органогенез, спадковість, мінливість.

Mishchenko S.V. Modification of nutrient medium for *in vitro* cultivation of isolated organs, tissues and cells of *Linum usitatissimum* L. convar. *elongatum*

Purpose. To develop a new nutrient medium on the basis of the Murashige and Skoog nutrient medium, which would be more suitable for the cultivation of *Linum usitatissimum* L. convar. *elongatum* *in vitro* and improved the process and result of cultivation was the aim of the study.

Methods. Biotechnological (cultivation of isolated organs, tissues and cells *in vitro*, modification of nutrient medium, morphometric calculations), statistical (establishment of the arithmetic mean, errors of the sample mean, degree of significance of the difference according to the Student's t-criterion). **Results.** Modification of Murashige and Skoog nutrient medium, which includes 440 mg/L (3 мМ) $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 370 mg/L (1.5 мМ) $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 22.3 mg/L (100 μМ) $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 8.6 mg/L (30 μМ) $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.83 mg/L (5 μМ) KJ, 0.25 mg/L (1 μМ) $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 100 mg/L meso-inositol, and 2000 mg/L (25 мМ) NH_4NO_3 , 2022 mg/L (20 мМ) KNO_3 , 136 mg/L (1 мМ) KH_2PO_4 , 156 mg/L (1 мМ) $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 33.36 mg/L (0.12 мМ) $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, complexed (chelated) 44.76 mg/L (0.12 мМ) EDTA- Na_2 , 9.27 mg/L (150 μМ) H_3BO_3 , 5.3 mg/L (25 μМ) $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 0.05 mg/L (0.2 μМ) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 0.05 mg/L (0.2 μМ) $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 2.5 mg/L glycine, 0.25 mg/L nicotinic acid, 1 mg/L pyridoxine, 0.2 mg/L thiamine, 5 mg/L ascorbic acid, 4 mg/L succinic acid, 10,000–30,000 mg/L glucose, 8,000 g/L agar, is effective for increasing cultivation efficiency *Linum usitatissimum* L. convar. *elongatum* (flax) *in vitro*. **Conclusions.** Shoots of *Linum usitatissimum* L. convar. *elongatum* grown on a modified medium were characterized by more intensive growth, higher indicators of height traits, the number of internodes, the mass of callus formed on hypocotyl segments, the ability to organogenesis, the number of somaclones formed, a long period of ontogenesis, etc.

Key words: flax, growth and development, callusogenesis, organogenesis, heredity, variability.

ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ ЕПІМУТАГЕНУ ТРИТОН-305Х НА РОСЛИНИ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

ОКСЕЛЕНКО О.М. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0001-7797-1305

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
НАЗАРЕНКО М.М. – доктор сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0002-6604-0123

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
ГУЛЕНКО О.І. – доктор філософії з агрономії
orcid.org/0000-0002-1007-5677

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Постановка проблеми. Застосування хімічних чинників широкого спектру дії, особливо хімічних супермутагенів з високою генетичною активністю, є суттєвим фактором у постійному генетичному поліпшенні пшениці озимої через індукцію біорізноманіття та призвело до районування великої кількості нових цінних форм. Проте проблеми коректного протоколу застосування все ще залишаються вузьким місцем з огляду на ефекти, котрі спостерігаються у дії в першому поколінні [1, 11].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Генетичне поліпшення пшениці озимої як постійний процес обумовлено потребами у зростанні продуктивності та якості зерна пшениці озимої, ураховуючи що даний злак посідає постійне місце серед трьох лідуєчих злакових культур за площами та обсягами виробництва разом з кукурудзою та рисом [9, 10]. Генетичне поліпшення через використання мутаційних змін дозволяє в доволі обмежені строки створити принципово нові форми, котрі є носіями унікальних, або обмежено-поширених через погану рекомбінацію ознак у цієї культури [2, 3].

Одним зі шляхів є переорієнтація з фізичного (більш популярного) на інші типи мутагенів, котрі не лише характеризуються меншим депресивним ефектом, але й сайт-специфічністю у дії. Разом з тим, іноді це призводить до звуження спектру мутаційних змін [4, 5]. Іншим шляхом є використання нових, менш шкочинних чинників з різною природою дії [8], застосування первинного матеріалу з встановленими генетично-обумовленими механізмами толерантності до активності певних факторів або груп факторів (останнє характерно для хімічних речовин) [6, 7].

Мета. Дослідження спрямовані на ідентифікацію проблемності ефектів мутагенної депресії в першому поколінні для практично-доцільних, у застосуванні з огляду на індукцію цінних форм, концентрацій епімутагену Тритон-305Х та вивченню генотип-мутагенної взаємодії з сучасними сортами пшениці озимої різного походження.

Матеріали та методика досліджень. Застосували епімутаген Тритон-Х-305 (тут та далі по тексту – ТХ-305), котрий належить до типу так званих білкових детергентів, епімутагенна дія поясненна через вплив на гістонну частину білкового комплексу. Насіння сортів пшениці озимої Фаррел, NE 12443, Ронін, Сейлор оброб-

ляли водним розчином ТХ-305 у концентраціях 0,01 %, 0,05 %, 0,1 %, 0,5 %, контролем була вода. Для кожної обробки брали 1000 зерен пшениці озимої. Експозиція дії епімутагену була 24 години.

Дослід висівався вручну, в останню декаду вересня, на глибину 4–5 см і з нормою 100 життєздатних насінин в рядок (довжина 1,5 м), міжряддя 0,15 м, ділянка 10 рядків, між ділянками 0,3 м, контроль на початку для кожного сорту. В першому поколінні проводили моніторинг схожості та виживання після зимового періоду за окремими варіантами. Рівень стерильності визначали фарбуванням зразків пилку ацетокарміном (до 20 зразків з варіанту, до 500 пилкових зерен). Для визначення депресійного впливу для продуктивності отриманих рослин проводили аналіз структури врожайності, відбирали 25–30 рослин з варіанту для визначення наступних показників висота рослин, загальна та продуктивна кустистість, довжина, кількість колосків, озерненість головного колосу, вага зерна з головного колосу та рослини, маса тисячі зерен (далі – МТЗ).

Досліди проводили на науково-дослідному полі Дніпровського державного аграрно-економічного університету (с. Олександрівка, Дніпровський район, Дніпропетровська область, Україна). Математико-статистичний аналіз проводили за модулями мультиваріантного факторного та дискримінантного аналізу (Statistica 10.0).

Результати досліджень. Загальний обсяг дослідженого матеріалу складав 20000 рослин за всіма варіантами, з них після аналізу перезимівлі обсяг мутантної популяції становив 16805 рослин (таблиця 1).

Мультиваріантний аналіз показав, що за дії чиннику ознаки онтогенезу (схожості та виживання) варіювали як по сортах ($F=42,17$; $F_{0,05}=2,76$; $P < 0,01$), так і в залежності від збільшення концентрації фактору ($F=35,12$; $F_{0,05}=3,00$; $P < 0,01$). Статистично значима була й взаємодія цих двох факторів мінливості ($F=15,33$; $F_{0,05}=3,14$; $P < 0,01$).

Для усіх сортів у дослідженні було характерним наявність статистично достовірної загибелі після перезимівлі ($F=6,77$; $F_{0,05}=2,76$; $P = 0,01$), в даному випадку сорт ніяк не вплинув ($F=2,97$; $F_{0,05}=3,11$; $P = 0,06$), що не характерно для мутагенезу взагалі та навіть для сайт-специфічної дії хімічних речовин.

Таблиця 1

Показники онтогенезу при дії епімутагену у першому поколінні

Сорт	Обробка	Схожість		Вживання	
		шт.	%	шт.	%
Фаррел	вода	995	99,5 ± 1,0 ^a	985	98,5 ± 1,1 ^a
	TX-305 0,01 %	921	92,2 ± 1,2 ^b	867	86,7 ± 1,0 ^b
	TX-305 0,05 %	890	90,9 ± 1,1 ^b	835	83,5 ± 1,0 ^c
	TX-305 0,1 %	830	83,0 ± 1,0 ^c	748	74,8 ± 1,3 ^d
	TX-305 0,5 %	712	71,2 ± 1,0 ^d	612	61,2 ± 1,0 ^e
NE 12443	вода	991	99,1 ± 1,1 ^a	981	98,1 ± 1,0 ^a
	TX-305 0,01 %	933	93,3 ± 1,1 ^b	902	90,2 ± 0,9 ^b
	TX-305 0,05 %	890	89,0 ± 0,9 ^c	856	85,6 ± 1,1 ^c
	TX-305 0,1 %	833	83,3 ± 1,0 ^d	752	75,2 ± 1,0 ^d
	TX-305 0,5 %	742	74,2 ± 0,8 ^e	661	66,2 ± 0,9 ^e
Ронін	вода	992	99,2 ± 1,1 ^a	983	98,3 ± 0,9 ^a
	TX-305 0,01 %	932	93,2 ± 0,9 ^b	912	91,2 ± 1,0 ^b
	TX-305 0,05 %	889	88,9 ± 1,0 ^c	849	84,9 ± 1,1 ^c
	TX-305 0,1 %	852	85,2 ± 1,0 ^d	799	79,9 ± 1,0 ^d
	TX-305 0,5 %	757	75,7 ± 1,0 ^e	698	69,8 ± 0,8 ^e
Сейлор	вода	991	99,1 ± 1,0 ^a	989	98,9 ± 1,0 ^a
	TX-305 0,01 %	949	94,9 ± 1,1 ^b	918	91,8 ± 1,0 ^b
	TX-305 0,05 %	892	89,2 ± 1,0 ^c	861	86,1 ± 1,0 ^c
	TX-305 0,1 %	871	87,7 ± 0,9 ^c	840	85,5 ± 1,0 ^c
	TX-305 0,5 %	793	79,3 ± 0,8 ^d	757	75,7 ± 0,9 ^d

Примітка: різниця статистично достовірна за факторним аналізом ANOVA при P0,05 в рамках сортів.

Таблиця 2

Фертильність як наслідок дії епімутагену

Сорт	Контроль	TX-305 0,01 %	TX-305 0,05 %	TX-305 0,1 %	TX-305 0,5 %
Фаррел	98,5 ± 0,8 ^a	95,1 ± 0,6 ^b	89,1 ± 0,8 ^c	82,1 ± 1,1 ^d	75,9 ± 0,7 ^e
NE 12443	96,1 ± 0,6 ^a	90,1 ± 1,0 ^b	84,2 ± 0,6 ^c	77,7 ± 0,7 ^d	67,1 ± 0,6 ^e
Ронін	98,6 ± 0,6 ^a	93,1 ± 1,1 ^b	86,1 ± 0,7 ^c	80,0 ± 0,7 ^d	75,2 ± 0,7 ^e
Сейлор	98,7 ± 0,7 ^a	92,2 ± 1,0 ^b	87,9 ± 0,9 ^c	81,1 ± 1,0 ^d	76,1 ± 0,6 ^e

Примітка: різниця статистично достовірна за факторним аналізом ANOVA при P0,05 в рамках кожного сорту.

За ознакою схожості, переважно він статистично достовірно варіював у бік погіршення ознаки з підвищенням кількості чинника, крім сортів Фаррел між першою та другою концентрацією ($F=1,91$; $F_{0,05}=2,85$; $P = 0,08$) та сорту Сейлор між другою та останньою ($F=2,15$; $F_{0,05}=2,85$; $P = 0,07$). У показника виживання рослин при моніторингу станів посівів після зими статистично достовірна різниця у всіх варіантах по всіх сортах з ознакою схожості крім контролю, таким чином, віддалена загибель обумовлена саме дією чинника, а не умовами року. Щодо підвищення депресії при збільшенні кількості чинника, то переважно спостерігали достовірне зниження, крім сорту Сейлор між другою та третьою концентраціями ($F=2,77$; $F_{0,05}=2,85$; $P = 0,06$).

При попарному порівнянні за результатами тесту Тьюкі по характеру реакції на TX-305 відрізнявся лише генотип Сейлор ($F=3,13$; $F_{0,05}=3,11$; $P = 0,05$). Показники онтогенезу реагували на підвищення активності чинника через збільшення рівня депресії, але дія помірна та не призводить до зниження життєдіяльності до рівня ЛД₅₀, або РД₅₀. Максимальна дія призвела до погір-

шення ознаки у 66 % від контролю (NE 12443), самим толерантним були сорти Сейлор та Фаррел, для котрих дія залишилась на рівні помірної (70–80 %).

Ефект депресії також виражається через підвищення стерильності пилку (таблиця 2). Дія TX-305 вагомо вплинула на цей показник, але крім випадку NE 12443 була знову при максимальній концентрації на помірному рівні. Тобто, даний зразок знову менш толерантний та виділився при попарному порівнянні ($F=4,17$; $F_{0,05}=3,11$; $P = 0,03$) та за дією окремих концентрацій. Показник значимо більш мінливий при зростанні активності чинника ($F=61,14$; $F_{0,05}=2,55$; $P < 0,01$), але не залежить від сортового різноманіття ($F=3,02$; $F_{0,05}=3,07$; $P = 0,06$), чим відрізняється від схожості та виживання.

У таблиці 3 показані деякі ознаки структури врожайності, котрі варіювали з значимою достовірністю при підвищенні активності епімутагену. Ознака висоти рослини значимо знижувалась з кожним зростанням концентрації для усіх сортів ($F=32,12$; $F_{0,05}=2,35$; $P < 0,01$), специфіка за генотипом була відсутня

Таблиця 3

Структура врожайності під впливом епімутагену

Сорт	Варіант	Висота, см.	Кількість зерен, шт	Вага зерна, г.		МТЗ, г.
				з колосу	з рослини	
Фаррел	вода	92,9 ^a	32,0 ^a	2,17 ^a	4,94 ^a	55,1 ^a
	TX-305 0,01 %	91,0 ^a	31,0 ^a	1,81 ^b	4,75 ^a	52,1 ^b
	TX-305 0,05 %	87,2 ^b	31,0 ^a	1,69 ^c	4,37 ^b	49,4 ^c
	TX-305 0,1 %	83,2 ^c	27,0 ^b	1,47 ^d	3,63 ^b	47,1 ^d
	TX-305 0,5 %	79,1 ^d	25,0 ^b	1,34 ^e	2,49 ^c	43,2 ^e
NE 12443	вода	113,2 ^a	41,1 ^a	1,16 ^b	3,41 ^a	38,9 ^a
	TX-305 0,01 %	103,7 ^b	39,0 ^a	1,02 ^b	3,28 ^a	36,2 ^b
	TX-305 0,05 %	96,2 ^c	38,0 ^a	0,88 ^c	3,06 ^b	34,1 ^c
	TX-305 0,1 %	91,2 ^d	34,0 ^b	8,75 ^d	2,80 ^c	32,0 ^d
	TX-305 0,5 %	87,1 ^e	33,0 ^b	0,61 ^e	2,53 ^d	30,4 ^e
Ронін	вода	78,1 ^a	45,0 ^a	2,22 ^a	4,71 ^a	51,4 ^a
	TX-305 0,01 %,	74,1 ^b	41,0 ^b	2,00 ^b	4,57 ^a	49,5 ^b
	TX-305 0,05 %	72,4 ^c	41,0 ^{bc}	1,84 ^c	4,22 ^b	46,1 ^c
	TX-305 0,1 %	70,5 ^d	39,0 ^{bc}	1,65 ^d	4,16 ^b	43,3 ^d
	TX-305 0,5 %	67,8 ^e	34,0 ^c	1,40 ^e	3,60 ^c	39,2 ^e
Сейлор	вода	89,1 ^a	49,0 ^a	1,83 ^a	4,91 ^a	55,9 ^a
	TX-305 0,01 %,	88,6 ^a	46,0 ^a	1,53 ^b	4,81 ^a	52,1 ^b
	TX-305 0,05 %	84,7 ^b	44,0 ^{ab}	1,35 ^c	4,23 ^b	49,0 ^c
	TX-305 0,1 %	81,1 ^c	39,0 ^c	1,20 ^d	4,09 ^b	46,7 ^d
	TX-305 0,5 %	77,1 ^d	36,0 ^c	1,14 ^d	3,51 ^c	42,2 ^e

Примітка: різниця статистично достовірна за факторним аналізом ANOVA при $P_{0,05}$ в рамках сорту

($F=1,17$; $F_{0,05}=2,44$; $P=0,09$). Жоден сорт при попарному порівнянні не виділявся, крім сортів Фаррел та Сейлор, у котрих не було різниці у дії між контролем та першою концентрацією. Ознака кількості зерен слабобмінлива, збільшення концентрації впливало достовірно ($F=3,01$; $F_{0,05}=2,35$; $P=0,04$).

Ознака ваги зерна з головного колосу знов достовірно відтворює кожне зростання концентрації крім випадку з NE 12443, у якого немає різниці між першою концентрацією та контролем ($F=2,17$; $F_{0,05}=3,11$; $P=0,08$). Для ваги зерна з рослини в усіх сортів немає різниці між контролем та першою концентрацією, для більшості (крім NE 12443) немає різниці між другою та третьою. Мутагенна депресія завжди проявляється зі статистичною достовірністю у вигляді поступового зниження МТЗ як зі зростанням кількості TX-305, для всіх варіантів ($F=24,19$; $F_{0,05}=2,35$; $P<0,01$), відмінностей за темпами зниження по сортах не реєстрували ($F=2,03$; $F_{0,05}=2,44$; $P=0,07$). Таким чином, можна сказати, що депресія в першому поколінні через ознаки структури врожайності проявлялася лиш у відповідності до зміни концентрації мутагену, різниці по сортах не було крім мінорної для показника ваги зерна з головного колосу. Усі концентрації діють як помірні, не досягаючи рівня RD_{50} .

Класифікаційний аналіз за дискримінантними матрицями (Рис. 1) показав, що об'єкти за поведінкою при зміні концентрації мутагену краще демонструвати за трьома градаціями перша група відповідає першій концентрації, друга – другий та третій, четверта – найвищій. Перехідні значення відсутні.

Дискримінантний аналіз проявив суттєвість впливу на класифікацію об'єктів у просторі генотипу та концентрації ознак схожості, виживання, фертильності, висоти рослин, ваги зерна з колосу та МТЗ (таблиця 4).

За результатами аналізу статистично достовірно показано суттєвість впливу схожості, виживання, фертильності, ознак структури врожаю висоти, ваги зерна з головного колосу та МТЗ, частково ваги зерна з рослини.

Висновки. За результатами дослідження впливу TX-305 як епімутагенного чинника можна зробити висновки, що його депресивна активність не є високою, а застосований вихідний матеріал не відрізняється підвищеною чутливістю. Депресивні ефекти за жодним з досліджуваних параметрів не досягло рівня 50% зниження життєвих показників, або рівня дії напівлетальних доз чи концентрацій. Епімутагенний чинник в цілому діяв у прояві депресивних ефектів як будь-який хімічний супермутаген з нижчою ушкоджувальною здатністю, хоча мав специфічний характер впливу на ознаки виживання та фертильності, але демонстрував на відміну від них значиму генотип-мутагенну взаємодію тільки для першої групи ознак (онтогенетичні параметри) та переважно для сортів NE 12443 та Сейлор. Характерною особливістю дії чинника як епімутагену є відстрочений характер депресивної дії, що пов'язано зі статистично-достовірною загибеллю рослин після зимового періоду (віддаленою загибеллю). В подальшому планується вивчення частоти та спектру мутацій у другому-третьому поколінні.

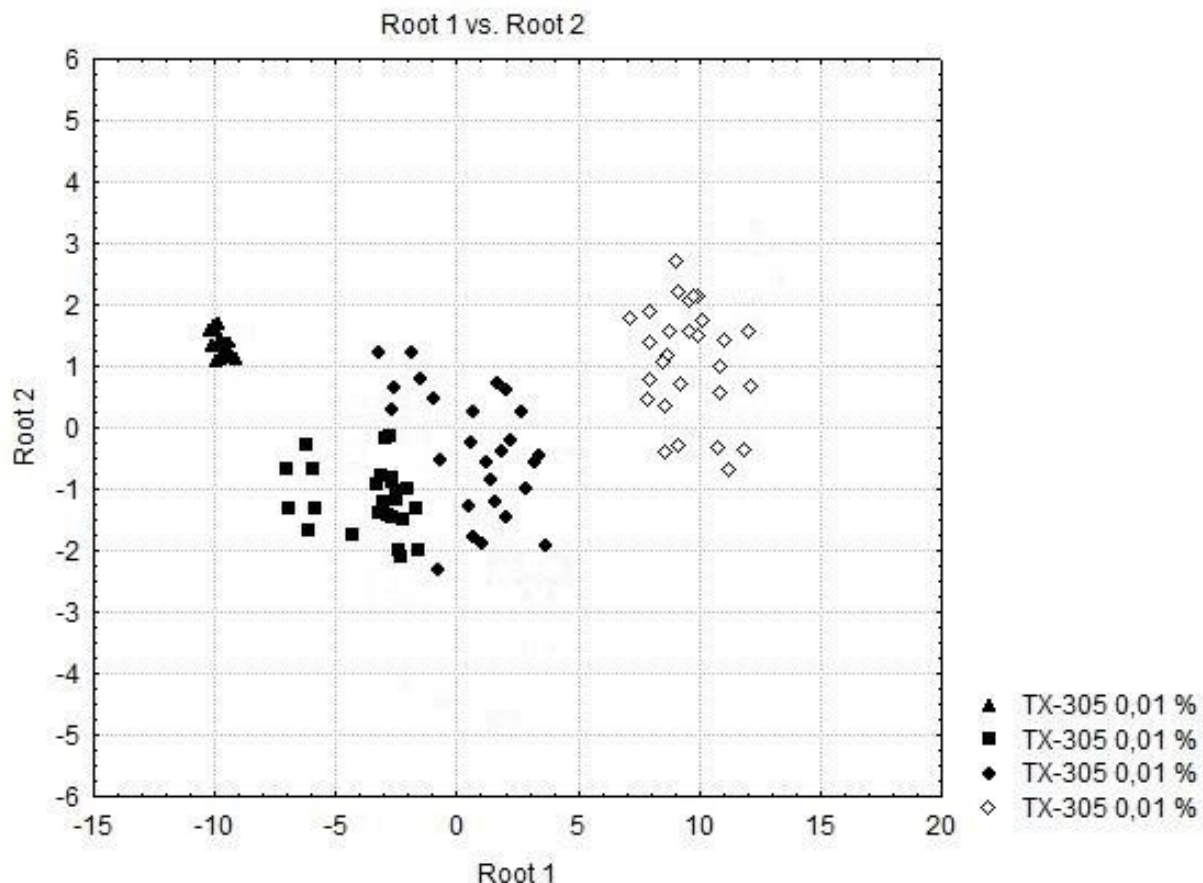


Рис. 1. Класифікаційний аналіз за окремими концентраціями епімутагену

Таблиця 4

Результати дискримінантного аналізу за даними досліджених показників при дії Тритон-305X

Змінні в моделі	Коефіцієнт Уїлкса λ	F-remove (4,55)	p-level
Схожість, шт.	0,46	22,31	<0,01
Виживання, шт.	0,37	14,11	<0,01
Фертильність, %	0,47	22,67	<0,01
Висота, см	0,40	17,68	<0,01
Загальна кущистість	0,03	1,50	0,20
Продуктивна кущистість	0,03	1,44	0,19
Довжина головного колосу, см	0,03	1,46	0,20
Кількість колосків, шт.	0,02	1,18	0,24
Зерна з головного колосу, шт.	0,08	2,12	0,10
Вага зерна з головного колосу, гр.	0,22	8,39	0,01
Вага зерна з рослини, гр.	0,21	7,12	0,01
MT3, гр.	0,46	22,92	<0,01

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Abdoun A., Mekki L., Hamwiah A., Badr A. (2022). Effects of γ -radiation on chickpea (*Cicer arietinum*) varieties and their tolerance to salinity stress. *Acta Agriculturae Slovenica*, 118(2), 1–16. doi: 10.14720/aas.2022.118.2.2538
- Abdel-Hamed A., El-Sheikh Aly M., Saber S. (2021). Effect of some mutagens for induced mutation and detected variation by SSR marker in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Archives of Agricultural Sciences*, 4(2), P. 80–92. doi: 10.21608/AASJ.2021.86747.1076
- Ariraman M., Dhanavel D., Seetharaman N., Murugan S., Ramkumar R. (2018). Gamma radiation influences on growth, biochemical and yield characters of *Cajanus cajan* (L.) MILLSP. *Journal of Plant Stress Physiology*, 4, P. 38–40. doi: 10.25081/jpsp.2018.v4.3504
- Bezie Y., Tilahun T., Atnaf M., Taye M. (2020). The potential applications of site-directed mutagenesis

- for crop improvement: A review. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 24, P. 229–244. doi: 10.1101/2020.10.01.321984
5. Lal R., Chanotiya C., Gupta P. (2020). Induced mutation breeding for qualitative and quantitative traits and varietal development in medicinal and aromatic crops at CSIR-CIMAP, Lucknow (India): past and recent accomplishment. *International Journal of Radiation Biology*, 96(12), P. 1513–1527. doi: 10.1080/09553002.2020.1834161
 6. Mangi N., Baloch A., Khaskheli N., Ali M., Afzal W. (2021). Multivariate Analysis for Evaluation of Mutant Bread Wheat Lines Using Metric Traits. *Integrative Plant Sciences*, 1(1), P. 29–34. doi: 10.52878/ipsi.2021.1.1.4
 7. Nazarenko M., Izhboldin O., Izhboldina O. (2022). Study of variability of winter wheat varieties and lines in terms of winter hardness and drought resistance. *AgroLife Scientific Journal*, 11(2), P. 116–123.
 8. OlaOlorun B., Shimelis H., Mathew I. (2021). Variability and selection among mutant families of wheat for biomass allocation, yield and yield-related traits under drought stressed and non-stressed conditions. *Journal of Agronomy and Crop Sciences*, 207, P. 404–421. doi: 10.1111/jac.12459
 9. Ram H., Soni P., Salvi P., Gandass N., Sharma A., Kaur A., Sharma T. (2019). Insertional mutagenesis approaches and their use in rice for functional genomics. *Plants*, 8, 310. doi: 10.3390/plants8090310
 10. Shabani M., Alemzadeh A., Nakhoda B., Razi H., Houshmandpanah Z., Hildebrand D., (2022). Optimized gamma radiation produces physio-logical and morphological changes that improve seed yield in wheat. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 28(8), P. 1571–1586. doi: 10.1007/s12298-022-01225-0
 11. Yali W., Mitiku T. (2022). Mutation breeding and its Importance in Modern Plant Breeding. *Journal of Plant Sciences*, 10, P. 64–70. doi: 10.11648/j.jps.20221002.13

REFERENCES:

1. Abdoun A., Mekki L., Hamwieh A., Badr A. (2022). Effects of γ -radiation on chickpea (*Cicer arietinum*) varieties and their tolerance to salinity stress. *Acta Agriculturae Slovenica*, 118(2), 1–16. doi: 10.14720/aas.2022.118.2.2538
2. Abdel-Hamed A., El-Sheikh Aly M., Saber S. (2021). Effect of some mutagens for induced mutation and detected variation by SSR marker in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Archives of Agricultural Sciences*, 4(2), P. 80–92. doi: 10.21608/AASJ.2021.86747.1076
3. Ariraman M., Dhanavel D., Seetharaman N., Murugan S., Ramkumar R. (2018). Gamma radiation influences on growth, biochemical and yield characters of *Cajanus cajan* (L.) MILLSP. *Journal of Plant Stress Physiology*, 4, P. 38–40. doi: 10.25081/jpsp.2018.v4.3504
4. Bezie Y., Tilahun T., Atnaf M., Taye M. (2020). The potential applications of site-directed mutagenesis for crop improvement: A review. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 24, P. 229–244. doi: 10.1101/2020.10.01.321984
5. Lal R., Chanotiya C., Gupta P. (2020). Induced mutation breeding for qualitative and quantitative traits and varietal development in medicinal and aromatic crops at CSIR-CIMAP, Lucknow (India): past and recent accomplishment. *International Journal*

- of Radiation Biology*, 96(12), P. 1513–1527. doi: 10.1080/09553002.2020.1834161
6. Mangi N., Baloch A., Khaskheli N., Ali M., Afzal W. (2021). Multivariate Analysis for Evaluation of Mutant Bread Wheat Lines Using Metric Traits. *Integrative Plant Sciences*, 1(1), P. 29–34. doi: 10.52878/ipsi.2021.1.1.4
7. Nazarenko M., Izhboldin O., Izhboldina O. (2022). Study of variability of winter wheat varieties and lines in terms of winter hardness and drought resistance. *AgroLife Scientific Journal*, 11(2), P. 116–123.
8. OlaOlorun B., Shimelis H., Mathew I. (2021). Variability and selection among mutant families of wheat for biomass allocation, yield and yield-related traits under drought stressed and non-stressed conditions. *Journal of Agronomy and Crop Sciences*, 207, P. 404–421. doi: 10.1111/jac.12459
9. Ram H., Soni P., Salvi P., Gandass N., Sharma A., Kaur A., Sharma T. (2019). Insertional mutagenesis approaches and their use in rice for functional genomics. *Plants*, 8, 310. doi: 10.3390/plants8090310
10. Shabani M., Alemzadeh A., Nakhoda B., Razi H., Houshmandpanah Z., Hildebrand D., (2022). Optimized gamma radiation produces physio-logical and morphological changes that improve seed yield in wheat. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 28(8), P. 1571–1586. doi: 10.1007/s12298-022-01225-0
11. Yali W., Mitiku T. (2022). Mutation breeding and its Importance in Modern Plant Breeding. *Journal of Plant Sciences*, 10, P. 64–70. doi: 10.11648/j.jps.20221002.13

Окселенко О.М., Назаренко М.М., Гуленко О.І. Особливості впливу епімутагену Тритон-305Х на рослини пшениці озимої

Генетичне поліпшення пшениці озимої через використання мутаційних змін дозволяє в доволі обмежені строки створити принципово нові форми, котрі є носіями унікальних, або обмежено-поширених через погану рекомбінацію ознак у цієї культури. **Мета.** Дослідження спрямовані на ідентифікацію проблемності ефектів мутагенної депресії в першому поколінні для практично-доцільних, концентрацій епімутагену Тритон-305Х та вивченню генотип-мутагенної взаємодії. **Методи:** Насіння сортів пшениці озимої Фаррел, NE 12443, Ронін, Сейлор обробляли водним розчином Тритон-Х-305 у концентраціях 0,01 %, 0,05 %, 0,1 %, 0,5 %, контролем була вода. Для кожної обробки брали 1000 зерен пшениці озимої. Експозиція дії епімутагену була 24 години. Дослід висівався вручну, в першому поколінні проводили моніторинг схожості та виживання після зимового періоду за окремими варіантами. Рівень стерильності визначали фарбуванням зразків пилку ацетокарміном, проводили аналіз структури врожайності. **Результати.** Показники онтогенезу підвищення активності чинника через збільшення рівня депресії, але дія помірна та не призводить до зниження життєдіяльності до рівня ЛД₅₀, або РД₅₀. Максимальна дія призвела погіршення ознаки 66 % від контролю (NE 12443), самим толерантним були сорти Сейлор та Фаррел, для котрих дія залишилась на рівні помірної (70–80 %). На підвищення стерильності пилку вагомо вплинула дія ТХ-305, але крім випадку NE 12443 була знову при максимальній концентрації на помірному рівні. Показник значимо більш мінливий. Депресія в першому поколінні через ознаки структури врожайності проявлялась лиш у відповідності до зміни концентрації мутагену, різниці

по сортам не було. Концентрації помірні, не досягаючи рівня RD_{50} . Достовірно показана суттєвість впливу ознак схожості, виживання, фертильність, ознаки структури врожаю висота, вага зерна з головного колосу та МТЗ.

Висновки. Депресивний прояв TX-305 як епімутагенного чинника в переважній більшості випадків залишається на рівні помірного. Дія характерна як для хімічного супермутагена з нижчою ушкоджувальною здатністю, має специфічний характер у прояві ознак виживання та фертильності, але демонстрував на відміну від них значиму генотип-мутагенну взаємодію тільки для першої групи ознак (онтогенетичні параметри) та переважно для сортів NE 12443 та Сейлор. Характерною особливістю дії є відстрочений характер.

Ключові слова: пшениця озима, епімутаген, Тритон-305X, депресія.

Okseleiko O.M., Nazarenko M.M., Hulencko O.I.
Peculiarities of epimutagens Triton-305X influence on winter wheat plants

Genetic improvement of winter wheat through the use of mutational changes makes it possible to create fundamentally new forms in a fairly limited period of time, which are carriers of unique or limitedly distributed traits in this crop due to poor recombination. **Purpose.** The research is directed on identifying the problematic effects of mutagenic depression at the first generation for practically-value concentrations of the Triton-305X epimutagen and investigation of the genotype-mutagenic interaction. **Methods:** The seeds of winter wheat varieties Farrell, NE 12443, Ronin, Sailor were treated with water solution of Triton-X-305 in concentrations of 0.01%, 0.05%, 0.1%, 0.5%, the control was water. For each treatment 1000 grains of winter wheat were taken. Exposure to epimutagen was 24 hours. The experiment was sown by hand, in the first generation

germination and survival after the winter period were monitored in separate variants. The level of sterility was determined by staining pollen samples with acetocarmine and the yield structure was analyzed. **Results.** Parameters of the ontogenesis of increased activity of the factor due to an increase in the level of depression, but the effect is moderate and does not lead to a decrease in vital activity to the level of LD_{50} or RD_{50} . The maximum effect resulted in a symptom deterioration of 66% from the control (NE 12443), the most tolerant were varieties the Sailor and Farrell, for which the effect remained at a moderate level (70–80%). The increase in pollen sterility was strongly influenced by the effect of TX-305, but except for the case of NE 12443, it was again at a moderate level at the maximum concentration. The indicator is significantly more variable. Depression in the first generation due to signs of yield structure was manifested only in accordance with the change in mutagen concentration, there was no difference in varieties. Concentrations are moderate, not reaching the level of RD_{50} . The significance of the influence of the characteristics of germination, survival, fertility, characteristics of the yield structure, height, grain weight from the main spike and TGW was reliably shown. **Findings.** The depressive manifestation of TX-305 as an epimutagenic factor in the vast majority of cases remains at a moderate level. The action is typical for a chemical supermutagen with a lower damaging capacity, it has a specific character in the manifestation of survival and fertility traits, but in contrast to them, it demonstrated a significant genotype-mutagenic interaction only for the first group of traits (ontogenetic parameters) and mainly for varieties NE 12443 and Saylor. A characteristic feature of the action is its delayed nature.

Key words: winter wheat, epimutagen, Triton-305X, depression.

СОРТОВИПРОБУВАННЯ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ В УМОВАХ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

ПАНФІЛОВА А.В. – доктор сільськогосподарських наук, професор
orcid.org/0000-0003-0006-4090

Миколаївський національний аграрний університет

КОРХОВА М.М. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0001-6713-5098

Миколаївський національний аграрний університет

Постановка проблеми. Україна є одним із найбільших світових експортерів пшениці, але через військові дії, які подекуди повністю унеможливають проведення польових робіт, світовий ринок може не дорахуватися значної частки продовольства.

Щороку під пшеницю озиму в нашій державі відводяться 5,5–6,8 млн га [1]. Окупація значної частини території України, масштабне знищення посівів та руйнування інфраструктури в ході війни ставить під загрозу виробництво продовольства та продовольчу безпеку нашої країни. Тому збільшення врожайності та валових зборів зерна пшениці, є одним із головних завдань рослинництва.

Сорт є одним із головних елементів будь-якої технології вирощування. Адже, від вибору сорту пшениці озимої буде залежати формування майбутнього врожаю зерна [2, 3].

Державний Реєстр сортів рослин, придатних до поширення в Україні щорічно поповнюється новими сортами пшениці м'якої озимої, яких у 2023 році вже налічувалось понад 700 [4]. Але, з такого значного переліку аграрію дуже важко обрати саме той сорт, який найбільш пристосований до певних ґрунтово-кліматичних зон та мікрозон місцевості.

Державне сортопробування в Україні проводить Український інститут експертизи сортів рослин та його філії, проте в останні роки кількість точок випробувань скоротилася до мінімуму (21 філія, у т. ч. діяльність 2 тимчасово призупинено). При цьому, у зоні Південного Степу України державна кваліфікаційна експертиза сортів рослин пшениці м'якої озимої на придатність до поширення в Україні проводиться лише на одній філії – Одеській, ґрунтово-кліматичні умови якої дуже відрізняються від умов Миколаївської області. Крім цього, інколи трьох років на встановлення певних адаптивних властивостей сортів і визначення найбільш пристосованих до умов зони Степу є не достатньо, а післяреєстраційне сортовивчення в даній зоні не проводиться.

У зв'язку з цим, виникає необхідність у проведенні додаткових польових досліджень з вивчення урожайних властивостей нових сортів пшениці м'якої озимої різних екологічних груп.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За результатами проведених трирічних польових досліджень з сортами пшениці м'якої озимої різних агро-екологічних груп у ґрунтово-кліматичних умовах Кіровоградської сортодослідної станції Уліч О. Л. та ін.

[5] встановили, що рівень урожайності є основним комплексним показником адаптації генотипу до агро-екологічних умов вирощування та рекомендовано у даній мікрзоні вирощувати сорти СН Комбін, Покрова, Мудрість одеська, Ветеран і Ліль.

Собко М. Г. та ін. [6] визначено, що різні за походженням сорти пшениці м'якої озимої (Краєвид, Царівна, Співанка Поліська, Богдана, МІП Ассоль, Гармоніка, Рось, Здобна, Щедра нива, Відрада, МІП Дніпрянка, Охтирчанка Ювілейна, Трудівниця Миронівська, Подолянка, Воздвиженка) вирізняються високим адаптивним потенціалом і сформували найвищий рівень індивідуальної продуктивності на чорноземі типовому.

Дослідженнями проведеними в східній частині Північного Степу України встановлено, що більшу урожайність зерна серед 61 досліджуваного сорту пшениці озимої сформували Овідій, Кошова та Вигадка, а найменшу – Водограй, Русява, Аналог [7].

За результатами досліджень, виконаних в умовах зрошення, подано господарсько-біологічну характеристику нових сортів пшениці м'якої озимої з високими адаптивними властивостями. Визначено, що більшу урожайність у зоні Степу та Полісся сформували сорти Конка та Благо, а в Лісостепу – Конка та Марія [8].

На думку G. F. Sassenrat *et al.* [9], важливо порівнювати продуктивність сорту в різні вегетаційні сезони, щоб розуміти як сорт реагує на різні умови вирощування. За результатами польових досліджень проведених у 2008–2020 рр. на мулистоглинистому ґрунті в Південно-Східному науково-дослідному центрі в Парсонсі, штату Канзас, встановлено, що вищу урожайність (7,4 т/га) з 15 твердих сортів пшениці озимої було сформовано у 2020 р., що вище середньої урожайності за 12 років сортопробування на 3,8 т/га. Із 10 досліджуваних сортів м'якої пшениці середня урожайність у 2020 р. склала 7,4 т/га, що перевищило середній показник за 11 років на 3,0 т/га.

Уліч Л. І. та інші [10], на підставі проведених багаторічних досліджень дійшли висновку, що еколого-адаптивний підхід до сортовивчення забезпечує можливість виявити, відібрати, правильно й творчо розмістити в агрокліматичних зонах, підзонах і мікрозонах кращі високопродуктивні сорти та на високому рівні реалізувати їхній генетичний потенціал. Тому лише завдяки вивченню у конкретних підзонах і мікрозонах є можливість прийняти правильне рішення щодо ефективного використання в них високоінтенсивних сортів.

Отже, у світовій науці та практиці сортовипробування є необхідною умовою формування господарсько-біологічних характеристик сорту та передачі сорту у виробництво. Тому, запровадження у виробництво високоадаптивних сортів агроекологічної орієнтації з високим ступенем генетичного захисту врожаю від біотичних і абіотичних факторів середовища на сьогодні є дуже важливим.

Мета статті – дослідити урожайний потенціал і адаптивні властивості новозареєстрованих сортів пшениці м'якої озимої для умов Південного Степу України.

Матеріали та методика досліджень. Експериментальні дослідження проводили впродовж 2018–2022 рр. в умовах навчально-науково-практичного центру Миколаївського національного аграрного університету.

Ґрунт дослідних ділянок представлений чорноземом південним, залишково-слабкосолонцюватим важкосуглинковим на лесах. Реакція ґрунтового розчину ней-

тральна (рН – 6,8–7,2). Вміст гумусу в 0–30 см шарі становить 3,1–3,3%. Рухомих форм елементів живлення в орному шарі ґрунту в середньому містилося: нітратів (за Грандваль Ляжу) – 15–25, рухомого фосфору (за Мачигінім) – 41–46, обмінного калію (на полуменовому фотометрі) – 389–425 мг/кг ґрунту.

Територія господарства знаходиться в третьому агрокліматичному районі і відноситься до підзони Південного Степу України. Клімат тут помірно-континентальний, теплий, посушливий, з нестійким сніговим покривом. Для аналізу агрокліматичних умов в роки досліджень використовували дані австрійської метеостанції Pessl Instruments (iMETOS). Погодні умови за гідротермічними показниками в роки проведення досліджень різнилися, що дало можливість отримати об'єктивні результати. Так, 2017/2018 та 2021/2022 сільськогосподарські роки були середньо-вологими, за вегетаційний період випало 338,5 та 331,6 мм опадів відповідно, тоді як 2019/2020 рр. – посушливий (161,2 мм),

Таблиця 1

Сорти пшениці м'якої озимої вітчизняної та іноземної селекції

№ п/п	Сорти	Рік реєстрації	Власник	Походження сорту
1	Озерна	2016	Фермерське господарство «Бор»	Україна, Степ
2	Сталева	2014	Фермерське господарство «Бор»	Україна, Степ
3	Квітка полів	2018	Білоцерківська ДСС ІБК і ЦБ НААН України	Україна, Лісостеп
4	Легенда білоцерківська	2017	Білоцерківська ДСС ІБК і ЦБ НААН України	Україна, Лісостеп
5	Мудрість одеська	2015	Селекційно-генетичний інститут – національний центр насіннєзнавства та сортовивчення	Україна, Степ
6	Дума одеська	2018	Селекційно-генетичний інститут – національний центр насіннєзнавства та сортовивчення	Україна, Степ
7	Кошова	2017	Інститут зрошуваного землеробства НААН України	Україна, Степ
8	Марія	2013	Інститут зрошуваного землеробства НААН України	Україна, Степ
9	Здобна	2016	Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України	Україна, Лісостеп
10	Диво	2017	Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України	Україна, Лісостеп
11	МІП Ассоль	2018	Миронівський інститут пшениці ім. В. М. Ремесла НААН України	Україна, Лісостеп
12	МІП Валенсія	2017	Миронівський інститут пшениці ім. В. М. Ремесла НААН України	Україна, Лісостеп
13	Пам'яті Гірка	2017	ННЦ «Інститут землеробства» НААН України	Україна, Лісостеп
14	Красвид	2013	ННЦ «Інститут землеробства» НААН України	Україна, Лісостеп
15	Катаріна	2015	Viterra SEED	Німеччина
16	Центуріон	2019	Viterra SEED	Німеччина
17	Фелікс	2018	Viterra SEED	Німеччина
18	ПОНТІКУС	2017	Strube Ukraine GmbH	Німеччина
19	Фаустус	2017	Strube Ukraine GmbH	Німеччина
20	Глаукус	2014	Strube Ukraine GmbH	Німеччина

а 2018/2019 рр. (547,6 мм) та 2020/2021 рр. (603,7 мм) – сприятливі за вологозабезпеченням.

Об'єктом досліджень були 20 сортів пшениці м'якої озимої української та іноземної селекції, шість з яких створено в зоні Степу України, вісім – в Лісостепу та шість – в іноземних державах (табл. 1). Усі досліджувані сорти занесено до Державного Реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні у 2013–2019 рр.

Для проведення експериментальної роботи було застосовано польовий та порівняльно-розрахунковий методи. Закладання та проведення дослідів, підготовка їх до аналізу проводили згідно методики державної кваліфікаційної експертизи сортів рослин [11].

Площа посівної ділянки становила 70 м², а облікової – 35 м². Агротехніка проведення дослідів була загальноприйнятою для існуючих зональних рекомендацій для умов зони Південного Степу України. Сівбу пшениці озимої проводили у першій декаді жовтня з нормою висіву 4,5 млн шт./га.

Фенологічні спостереження та облік урожаю проводили за методикою державного сортопробування зернових та круп'яних культур [12].

Результати досліджень. За результатами державного сортопробування, проведеного у різні роки в закладах експертизи зони Степу України визначено, що більшу середню врожайність зерна (5,79 т/га) отримано в середньому за роки досліджень у сортів Понтікус і Фаустус, що на 2,8–34,9% більші, ніж у інших досліджуваних сортів (табл. 2).

Найменшу урожайність зерна сформували сорти Глаукус (4,56 т/га), МІП Ассоль (4,06 т/га) та Центуріон (3,77 т/га).

Серед досліджуваних сортів пшениці м'якої озимої найвищу оцінку зимостійкості (9 балів) має сорт Ассоль, а за стійкістю до посухи кращим виявився сорт Озерна (9 балів).

Сорти Мудрість одеська, Марія, МІП Ассоль, Пам'яті Гірка та Центуріон були найбільш стійкими до борошнистої роси; Квітка полів, Мудрість одеська, МІП Ассоль, МІП Валенсія – стійкі до бурі іржі.

Більшість досліджуваних сортів пшениці м'якої озимої виявилися найбільш стійкими до фузаріозу колоса, окрім сорту Глаукус (7 балів).

Визначено, що комплексну стійкість до хвороб (9 балів) мали сорти Мудрість одеська та Центуріон.

Таблиця 2

Господарсько-біологічні показники сортів пшениці м'якої озимої вітчизняної та іноземної селекції в умовах державного сортопробування

№ п/п	Сорти	Середня урожайність в зоні Степу за роки державного сортопробування, бал	Зимостійкість, бал	Посухостійкість, бал	Стійкість до борошнистої роси, бал	Стійкість до бурі іржі, бал	Стійкість до фузаріозу, бал	Група за якістю зерна
1	Озерна	5,53	8,5	9,0	8,1	8,4	9,0	цінна
2	Сталева	5,43	8,5	8,8	8,1	8,4	9,0	цінна
3	Квітка полів	5,63	8,3	8,6	8,4	9,0	9,0	цінна
4	Легенда білоцерківська	5,16	7,6	8,3	8,2	8,8	9,0	сильна
5	Мудрість одеська	4,83	7,6	7,8	9,0	9,0	9,0	сильна
6	Дума одеська	5,63	8,4	8,6	8,5	8,9	9,0	цінна
7	Кошова	5,43	8,0	8,4	8,5	8,9	9,0	сильна
8	Марія	5,30	8,2	8,5	9,0	8,0	9,0	сильна
9	Здобна	5,08	8,3	8,2	8,1	8,3	9,0	цінна
10	Диво	5,58	8,3	8,6	8,6	8,7	9,0	цінна
11	МІП Ассоль	4,06	9,0	7,0	9,0	9,0	8,0	філер
12	МІП Валенсія	5,31	8,5	8,8	8,6	9,0	9,0	цінна
13	Пам'яті Гірка	5,22	7,3	8,5	9,0	6,0	9,0	цінна
14	Краєвид	5,25	8,1	8,4	8,4	8,8	9,0	філер
15	Катаріна	4,86	8,0	8,0	8,0	8,0	9,0	цінна
16	Центуріон	3,77	8,00	7,00	9,0	9,0	9,0	філер
17	Фелікс	5,50	8,3	8,7	8,4	8,9	9,0	сильна
18	ПОНТІКУС	5,79	7,9	8,6	8,3	8,7	9,0	цінна
19	Фаустус	5,79	8,2	8,7	8,5	8,9	9,0	філер
20	Глаукус	4,56	7,0	7,0	7,0	8,0	7,0	цінна
Середнє		5,19	8,1	8,3	8,4	8,5	8,9	

Менш стійким до бурої іржі був сорт Пам'яті Гірка (6 балів).

За якістю зерна досліджувані сорти відносяться до групи сильних (Легенда білоцерківська, Мудрість одеська, Кошова, Марія, Фелікс) і цінних (Озерна, Сталева, Квітка полів, Дума одеська, Здобна, Диво, МІП Валенсія, Пам'яті Гірка, Кантаріна, Понтікус та Глаукус). Сорти МІП Асоль, Краєвид та Фаустус є філерами.

За результатами проведених нами польових досліджень у 2018–2022 рр. визначено, що серед сортів пшениці м'якої озимої степового екотипу вищу урожайність зерна сформували Дума одеська (6,24 т/га) та Озерна

(6,17 т/га), що на 0,24–0,44 т/га більше, ніж у інших досліджуваних сортів (рис. 1).

Децю меншу урожайність зерна за роки досліджень сформовано рослинами сорту Сталева – 5,80 т/га.

Сорти лісостепового екотипу Здобна (5,98 т/га), Пам'яті Гірка (5,96 т/га) та Квітка полів (5,94 т/га) сформували на 0,29–0,63 т/га більший врожай зерна, ніж інші сорти цієї групи (рис. 2).

Найменш урожайним в середньому за роки наших досліджень виявився сорт МІП Асоль – 5,35 т/га, що на 1,7–11,8% менше, ніж у інших сортів лісостепового екотипу.

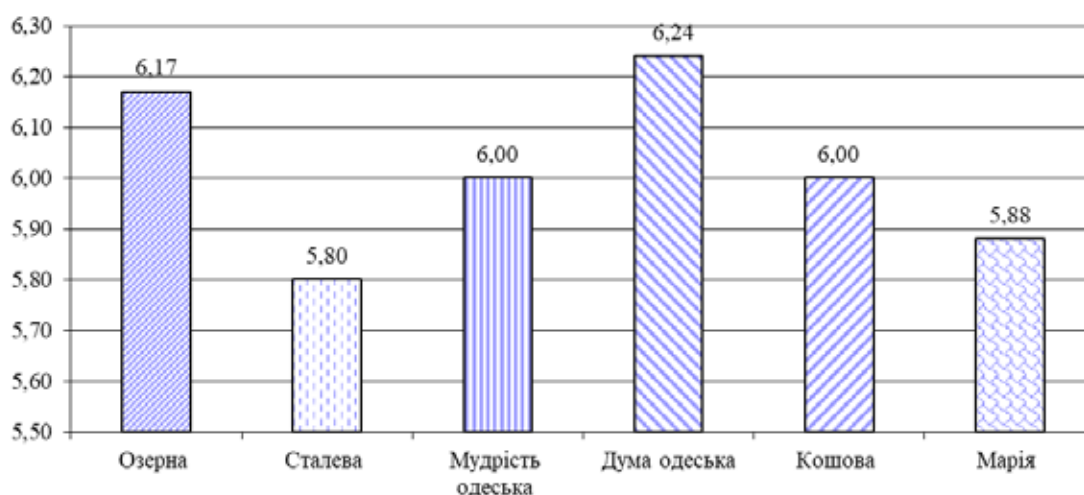


Рис. 1. Урожайність зерна сортів пшениці м'якої озимої степового екотипу, т/га (середнє за 2018–2022 рр.)

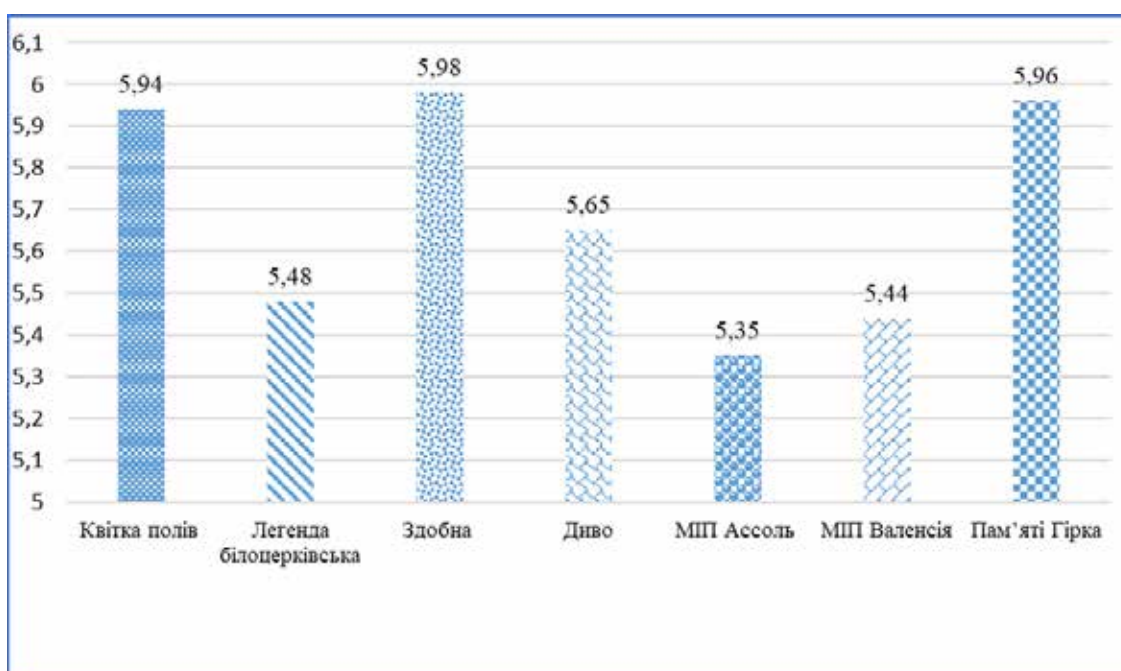


Рис. 2. Урожайність зерна сортів пшениці м'якої озимої лісостепового екотипу, т/га (середнє за 2018–2022 рр.)

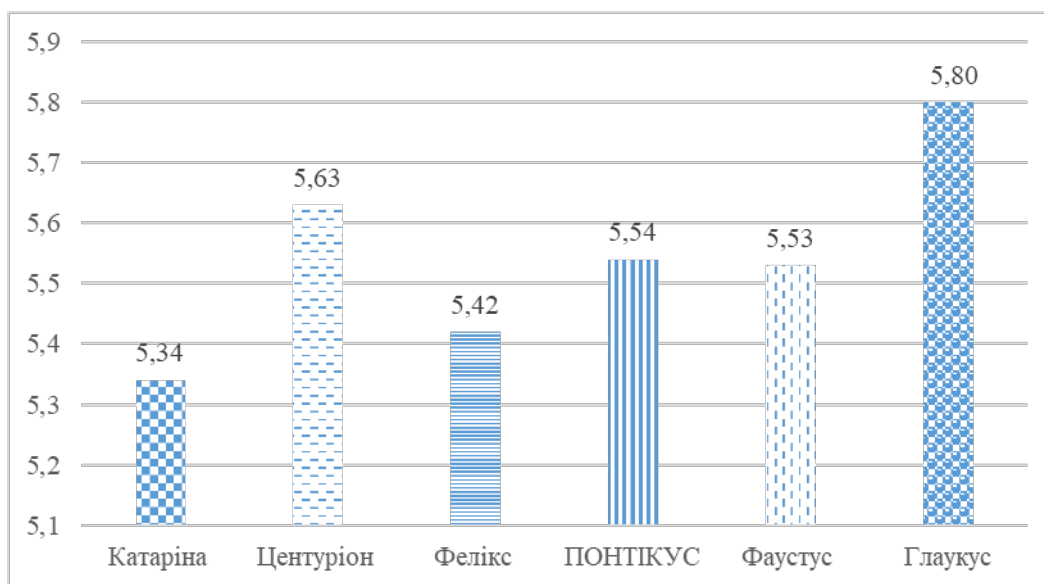


Рис. 3. Урожайність зерна сортів пшениці м'якої озимої іноземного походження, т/га (середнє за 2018–2022 рр.)

Німецькі сорти пшениці м'якої озимої, взяті на вивчення, сформували зерна в середньому за роки досліджень від 5,34 т/га (Катаріна) до 5,80 т/га (Глаукус) (рис. 3).

Отже, серед 6 досліджуваних іноземних сортів пшениці м'якої озимої більш врожайним був сорт Глаукус, урожайність якого на 2,9% більша ніж у сорту Центуріон; на 4,5% – ніж у сорту Понтікус; на 4,7% – ніж у сорту Фаустус; на 6,6% – ніж у сорту Фелікс та на 7,9% – ніж у сорту Катаріна.

Висновки. Серед 20 досліджуваних сортів пшениці м'якої озимої різного екологічного походження, більш продуктивними та адаптованими до умов Південного Степу України визначено сорти Дума одеська, Озерна, Здобна, Пам'яті Гірка, Квітка полів та Глаукус, які, в середньому за роки досліджень, сформували урожайність зерна на рівні відповідно 6,24; 6,17; 5,98; 5,96; 5,94 та 5,80 т/га і за якістю зерна відносяться до цінних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гамаюнова В. В., Корхова М. М., Панфілова А. В., Смірнова І. В., Коваленко О. А., Хоненко Л. Г. Пшениця озима: ресурсний потенціал та технологія вирощування: монографія. Миколаїв, 2021. 300 с.
2. Корхова М. М., Нікончук Н. В., Панфілова А. В. Адаптивний потенціал нових сортів пшениці озимої в умовах Південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2021. Вип. 122. С. 48–55.
3. Самойлик М. О., Устинова Г. Л., Лозінський М. В., Корхова М. М., Уліч О. Л. Оцінка врожайних та адаптивних властивостей нових сортів пшениці озимої. *Вісник аграрної науки*. 2023. № 2 (101). С. 34–42.
4. Державний Реєстр сортів рослин придатних до поширення в Україні на 27.03.2023. URL: <https://minagro.gov.ua/file-storage/rejestr-sortiv-roslin>.
5. Уліч О. Л., Каражбей Г. М., Козак С. В., Терещенко Ю. Ф., Коховська І. В. Морфоагробіологічні властивості та продуктивність нових сортів пшениці м'якої озимі в умовах Кіровоградської сортодослідної станції. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2017. Т. 13. № 1. С. 95–99. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.13.1.2017.97370>.

6. 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. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.12.10>.
7. Чурій Г. А., Вискуб Р. С., Поплевко В. І., Шульц П., Скнипа Н. Л. Наукові принципи підбору сортів пшениці м'якої озимої за адаптивними ознаками. *Аграрні інновації*. 2022. № 11. С. 60–67. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.11.8>.
8. Орлюк А. П., Базалій Г. Г., Усик Л. О. Нові сорти озимої м'якої пшениці Благо, Марія, Конка для комплексного використання у зерновиробництві. *Зрошуване землеробство*. 2012. Вип. 57. С. 178–181.
9. Sassenrath, G. F., L. Mengarelli, L., Lingenfelter, J. and Lin X. Southeast Kansas Wheat Variety Test Results – 2020. *Research Reports*. 2021. Vol. 7. Iss. 2. p. 1–8. <https://doi.org/10.4148/2378-5977.8049>.
10. Уліч Л. І., Гринів С. М., Корхова М. М., Терещенко Ю. Ф. Еколого-адаптивний підхід до реалізації потенціалу продуктивності пшениці м'якої озимої. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. Ч. 1. Агрономія*. Вип. 80. 2012. С. 15–22.
11. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина. / Міністерство аграрної політики та продовольства України. Український інститут експертизи сортів рослин. 2016. 118 с.
12. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні. / Міністерство аграрної політики та продовольства України. Український інститут експертизи сортів рослин. 2016. 82 с.

REFERENCES:

1. Gamayunova, V. V., Korkhova M. M., Panfilova A. V., Smirnova I. V., Kovalenko O. A., & Khonenko L. G. (2021). Pshenytsia ozyma: resursnyi potentsial ta tekhnolohiia vyroshchuvannia [Winter wheat: resource potential and growing technology]: monograph. 300 p. [in Ukrainian].
2. Korkhova, M.M., Nikonchuk, N.V., & Panfilova, A.V. (2021). Adaptivnyi potentsial novykh sortiv pshenytsi ozymoi v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [Adaptive potential of new winter wheat varieties in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. Tavriiskyi nauk-ovyi visnyk – Taurian Scientific Bulletin, 122. P. 48–55. [in Ukrainian].
3. Samoiluk, M., Ustynova, H., Lozynskyi, M., Korkhova, M., & Ulich, O. (2023). Otsinka vrozhaivnykh ta adaptivnykh vlastyvoستي novykh sortiv pshenytsi miakoi ozymoi [Assessment of yield and adaptive properties of new varieties of soft winter wheat]. Visnyk aharnoi nauky – Bulletin of Agricultural Science, 2 (101). P. 34–42. [in Ukrainian].
4. State Register of Plant Varieties Suitable for Distribution in Ukraine as of March 27, 2023. URL: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reystyr-sortiv-roslyn>.
5. Ulich, O. L., Karazhbei, H. M., Kozak, S. V., Tereshchenko, Yu. F., & Kokhova, I. V. (2017). Morfoahrobiolohichni vlastyvoستي ta produktyvnist novykh sortiv pshenytsi m'iakoi ozymoi v umovakh Kirovohradskoi sortodoslidnoi stantsii [Morphoagrobiological properties and productivity of new soft winter wheat varieties under the conditions of Kirovohrad variety testing station]. Sortovyvchennia ta okhorona prav na sorty roslyn – Plant Varieties Studying and Protection, 13(1). P. 95–99. <http://dx.doi.org/10.21498/2518-1017.13.1.2017.97370> [in Ukrainian].
6. Sobko, M. G., Glupak, Z. I., Kryuchko, L. V., & Butenko, A.O. (2022). Formuvannia vrozhaivnosti 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 origin]. Aharni innovatsii – Agrarian innovations, 12. P. 60–69. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.12.10> [in Ukrainian].
7. Chugrii, G. A., Vyskub, R. S., Poplevko, V. I., Shults, P., & Sknypa, N. L. (2022). Naukovi pryntsypy pidboru sortiv pshenytsi miakoi ozymoi za adaptivnyimi oznakamy [Scientific principles of selection of soft winter wheat varieties according to adaptive characteristics]. Aharni innovatsii – Agrarian innovations, 11. P. 60–67. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.11.8> [in Ukrainian].
8. Orlyuk, A. P., Bazalii, H. G., & Usyk, L. O. (2012). Novi sorty ozymoi miakoi pshenytsi Blaho, Mariia, Konkalia kompleksnoho vykorystannia u zernovyrobnytstvi [New varieties of winter soft wheat Blago, Maria, Konkalia for integrated use in grain production]. Zroshuvane zemlerobstvo – Irrigated agriculture, 57. P. 178–181 [in Ukrainian].
9. Sassenrath, G. F., L. Mengarelli, L., Lingenfelser, J. & Lin X. Southeast Kansas Wheat Variety Test Results – 2020. Research Reports. 2021. Vol.7. Iss. 2. p. 1–8. <https://doi.org/10.4148/2378-5977.8049>.
10. Ulych, L. I., Hryniv, S. M., Korkhova, M. M., & Tereshchenko, Yu. F. (2012). Ekoloho-adaptivnyi pidkhid do realizatsii potentsialu produktyvnosti pshenytsi miakoi ozymoi [An ecologically adaptive approach to realizing the productivity potential of soft winter wheat]. Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva – Collected Works of Uman National University of Horticulture, 1(80). P. 15–22 [in Ukrainian].
11. Methodology for the qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. General part. / Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine. Ukrainian Institute of Expertise of Plant Varieties. 2016. 118 p. [in Ukrainian].
12. Methodology for examination of plant varieties of the cereal, grain and leguminous groups for suitability for distribution in Ukraine. / Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine. Ukrainian Institute of Expertise of Plant Varieties. 2016. 82 p. [in Ukrainian].

Панфілова А.В., Корхова М.М. Сортовипробування пшениці м'якої озимої в умовах Південного Степу України

За останні десятиліття урожайність зернових культур, в т.ч. і пшениці озимої, у світовому масштабі значно зросла. Це відбулося, в першу чергу, за рахунок селекційно-генетичного поліпшення сортового складу. Заміна старих сортів новими, більш продуктивними, конкурентоспроможними з широкою агроекологічною пластичністю і підвищеними адаптивними властивостями до несприятливих умов середовища є одним з найбільш раціональних засобів підвищення врожайності зерна озимих зернових культур. **Мета дослідження** – дослідити урожайний потенціал і адаптивні властивості новозареєстрованих сортів пшениці м'якої озимої для умов Південного Степу України. **Методи.** Експериментальні дослідження проводили впродовж 2018–2022 рр. в умовах навчально-науково-практичного центру Миколаївського національного аграрного університету. Використовували польовий та порівняльний методи досліджень. **Результати.** Досліджувані сорти пшениці озимої мають дуже добрі показники за господарськими ознаками. За якістю зерна досліджувані сорти відносяться до групи сильних (Легенда білоцерківська, Мудрість одеська, Кошова, Марія, Фелікс) і цінних (Озерна, Сталева, Квітка полів, Дума одеська, Здобна, Диво, МІП Валенсія, Пам'яті Гірка, Кантаріна, Понтікус та Глаукус). Сорти МІП Асоль, Краєвид та Фаустус є філерами. В умовах дослідного поля Миколаївського НАУ, в середньому за роки досліджень, визначено, що серед сортів пшениці м'якої озимої степового еко типу вищу урожайність зерна сформували Дума одеська (6,24 т/га) та Озерна (6,17 т/га); сортів лісостепового еко типу – Здобна (5,98 т/га), Пам'яті Гірка (5,96 т/га) та Квітка полів (5,94 т/га), а серед сортів німецької селекції – сорт Глаукус (5,80 т/га). **Висновки.** Серед 20 досліджуваних сортів пшениці м'якої озимої різного екологічного походження, більш продуктивними та адаптованими до умов Південного Степу України визначено сорти Дума одеська, Озерна, Здобна, Пам'яті Гірка, Квітка полів та Глаукус, які, в середньому за роки досліджень, сформували урожайність зерна на рівні відповідно 6,24; 6,17; 5,98; 5,96; 5,94 та 5,80 т/га і за якістю зерна відносяться до цінних.

Ключові слова: сорт, сортовивчення, урожайність, пшениця м'яка озима.

Panfilova A.V., Korkhova M.M. Variety testing of winter soft wheat in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine

In recent decades, the yield of grain crops, including winter wheat, increased significantly on a global scale. This was primarily due to the selection and genetic improvement of the varietal composition. Replacing old varieties with new, more productive, competitive ones with broad agroecological plasticity and increased adaptive properties to adverse environmental conditions is one of the most rational ways to increase the grain yield of winter grain crops. The aim of the study is to investigate the yield potential and adaptive properties of newly registered varieties of soft winter wheat for the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. **Methods.** Experimental studies were conducted during 2018–2022 yrs in the conditions of the Educational, Scientific and Practical Center of the Mykolaiv National Agrarian University. It were used field and comparative research methods. **Results.** The studied varieties of winter wheat have very good indicators for economic characteristics. In terms of grain quality, the studied varieties belong to the group of strong (Legend of Bilotserkivska, Wisdom of Odesa, Koshova,

Maria, Felix) and valuable (Ozerna, Staleva, Kvitka polov, Duma Odeska, Zdobna, Divo, MIP Valensia, Pammyati Ghirka, Kantarina, Ponticus) and Glaucus). MIP varieties Asol, Kraevyd and Faustus are fillers. In the conditions of the experimental field of the Mykolaiv NAU, on average over the years of research, it was determined that among the soft winter wheat varieties of the steppe ecotype, Duma Odeska (6.24 t/ha) and Ozerna (6.17 t/ha) formed the highest grain yield; varieties of the forest-steppe ecotype – Zdobna (5.98 t/ha), Pam'yati Ghirka (5.96 t/ha) and Kvitka poliov (5.94 t/ha), and among the varieties of German selection – the Glaukus variety (5.80 t/ha).

Conclusions. Among the 20 researched varieties of soft winter wheat of different ecological origin, more productive and adapted to the conditions of the Southern Steppe of Ukraine, the Duma Odeska, Ozerna, Zdobna, Pam'yati Ghirka, Kvitka poliov and Glaucus varieties were determined, which, on average, over the years of research, formed grain yield at the level of 6.24, respectively; 6.17; 5.98; 5.96; 5.94 and 5.80 t/ha and in terms of grain quality, they are valuable.

Key words: variety, variety study, yield, winter soft wheat.

ПЕРЕЗИМІВЛЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ТА ФОРМУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СТРУКТУРИ УРОЖАЮ ЗАЛЕЖНО ВІД ОБРОБКИ НАСІННЯ БІОЛОГІЧНИМИ ПРЕПАРАТАМИ

ПОЛІЩУК В.В. – доктор сільськогосподарських наук, професор
orcid.org/0000-0001-8157-7028

Уманський національний університет садівництва Міністерства науки і освіти України

КОНОВАЛОВ Д.В. – кандидат сільськогосподарських наук, науковий співробітник
orcid.org/0000-0003-1254-2926

Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук України

Постановка проблеми. Реалізація генетичного потенціалу пшениці озимої, який закладений в процесі селекційної роботи селекціонерами, є одним з головних завдань насінництва. Відомі два підходи до підвищення потенційної врожайності – це збільшення продуктивності рослин та зменшення втрат урожаю від впливу несприятливих чинників. Важливим напрямом селекції та насінництва пшениці озимої є впровадження сортів з високою продуктивністю і екологічною пластичністю [1]. Підвищення потенціалу продуктивності сорту, супроводжується збільшенням вимог до технології його вирощування [2]. Головними складовими формування врожаю є сорт, добрива, нейтралізація ґрунтового розчину, хімічні засоби захисту рослин від бур'янів, шкідників і хвороб, фактор часу та якості. Впровадження сортів пшениці озимої в технологіях відбувається на підставі оцінки стабільності за урожайністю, яка пов'язана з ґрунтовими факторами, погодними умовами, агротехнічними заходами [3, 4]. Одним з способів підвищення інтенсивності проростання насіння та продуктивності культури є передпосівна підготовка посівного матеріалу з використанням стимуляторів росту та мікроелементів [5]. Тому, дослідження різних стимуляторів росту, мікродобрив та їх поєднання за передпосівної обробки насіння є актуальним на що і були направлені дослідження, результати яких викладені у даній статті.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Передпосівна обробка насіння інсекто-фунгіцидами, мікродобривами та стимуляторами росту є найпоширенішим та екологічно-безпечним способом захисту сходів рослин і важливим елементом технології вирощування сільськогосподарських культур, який доступний у технологічному відношенні [6]. За такої обробки насіння отримує повний комплекс живлення у найважливіший період свого проростання коли формується коренева система, що сприяє підвищенню життєздатності, енергії проростання та схожості насіння, ефективності захисту рослин від шкідників, збудників хвороб, стійкості до засухи та морозів і, відповідно – забезпечує підвищення врожайності та якості продукції [7–9]. Стимулятори росту сприяють посиленню процесів живлення, дихання й фотосинтезу, що забезпечує підвищення використання добрив на 20–30 % [10]. Спільне застосування мікроелементів з іншими життєво необхідними речовинами за обробки насіння представляє значний інтерес. Агрохімічна і фізіологічна роль мікроеле-

ментів багатогранна. Під дією мікроелементів зростає стійкість рослин до грибних і бактеріальних захворювань, до таких несприятливих умов зовнішнього середовища, як нестача вологи у ґрунті, знижені або підвищені температури [11]. За даними Кліпакова Ю.О. та ін. обробка насіння пшениці озимої препаратами захисту рослин разом з регулятором росту та мікроелементи забезпечила найкращі показники елементів структури врожаю та врожайності, що дало змогу реалізувати генетичний потенціал продуктивності на 47 і 51 %, відповідно [12]. Велику роль у підвищенні урожайності пшениці озимої відіграє стійкість сортів до низьких температур в зимовий період, що забезпечує повноту насадження, і є одним з головних завдань селекціонерів – створенням морозо- та зимостійких сортів культури [13]. Поряд з використанням генетично стійких сортів, на перезимівлю рослин впливають агротехнологічні заходи, які направлені на підвищення їх зимостійкості, зокрема, строки сівби, норми висіву насіння, передпосівна обробка насіння біостимуляторами, мікродобривами тощо.

Мета досліджень. З'ясування впливу передпосівної обробки насіння пшениці озимої біологічними препаратами на перезимівлю рослин та формування елементів структури урожаю.

Матеріали та методика досліджень. Польові дослідження проводили у дослідному господарстві Інституту фізіології рослин і генетики упродовж 2018–2020 рр., яке розміщене в зоні нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України. Схемою досліду передбачена передпосівна обробка насіння біостимулятором Емістим С з нормою витрат 200 мг/т і мікродобривом Аватар 1 з нормою витрат 1,0 л/т на фоні обробки фунгіцидом Вінцит Форте, 7,75 %, к.с. У контролі насіння було оброблене лише фунгіцидом.

Емістим С – регулятор росту рослин природного походження, який виробляється шляхом культивування мікоризних грибів із кореневої системи цілющих рослин. Містить збалансований комплекс природних речовин – фітогормонів, ауксинової, цитокінінової та гіберелінової природи, вуглеводи, амінокислоти, насичені та ненасичені жирні кислоти, мікроелементи. Препарат стимулює ріст і розвиток понад 20 видів культур: зернових, зернобобових, технічних, кормових, овочевих, ягідних, квітів [14]. Мікродобриво «Аватар 1» в халатній формі містить кобальт, мідь, цинк, залізо, марганець, молібден, магній [15].

Погодні умови в зимовий період були наближені до багаторічних показників з незначними відхиленнями. У 2017/2018 та 2018/2019 рр. зимовий період був холоднішим. Середня добова температура повітря в усі місяці була нижчою нуля і становила від -2,4 до -4,5 °С. За вологозабезпеченням зима 2017/2018 р характеризува-лася надмірним зволоженням, а 2018/2019 р. – незначним дефіцитом. Зимовий період 2019/2020 р. був теплішим. Середня добова температура повітря була вищою від середньої багаторічної на 4,3–5,5 °С, а дефіцит вологи становив 20,4 мм. Такі умови зимового періоду були сприятливими для перезимівлі пшениці озимої.

Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали методами дисперсійного аналізу за методом Фішера з використанням комп'ютерної програми Statistica 6.0 від StatSoft [16, 17].

Результати досліджень. Сприятливі погодні умови у зимовий період, висока пластичність сортів пшениці озимої та передпосівна обробка насіння біостимулятором і мікродобрином забезпечили високу перезимівлю рослин культури. Визначено, що за передпосівної обробки насіння біологічним препаратом Емістим С

та мікродобрином Аватар 1 в середньому за три роки зимостійкість рослин пшениці озимої достовірно підвищилася порівняно з контролем (рис. 1).

За обробки насіння біостимулятором Емістим С перезимівля рослин збільшилася на 9,9 %, мікродобрином Аватар 1 – на 9,8 %. Сумісне використання цих препаратів забезпечило підвищення перезимівлі рослин на 10,9 %, порівняно з контролем, та на 1,0–1,1 %, порівняно з обробкою лише одним з препаратів. Достовірного збільшення перезимівлі рослин залежно від передпосівної обробки насіння окремо одним з цих препаратів не виявлено. Якщо за обробки біостимулятором Емістим С перезимівля рослин збільшилася, порівняно з контролем, на 10,0 %, то за обробки мікродобрином – на 9,8 % ($HIP_{0,05 \text{ обробка насіння}} = 0,73 \%$).

За роками досліджень отримані аналогічні результати. У всі роки перезимівля рослин пшениці озимої була достовірно вищою порівняно з контролем (табл. 1).

За роками досліджень отримані різні результати з перезимівлі рослин. Щорічно достовірно менша перезимівля рослин була за обробки насіння мікродобрином Аватар 1, порівняно з комплексною обробкою

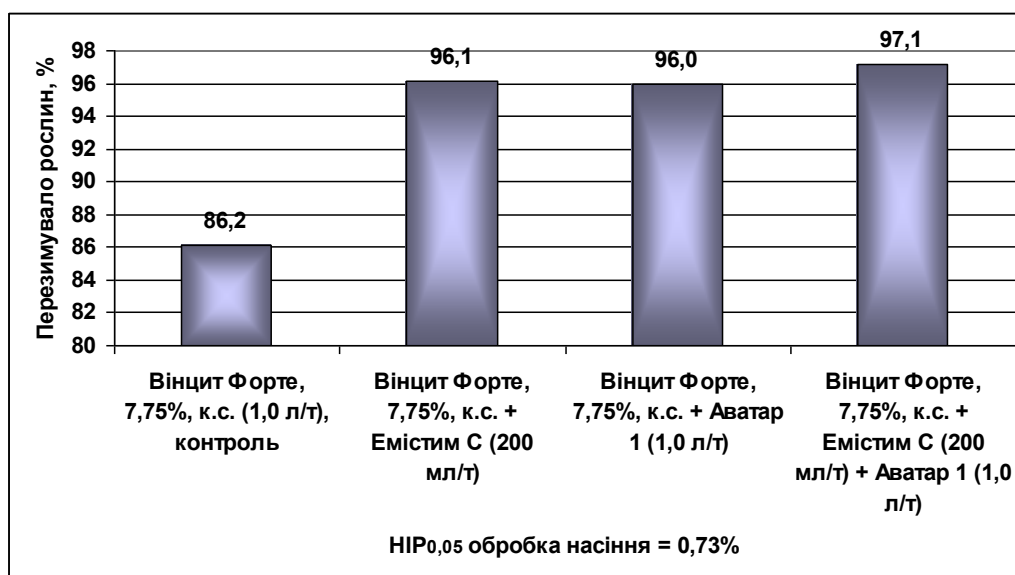


Рис. 1. Перезимівля пшениці озимої залежно від обробки насіння біопрепаратами (середнє за 2018–2020 рр.)

Таблиця 1

Перезимівля рослин пшениці озимої залежно від передпосівної обробки насіння біопрепаратами (за 2018–2020 рр.)

Варіант	Перезимувало росли за роками, %		
	2018	2019	2020
Вінцит Форте, 7,75%, к.с. (1,0 л/т), контроль	82,4	86,3	89,8
Вінцит Форте, 7,75%, к.с. + Емістим С (200 мл/т)	94,7	96,5	97,2
Вінцит Форте, 7,75%, к.с. + Аватар 1 (1,0 л/т)	95,2	95,9	96,8
Вінцит Форте, 7,75%, к.с. + Емістим С (200 мл/т) + Аватар 1 (1,0 л/т)	96,3	96,9	98,2
$HIP_{0,05 \text{ заг.}}$	1,26		
$HIP_{0,05 \text{ умови року}}$	0,63		
$HIP_{0,05 \text{ обробка насіння}}$	0,73		

препаратів. За оброки насіння одним біостимулятором Емістим С та разом з мікродобривом Аватар 1 достовірної різниці з перезимівлі рослин не виявлено.

Достовірно вища збереженість рослин до весни була у 2020 р., ніж у 2018 та 2019 рр. за передпосівної обробки насіння як окремо біостимулятором Емістимом С та мікродобривом Аватар 1, так і за комплексної обробки. Водночас у контролі кількість рослин, що збереглися була найменшою – 86,2 %. Найменша збереженість рослин до весни була у 2018 р. за всіх способів передпосівної обробки насіння.

Аналізуючи вплив факторів на перезимівлю рослин пшениці озимої з'ясовано, що найбільший вплив – 76,8 % мала взаємодія факторів «умови року*обробка насіння» (рис. 2).

Вплив фактору «обробка насіння» становив 16,0 %, вплив усіх інших факторів був незначним.

Застосування мікродобрива та біостимулятора для обробки насіння вплинуло на формування елементів структури урожаю. Передпосівна обробка насіння

стимулятором росту Емістим С або мікродобривом Аватар 1 та у комплексі обома препаратами забезпечило достовірне збільшення коефіцієнту куціння та формування кількості продуктивних стебел, порівняно з контролем (табл. 2).

Коефіцієнт продуктивного куціння збільшився на 0,2–0,4 одиниць, що забезпечило формування істотно більшої кількості продуктивних стебел на 197–254 шт./м², порівняно з контролем.

Комплексне застосування мікродобрива та біостимулятора для передпосівної обробки насіння забезпечило достовірне збільшення коефіцієнту продуктивного куціння на 0,4 і на 254 шт./м, відповідно, кількості продуктивних стебел, порівняно з контролем.

Маса насіння з колосу достовірно збільшилася за обробки насіння стимулятором Емістим С (на 0,13 г), добривом Аватар 1 на (0,14 г) та за спільного їх застосування на 0,12 г, порівняно з контролем. Достовірної різниці з маси зерен у колосі залежно від передпосівної обробки насіння препаратами не виявлено.

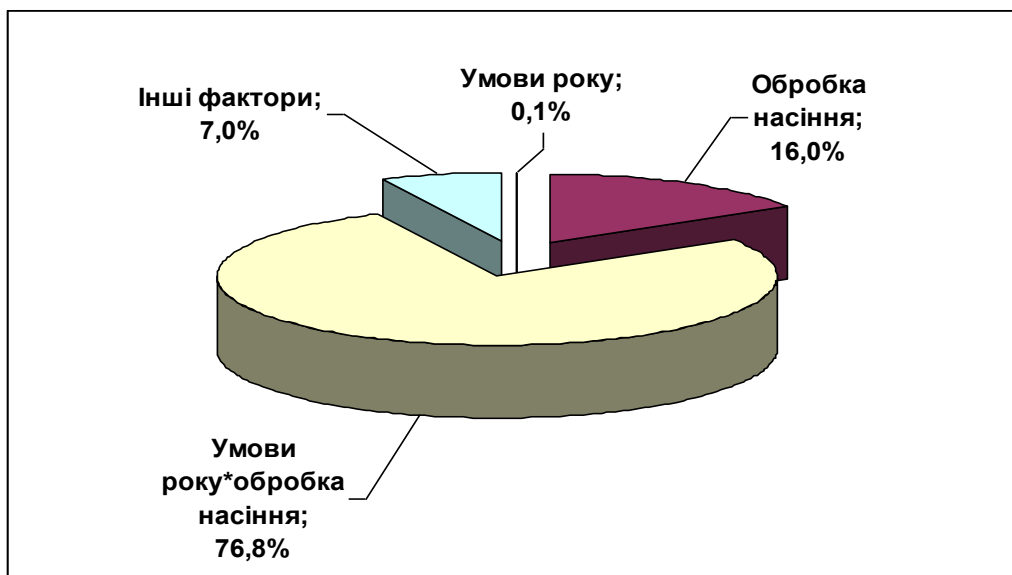


Рис. 2. Вплив факторів на перезимівлю рослин (середнє за 2018–2020 рр.)

Таблиця 2

Елементи структури урожаю пшениці озимої залежно від передпосівної обробки насіння біопрепаратами

Варіант	Коефіцієнт продуктивного куціння	Кількість продуктивних стебел на 1 м ²		Маса насіння з колоса	
		шт.	± до конт-ролю	г	± до конт-ролю. г
Вінцит Форте, 7,75%, к.с. (1,0 л/т), контроль	1,5	371	-	1,25	-
Вінцит Форте, 7,75%, к.с. + Емістим С (200 мл/т)	1,8	573	202	1,38	0,13
Вінцит Форте, 7,75%, к.с. + Аватар 1 (1,0 л/т)	1,7	568	197	1,39	0,14
Вінцит Форте, 7,75%, к.с. + Емістим С (200 мл/т) + Аватар 1 (1,0 л/т)	1,9	625	254	1,37	0,12
НІР _{0,05}	0,2	32,4	-	0,09	-

Збільшення коефіцієнта кущіння, кількості продуктивних стебел та маси насіння з колосу забезпечили підвищення урожайності насіння пшениці озимої залежно від передпосівної обробки посівного матеріалу біологічними препаратами. За сумісного застосування препаратів урожайність насіння збільшилася на 0,7 т/га, порівняно з контролем та на 0,3–0,4 т/га, порівняно з обробкою посівного матеріалу окремо препаратами Емістим С або Аватар 1. За роками досліджень отримані аналогічні результати.

Висновки. Передпосівна обробка посівного матеріалу пшениці озимої біологічними препаратами Емістим С та Аватар 1 сприяє підвищенню збереженості рослин до весни, формуванню елементів структури урожаю і, як наслідок – збільшенню урожайності насіння. За сумісного застосування препаратів урожайність насіння збільшилася на 0,7 т/га, порівняно з контролем та на 0,3–0,4 т/га, порівняно з обробкою посівного матеріалу окремо препаратами Емістим С або Аватар 1.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гаврилюк М. М., Коновалов Д. В. Екологічна пластичність сортів-інновацій та якість насіння. *Насінництво*. 2014. № 2. С. 15–20.
2. Моргун В. В., Санін Є. Н. Сорти та технології вирощування високих урожаїв озимої пшениці. Видання VI. Київ: Логос, 2011. 121 с.
3. Kisiel M. Development of demand for small grains in European countries: present and future. *Fragmenta agronomica*. Conference of the European Society for Agronomy and Polish Society of Agrotechnical Sciences. Puławy. 1995. № 2. P. 10–17.
4. Mazurek J. Agronomic practices for small grain yield, stability and quality. *Fragmenta agronomica*. Conference of the European Society for Agronomy and Polish Society of Agrotechnical Sciences. Puławy. 1995. № 2. P. 126–135.
5. Анішин Л. А. Збільшення виробництва озимих зернових за допомогою регуляторів росту. *Хранение и переработка зерна*. 2000. № 7(13). С. 26–28.
6. Доронін В. А., Кравченко Ю. А., Бусол М. В., Доронін В. В., Поліщук В. В. Екологічно-безпечний спосіб захисту сходів цукрових буряків. *Цукрові буряки*. 2013. № 2. С. 15–17.
7. Ткачук К. С., Дем'яненко А. І., Богдан М. М., Карлова А. Б. Вплив передпосівної обробки насіння пшениці озимої на вміст фітогормонів. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 9. С. 22–24.
8. Pawar H. K., Kadam R. M. Effect of soaking of seeds in solutions of different chemicals on growth and yields of wheat *Triticum aestivum* L. Varitu NI – 5439 under rainfed conditions. *J. Maharashtra Agr. Univ.* 1981. 6 (2). P. 158–159.
9. Кочмарський В. С., Сірошан А. А., Кавунець В. П. Надійний резерв підвищення врожайності пшениці озимої – оптимізація підбору сортів та підготовки насіння до сівби. *Насінництво*. 2013. № 8. С. 1–6.
10. Сучек М. М., Степанчук Т. В. Біологічна ефективність використання стимулятора росту та мікродобрива на посівах пшениці озимої в умовах Західного Лісостепу України. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2013. 2 (1). С. 37–44.

11. Макрушин М. М., Макрушина Є. М., Петерсон Н. В., Мельников М. М. Фізіологія рослин: *Навч. посіб.* Вінниця: Нова книга, 2006. 416 с.
12. Кліпакова Ю. О., Пріст О. П., Білоусова З. В., Єременко О. А. Урожайність пшениці озимої залежно від передпосівної обробки насіння. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 4. С. 16–23.
13. Моргун В. В., Майор П. С. Зимо- і морозостійкість озимих злакових культур. *Фізіологія рослин. Проблеми та перспективи розвитку*. Київ: Логос, 2009. Т. 2. С. 105–165.
14. Пономаренко С. П., Ігутинська Г. О. Регулятори росту. *Захист рослин*. 1999. № 12. С. 11–12.
15. Мікродобрива «Аватар 1» URL: <https://agrarii-razom.com.ua/preparations/mikrodobryva-avator-1>
16. Fisher R. A. Statistical methods for research workers. New Delhi: Cosmo Publications, 2006. 354 p.
17. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті STATISTICA 6. Методичні вказівки. Київ, 2007. 55 с.

REFERENCES:

1. Havryliuk, M. M., & Konovalov, D. V. (2014). Ekologichna plastychnist sortiv – innovatsii ta yakist nasinnia [Ecological plasticity of varieties – innovations and seed quality]. *Nasinnystvo*. No 2. P. 15–20. [in Ukrainian]
2. Morhun, V. V., & Sanin, Ye. N. (2011). Sorty ta tekhnologii vyroshchuvannya vysokikh urozhav ozymoi pshenytsi [Varieties and technologies for growing high yields of winter wheat]. Vydannia VI. K.: Lohos. 121 p. [in Ukrainian]
3. Kisiel, M. (1995). Development of demand for small grains in European countries: present and future. *Fragmenta agronomica*. Conference of the European Society for Agronomy and Polish Society of Agrotechnical Sciences. Puławy. No 2. P. 10–17.
4. Mazurek, J. (1995). Agronomic practices for small grain yield, stability and quality. *Fragmenta agronomica*. Conference of the European Society for Agronomy and Polish Society of Agrotechnical Sciences. Puławy. No 2. P. 126–135.
5. Anishyn, L. A. (2000). Zbilshennia vyrobnystva ozymykh zernovykh za dopomohoiu rehuliatoriv rostu [Increasing winter grain production with the help of growth regulators]. *Khranenie y pererabotka zerna*. No 7(13). P. 26–28. [in Ukrainian]
6. Doronin, V. A., Kravchenko, Yu. A., Busol, M. V., Doronin, V. V., & Polishchuk, V. V. (2013). Ekologichno-bezpechnyi sposib zakhystu skhodiv tsukrovyykh buriakiv [An environmentally friendly way to protect sugar beet seedlings]. *Tsukrovi buriaky*. No 2. S. 15–17. [in Ukrainian]
7. Tkachuk, K. S., Demianenko, A. I., Bohdan, M. M., & Karlova, A. B. (2010). Vplyv peredposivnoi obrobky nasinnia pshenytsi ozymoi na vmist fitohormoniv [Effect of pre-sowing treatment of winter wheat seeds on phytohormone content]. *Visnyk ahraryoi nauky*. No 9. C. 22–24. [in Ukrainian]
8. Pawar, H. K., & Kadam, R. M. (1981). Effect of soaking of seeds in solutions of different chemicals on growth and yields of wheat *Triticum aestivum* L. Varitu NI – 5439 under rainfed conditions. *J. Maharashtra Agr. Univ.* 6 (2). P. 158–159.

9. Kochmarskyi, V. S., Siroshan, A. A., & Kavunets, V. P. (2013). Nadiinyi rezerv pidvyshchennia vrozhaivosti pshenytsi ozymoi – optymizatsiia pidboru sortiv ta pidhotovky nasinnia do sivby [A reliable reserve for increasing winter wheat yields – optimisation of variety selection and seed preparation]. *Nasinnystvo*. No 8. P. 1–6. [in Ukrainian]
10. Suchek, M. M., & Stepanchuk, T. V. (2013). Biologichna efektyvnist vykorystannia stymuliatora rostu ta mikro-dobryva na posivakh pshenytsi ozymoi v umovakh Zakhidnoho Lisostepu Ukrainy [Biological effectiveness of growth stimulant and microfertiliser use on winter wheat crops in the Western Forest-Steppe of Ukraine]. *Visnyk Zhytomyrskoho natsionalnoho ahroekologichnoho universytetu*. 2 (1). P. 37–44. [in Ukrainian]
11. Makrushyn, M. M., Makrushyna, Ye. M., Peterson, N. V., & Melnykov, M. M. (2006). Fiziologhiia roslyn [Plant physiology]: Navch. posib. Vinnytsia: Nova knyha. 416 p. [in Ukrainian]
12. Klipakova, Yu. O., Prist, O. P., Bilousova, Z. V., & Yeremenko, O. A. (2019). Urozhainist pshenytsi ozymoi zalezhno vid peredposivnoi obrobky nasinnia [Winter wheat yield depending on pre-sowing seed treatment]. *Visnyk aharnoї nauky*. No 4. P. 16–23. [in Ukrainian]
13. Morhun, V. V., Maior, P. S. (2009). Zymo- i morozostiikist ozymykh zlakovykh kultur. Fiziologhiia roslyn. Problemy ta perspektyvy rozvytku [Winter and frost resistance of winter cereals. Physiology of plants. Problems and prospects for development]. Kyiv: Lohos. T. 2. P. 105–165. [in Ukrainian]
14. Ponomarenko, S. P., & Ihutynska, H. O. (1999). Rehulatory rostu. Zakhyst roslyn [Growth regulators. Plant protection]. No 12. P. 11–12. [in Ukrainian]
15. Mikrodobryva «Avatar 1» [Microfertilisers «Avatar 1»] URL: <https://agrarai-razom.com.ua/preparations/mikrodobryva-avatar-1> [in Ukrainian]
16. Fisher, R. A. (2006). Statistical methods for research workers. New Delhi: Cosmo Publications. 354 p.
17. Ermantraut, E. R., Prysiazniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). Statystychnyi analiz ahronomichnykh doslidnykh danykh v paketi STATISTICA 6 [Statistical analysis of agronomic research data in STATISTICA 6]. *Metodychni vkazivky*. Kyiv. 55 p. [in Ukrainian]

Поліщук В.В., Коновалов Д.В. Perezimivlia pshenytsi ozymoi ta formuvannia elementiv struktury urozhau zalezhno vid obrobky nasinnia biologichnymi preparatami

Мета. З'ясування впливу передпосівної обробки насіння пшениці озимої біологічними препаратами на Perezimivlia roslyn ta formuvannia elementiv struktury urozhau. **Методи.** Лабораторний, вимірювально-ваговий, математично-статистичний. **Результати.** Визначено, що за обробки насіння біостимулятором Емістим С Perezimivlia roslyn zбільшилася на 9,9 %, мікродобривом Аватар 1 – на 9,8 %. Сумісне використання цих препаратів забезпечило підвищення Perezimivlia roslyn – на 10,9 % порівняно з контролем та на 1,0–1,1 % порівняно з обробкою лише одним з препаратів. Достовірного збільшення Perezimivlia roslyn zalezhno vid peredposivnoi obrobky nasinnia окремо одним з цих препаратів не виявлено. В усі роки Perezimivlia roslyn pshenytsi ozymoi була достовірно вищою порівняно з контролем. Передпосівна обробка насіння

стимулятором росту Емістим С або мікродобривом Аватар 1 та в комплексі обома препаратами забезпечило достовірне збільшення коефіцієнту кушіння та формування кількості продуктивних стебел, порівняно з контролем. Коефіцієнт продуктивного кушіння збільшився на 0,2–0,4 одиниць, що забезпечило формування істотно більшої кількості продуктивних стебел – на 197–254 шт./м², порівняно з контролем. Достовірно збільшилася маса насіння з колосу за обробки насіння стимулятором Емістим С (на 0,13 г), добривом Аватар 1 (на 0,14 г) та за спільного їх застосування на 0,12 г, порівняно з контролем. Збільшення коефіцієнта кушіння, кількості продуктивних стебел та маси насіння з колосу забезпечили підвищення урожайності насіння пшениці озимої на 0,3–0,7 т/га залежно від передпосівної обробки посівного матеріалу біологічними препаратами. **Висновки.** Передпосівна обробка посівного матеріалу пшениці озимої біологічними препаратами Емістим С та Аватар 1 сприяє підвищенню збереженості рослин до весни, формуванню елементів структури урожаю і, як наслідок – збільшенню урожайності насіння.

Ключові слова: збереженість рослин, кушіння, продуктивні стебла, маса насіння, мікродобрива, біостимулятори, урожайність.

Polischuk V.V., Konovalov D.V. Wintering of winter wheat and formation of elements of crop structure depending on seed treatment with biological preparations

Purpose. To find out the effect of pre-sowing treatment of winter wheat seeds with biological preparations on plant overwintering and formation of crop structure elements. **Methods.** Laboratory, measuring and weighing, mathematical and statistical. **Results.** It was determined that after treatment of seeds with the biostimulant Emistim C, the wintering of plants increased by 9,9 %, and with the microfertiliser Avatar 1 – by 9,8 %. The combined use of these preparations increased the overwintering of plants by 10,9 % compared to the control and by 1,0–1,1 % compared to the treatment with only one of the preparations. There was no significant increase in plant overwintering depending on pre-sowing seed treatment with one of these preparations separately. In all years, wintering of winter wheat plants was significantly higher compared to the control. Pre-sowing treatment of seeds with growth stimulator Emistim C or microfertiliser Avatar 1 and in combination with both preparations provided a significant increase in the tillering coefficient and the formation of the number of productive stems compared to the control. The coefficient of productive tillering increased by 0,2–0,4 units, which ensured the formation of a significantly higher number of productive stems – by 197–254 pcs./m², compared to the control. The weight of seeds per ear significantly increased when seeds were treated with the stimulant Emistim C (by 0,13 g), fertiliser Avatar 1 by (0,14 g) and with their joint application by 0,12 g compared to the control. The increase in tillering coefficient, number of productive stems and weight of seeds per ear ensured an increase in winter wheat seed yield by 0,3–0,7 t/ha, depending on the pre-sowing treatment of the seed with biological products. **Conclusions.** Pre-sowing treatment of winter wheat seed with biological preparations Emistim C and Avatar 1 helps to increase plant preservation until spring, form elements of the crop structure and, as a result, increase seed yield.

Key words: plant preservation, tillering, productive stems, seed weight, microfertilisers, biostimulants, yield.

УСПАДКУВАННЯ ДОВЖИНИ ГОЛОВНОГО КОЛОСА ГІБРИДАМИ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ, ОТРИМАНИХ ЗА СХРЕЩУВАННЯ РІЗНИХ ЕКОТИПІВ

САМОЙЛИК М.О. – аспірант
orcid.org/0000-0001-8576-5368

Білоцерківський національний аграрний університет

ЛОЗІНСЬКИЙ М.В. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0002-6078-3209

Білоцерківський національний аграрний університет

Постановка проблеми. Одним із найважливіших завдань аграрного сектору України є збільшення і стабілізація виробництва високоякісного зерна пшениці м'якої озимої [1, 2] для забезпечення внутрішнього ринку і підвищення експортного потенціалу країни [3–5].

Важливою ланкою сільського господарства є використання високопродуктивних сортових рослинних ресурсів, як одного з головних чинників сталого виробництва зерна пшениці озимої [6]. Специфічно реагуючи на фактори зовнішнього середовища, характерною особливістю будь-якого генотипу є сукупність ознак і властивостей, що визначають його продуктивність і пристосування до тієї чи іншої місцевості [7].

Екологічна й енергетична ситуація, яка складається в сільському господарстві в останні роки, доводить, що отримання високих врожаїв всіх культур можливо лише за наявності у виробництві сортів, які адаптовані до певних ґрунтово-кліматичних умов [8].

У світовому генотипі пшениці налічується досить велика кількість сортів і форм, які можна використовувати як джерела окремих ознак і властивостей. Однак цінність генетичних джерел зростає за умови неспорідненості їх за генетичним походженням, здатності стабільно відтворювати високий рівень цінних господарських ознак у контрастних кліматичних умовах, наявності позитивних донорських властивостей та поєднання господарсько-цінних ознак у межах одного генотипу [9].

Головна вимога, що постає перед селекціонером в сучасних умовах – це створення високопродуктивних сортів пшениці *Triticum aestivum* L. озимої з високою врожайністю зерна, а також їх здатність в різних агро-екологічних умовах реалізовувати генетичний потенціал продуктивності та формувати сталі врожаї [10, 11].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В практичній селекційній роботі основним методом створення вихідного матеріалу є внутрішньовидова (між-сортова) гібридизація [12–14] з подальшим доббором селекційно цінних рекомбінантів та трансгресивних форм [15, 16].

Підбір батьківських форм для гібридизації є важливим процесом, адже кожна ознака чи властивість батьківських організмів не передається безпосередньо їхньому потомству, успадковуються гени, а ознаки проявляються як результат їх пристосування в конкретних умовах середовища. Для оцінки гібридів часто використовують показник ступеня фенотипового домінування [17].

Одним з найефективніших способів розширення генетичної мінливості є залучення до гібридизації екологічно і географічно віддалених форм пшениці. За таких умов майбутні сорти можуть ефективно пристосовуватись до умов навколишнього середовища конкретного регіону і забезпечувати досить високу реалізацію генетичного потенціалу продуктивності агрофітоценозу [18, 19]. При цьому залучення сортів різних екологічних груп сприяє розширенню формотворення і добору цінних рекомбінантів, як кандидатів в майбутні сорти [20].

За свідченням О. В. Гуменюка, еколого-географічний принцип підбору батьківських пар гібридизації є важливою складовою сучасної практичної селекційної роботи. Особливо актуальним є дослідження властивостей колекційних зразків пшениці м'якої озимої з різних країн світу. Залучення їх до гібридизації з місцевим вихідним матеріалом допомагає більш досконало виявити їх селекційну цінність в певних ґрунтово-кліматичних умовах для подальшого створення сортів з комплексом господарсько-цінних ознак [21]. У Миронівському інституті пшениці імені В. М. Ремесла даний принцип широко трансформований в інноваційних сортах пшениці м'якої озимої (МІП Валенсія, Вежа миронівська, МІП Вишиванка, МІП Ювілейна, МІП Фортуна, МІП Лада, МІП Аеліта, МІП Відзнака, МІП Дарунок, МІП Довіра та ін.). За такого ж принципу в умовах Білоцерківської дослідно-селекційної станції ІБКЦБ створені сорти: Квітка полів, Грація Білоцерківська, Легенда Білоцерківська, Щедра нива та ін., що підтверджує доцільність застосування еколого-географічного принципу підбору пар гібридизації.

За екологічним принципом сорти поділяють на: степовий, лісостеповий і західноєвропейський екотипи. Відповідно, сорти цих екотипів створюються в умовах, які розташовані в різних агрокліматичних зонах, тому мають відмінності за господарськими характеристиками, морфологічними ознаками і по різному пристосовуються до конкретних екологічних умов [22].

Найважливішою ознакою, що визначає урожайність пшениці озимої за оптимальної щільності стеблостою є продуктивність колоса [16, 23], а головний колос відіграє важливу роль у формуванні продуктивного потенціалу рослини і врожайності зерна в цілому [24]. Так як розміри колоса різних сортів пшениці м'якої мають чіткий фенотиповий прояв, тому є зручним маркером в селекції на продуктивність [25]. Можлива величина колоса пшениці озимої формується під час проходження 25–31 фаз розвитку рослин за міжнародною шка-

лою ВВСН [26] і модифікується метеорологічними умовами в цей період.

Метою досліджень було встановлення формування довжини головного колоса в батьківських форм і гібридів першого покоління для визначення ступеня фенотипового домінування та типу успадкування в F_1 за реципрокних схрещувань сортів пшениці м'якої озимої лісостепового, степового і західноєвропейського екотипів.

Матеріали і методи досліджень. В умовах дослідного поля науково-виробничого центру Білоцерківського НАУ у 2022–2023 рр. досліджували гібридні комбінації, створені гібридизацією сортів: Зорепад білоцерківський (Зор. бц.), Квітка полів (Кв. полів) – лісостепового екотипу; Ластівка одеська (Ласт. од.), Знахідка одеська (Знах. од.) – степового екотипу; Мулан, Фіделіус – західноєвропейського екотипу.

Насіння F_1 висівали ручною сівалкою за схемою: ♀ материнська форма – гібрид – ♂ чоловіча форма. Біометричний аналіз досліджуваного селекційного матеріалу проводили за середнім зразком 25 рослин у триразовій повторності [27]. Агротехніка загальноприйнята для зони вирощування. Попередник – гірчиця на зерно.

Ступінь фенотипового домінування довжини головного колоса у гібридів визначали за формулою В. Griffing [28]:

$$h_r = (X_F - X_{mp}) / (X_p - X_{mp}),$$

де h_r – ступінь фенотипового домінування; X_F – середнє значення показника у гібрида; X_{mp} – середнє

значення показника обох батьківських форм; X_p – середнє значення батьківської форми з більшим проявом ознаки.

Отримані показники ступеня фенотипового домінування групували за класифікацією G. M. Beil, R. E. Atkins [29] для визначення типу успадкування: $h_r > +1$ – позитивне наддомінування (гетерозис) (ПНД); $+0,5 < h_r \leq +1$ – часткове позитивне домінування (ЧПД); $-0,5 \leq h_r \leq +0,5$ – проміжне успадкування (ПУ); $-1 \leq h_r < -0,5$ – часткове від'ємне успадкування (ЧВУ); $h_r < -1$ – від'ємне наддомінування (депресія) – ВНД.

Результати досліджень. Більшість гібридів отриманих при залученні до гібридизації лісостепового і степового екотипів формували довжину головного колоса у 2022 р. на рівні 7,7–8,7 см і перевищували кращу за цим показником батьківську форму від 0,3 см (♀ Квітка полів / ♂ Знахідка одеська) до 1,1 см (♀ Ластівка одеська / ♂ Знахідка одеська) (табл. 1).

За довжиною головного колоса виділились гібриди: ♀ Квітка полів / ♂ Зорепад білоцерківський (8,4 см); ♀ Квітка полів / ♂ Ластівка одеська, ♀ Зорепад білоцерківський / ♂ Знахідка одеська – 8,5 см; ♀ Знахідка одеська / ♂ Квітка полів, ♀ Ластівка одеська / ♂ Квітка полів, ♀ Ластівка одеська / ♂ Знахідка одеська – 8,6 см, ♀ Знахідка одеська / ♂ Зорепад білоцерківський – 8,7 см.

Проведеним аналізом показників ступеня фенотипового домінування в F_1 встановлено, що майже всі отримані гібриди детермінували довжину головного колоса за позитивним наддомінуванням ($h_r = 2,5$ – $40,0$). Проміжне

Таблиця 1

Довжина головного колоса і ступінь фенотипового домінування в реципрокних гібридів, отриманих залученням до гібридизації лісостепового і степового екотипів, 2022 р.

Комбінація схрещування та батьківські форми	2022 р.				
	$\bar{X} \pm S \bar{X}$, см	Lim, см		hp	Тип успадкування
		min	max		
лісостеповий екотип / лісостеповий екотип					
♀ Зор. бц.	7,5±0,05	7,0	8,5	-	-
Зор. бц. / Кв. полів	7,7±0,15	7,0	8,0	0,5	ПУ
♂ Кв. полів	7,7±0,07	7,0	9,5	-	-
Кв. полів / Зор. бц.	8,4±0,13	8,0	9,0	6,6	ПНД
лісостеповий екотип / степовий екотип					
Зор. бц. / Ласт. од.	7,9±0,30	7,0	9,5	2,5	ПНД
♂ Ласт. од.	7,0±0,08	6,0	8,0	-	-
Кв. полів / Ласт. од.	8,5±0,28	7,5	10,0	2,9	ПНД
Зор. бц. / Знах. од.	8,5±0,12	8,0	9,0	12,5	ПНД
♂ Знах. од.	7,5±0,07	6,5	8,5	-	-
Кв. полів / Знах. од.	8,0±0,35	7,0	9,0	3,5	ПНД
степовий екотип / лісостеповий екотип					
Ласт. од. / Зор. бц.	8,3±0,28	7,5	9,5	4,4	ПНД
Ласт. од. / Кв. полів	8,6±0,26	7,5	10,0	3,4	ПНД
Знах. од. / Зор. бц.	8,7±0,33	8,0	9,0	40,0	ПНД
Знах. од. / Кв. полів	8,6±0,25	8,0	10,0	9,8	ПНД
степовий екотип / степовий екотип					
Знах. од. / Ласт. од.	8,4±0,22	7,5	10,0	4,1	ПНД
Ласт. од. / Знах. од.	8,6±0,24	8,0	9,5	4,8	ПНД

успадкування ($h_r = 0,5$) визначили у ♀ Зорепад білоцерківський / ♂ Квітка полів.

При залученні до гібридизації сортів західноєвропейського екотипу з лісостеповим і степовим довгий колос (8,5–9,3 см) формували реципрокні гібриди Квітка полів ↔ Фіделіус, Знахідка одеська ↔ Фіделіус, Ластівка одеська ↔ Фіделіус, Мулан ↔ Фіделіус і ♀ Знахідка одеська / ♂ Мулан. Найбільші показники відмітили у ♀ Знахідка одеська / ♂ Мулан (9,3 см), ♀ Фіделіус / ♂ Ластівка одеська (9,2 см), ♀ Знахідка одеська / ♂ Фіделіус (9,1 см) (табл. 2).

За ступеня фенотипового домінування ($h_r = -1,2$ –8,1) успадкування довжини головного колоса за позитивним наддомінуванням ($h_r = 1,1$ –8,1) відбувалося у 12 з 15 гібридів. При схрещуванні ♀ Ластівка одеська / ♂ Мулан довжина колоса детермінувала за частковим позитивним домінуванням ($h_r = 0,9$), ♀ Зорепад білоцерківський / ♂ Мулан – частковим від'ємним успадкуванням ($h_r = -0,6$), ♀ Зорепад білоцерківський / ♂ Фіделіус ($h_r = -1,2$) – від'ємним наддомінуванням.

У 2023 р. три з 12 гібридів перевищували батьківські форми, формуючи показники: ♀ Ластівка одеська / ♂ Квітка полів (10,2 см); ♀ Квітка полів / ♂ Ластівка одеська (10,1 см); ♀ Ластівка одеська / ♂ Зорепад білоцерківський (9,4 см). У ♀ Знахідка одеська / ♂ Квітка полів визначили формування довжини колоса на рівні кращої батьківської форми (табл. 3).

Ступінь фенотипового домінування довжини головного колоса в досліджуваних гібридів змінювався від -5,0 (від'ємне наддомінування) до 15,0 (позитивне наддомінування). Реципрокні гібриди Квітка полів ↔ Ластівка одеська і ♀ Ластівка одеська / ♂ Зорепад білоцерківський успадкували ознаку за позитивним наддомінуванням ($h_r = 2,0$ –15,0). Часткове позитивне домінуванням ($h_r = 0,8$ –1,0) встановили у ♀ Зорепад білоцерківський / ♂ Ластівка одеська, ♀ Знахідка одеська / ♂ Квітка полів, ♀ Ластівка одеська / ♂ Знахідка одеська. Проміжним успадкуванням ($h_r = -0,4$ –0,4) характеризувалися: ♀ Зорепад білоцерківський / ♂ Квітка полів; ♀ Квітка полів / ♂ Зорепад білоцерківський; ♀ Зорепад білоцерківський / ♂ Знахідка одеська; ♀ Знахідка одеська / ♂ Ластівка одеська. Частковим від'ємним успадкуванням ($h_r = -0,7$) – ♀ Знахідка одеська / ♂ Зорепад білоцерківський, а ♀ Квітка полів / ♂ Знахідка одеська – від'ємним наддомінуванням ($h_r = -5,0$).

За гібридизації сортів лісостепового і степового екотипів встановлено вплив материнської цитоплазми на формування більшої довжини головного колоса у ♀ Квітка полів / ♂ Ластівка одеська, ♀ Квітка полів / ♂ Знахідка одеська – 2022–2023 рр.; ♀ Зорепад білоцерківський / ♂ Ластівка одеська, ♀ Знахідка одеська / ♀ Ластівка одеська – 2022 р.; ♀ Квітка полів / ♂ Зорепад білоцерківський, ♀ Ластівка одеська / ♂ Зорепад білоцерківський, ♀ Знахідка одеська / ♂ Зорепад білоцерківський – 2023 р.

Таблиця 2

Довжина головного колоса і ступінь фенотипового домінування в реципрокних гібридів, отриманих залученням до гібридизації лісостепового, степового і західноєвропейського екотипів, 2022 р.

Комбінація схрещування та батьківські форми	2022 р.				
	$\bar{X} \pm S \bar{X}$, см	Lim, см		hp	Тип успадкування
		min	max		
лісостеповий екотип / західноєвропейський екотип					
Зор. бц. / Мулан	7,7±0,17	7,0	9,0	-0,6	ЧВУ
♂ Мулан	8,3±0,07	7,5	9,5	-	-
Зор. бц. / Фіделіус	7,5±0,13	7,0	8,0	-1,2	ВНД
♂ Фіделіус	7,9±0,06	7,0	9,0	-	-
Кв. полів / Мулан	8,5±0,38	7,5	10,0	1,7	ПНД
Кв. полів / Фіделіус	8,6±0,27	7,5	10,5	7,1	ПНД
західноєвропейський екотип / лісостеповий екотип					
Мулан / Зор. бц.	8,4±0,18	8,0	9,0	1,1	ПНД
Фіделіус / Зор. бц.	8,2±0,10	7,5	8,5	2,9	ПНД
Фіделіус / Кв. полів	8,7±0,18	8,0	10,0	7,5	ПНД
степовий екотип / західноєвропейський екотип					
Знах. од. / Мулан	9,3±0,16	9,0	10,0	3,5	ПНД
Знах. од. / Фіделіус	9,1±0,15	8,5	10,0	8,1	ПНД
Ласт. од. / Мулан	8,3±0,25	8,0	8,5	0,9	ЧПД
Ласт. од. / Фіделіус	8,5±0,20	7,5	10,0	2,3	ПНД
західноєвропейський екотип / степовий екотип					
Фіделіус / Знах. од.	8,6±0,23	8,0	10,0	5,1	ПНД
Фіделіус / Ласт. од.	9,2±0,12	9,0	9,5	4,0	ПНД
західноєвропейський екотип / західноєвропейський екотип					
Мулан / Фіделіус	8,5±0,13	8,0	9,0	1,9	ПНД
Фіделіус / Мулан	8,7±0,13	8,0	9,0	2,6	ПНД

Таблиця 3

Довжина головного колоса і ступінь фенотипового домінування в реципрокних гібридів, отриманих залученням до гібридизації лісостепового і степового екотипів, 2023 р.

Комбінація схрещування та батьківські форми	2023 р.				
	$\bar{X} \pm S \bar{X}$, см	Lim, см		hp	Тип успадкування
		min	max		
лісостеповий екотип / лісостеповий екотип					
♀ Зор. бц.	7,8±0,10	7,0	8,5	-	-
Зор. бц. / Кв. полів	8,9±0,18	8,5	10,0	0,4	ПУ
♂ Кв. полів	9,4±0,12	8,5	10,5	-	-
Кв. полів / Зор. бц.	8,7±0,20	8,0	10,0	0,1	ПУ
лісостеповий екотип / степовий екотип					
Зор. бц. / Ласт. од.	8,7±0,15	8,0	9,0	1,0	ЧПД
♂ Ласт. од.	8,8±0,14	8,0	10,0	-	-
Кв. полів / Ласт. од.	10,1±0,27	9,5	11,5	2,0	ПНД
Зор. бц. / Знах. од.	8,3±0,16	8,0	9,0	-0,4	ПУ
♂ Знах. од.	9,3±0,14	8,0	10,5	-	-
Кв. полів / Знах. од.	9,1±0,14	9,0	10,0	-5,0	ВНД
степовий екотип / лісостеповий екотип					
Ласт. од. / Зор. бц.	9,4±0,22	8,5	10,0	15,0	ПНД
Ласт. од. / Кв. полів	10,2±0,24	9,0	11,5	2,1	ПНД
Знах. од. / Зор. бц.	8,1±0,29	7,5	9,0	-0,7	ЧВУ
Знах. од. / Кв. полів	9,4±0,32	8,0	11,0	1,0	ЧПД
степовий екотип / степовий екотип					
Знах. од. / Ласт. од.	8,8±0,33	7,5	8,5	0,2	ПУ
Ласт. од. / Знах. од.	9,2±0,15	9,0	10,0	0,8	ЧПД

Довжина головного колоса гібридів за схрещування сортів лісостепового, степового і західноєвропейського екотипів була сформована у 2023 р. в межах від 8,0 см (♀ Зорепад білоцерківський / ♂ Фіделіус) до 11,4 см (♀ Мулан / ♂ Знахідка одеська). Перевищення над батьківськими формами встановили у 13 з 18 гібридів, серед яких виділились: ♀ Мулан / ♂ Зорепад білоцерківський (10,0 см) (західноєвропейський екотип / лісостеповий); ♀ Знахідка одеська / ♂ Фіделіус (10,2 см), ♀ Знахідка одеська / ♂ Мулан, ♀ Ластівка одеська / ♂ Мулан – 10,4 см (степовий екотип / західноєвропейський); ♀ Мулан / ♂ Знахідка одеська (11,4 см) – західноєвропейський екотип / степовий (табл. 4).

За ступеня фенотипового домінування ($hp = -0,7-22,0$) у 13 гібридів успадкування довжини головного колоса відбувалось за позитивним наддомінуванням, ♀ Мулан / ♂ Фіделіус – частковим позитивним домінуванням, ♀ Зорепад білоцерківський / ♂ Фіделіус, ♀ Квітка полів / ♂ Фіделіус, ♀ Фіделіус / ♂ Мулан – проміжним успадкуванням і ♀ Фіделіус / ♂ Квітка полів – частковим від'ємним успадкуванням.

При схрещуванні сортів лісостепового, степового і західноєвропейського екотипів вплив материнської цитоплазми на формування довжини головного колоса визначили у комбінації схрещування: ♀ Мулан / ♂ Зорепад білоцерківський, ♀ Фіделіус / ♂ Зорепад білоцерківський, ♀ Мулан / ♂ Фіделіус (2022–2023 рр.); ♀ Фіделіус / ♂ Квітка полів, ♀ Фіделіус / ♂ Знахідка одеська, ♀ Фіделіус / ♂ Ластівка одеська – 2022 р.; ♀ Квітка полів / ♂ Мулан, ♀ Квітка полів / ♂ Фіделіус,

♀ Знахідка одеська / ♂ Мулан, ♀ Знахідка одеська / ♂ Фіделіус, ♀ Ластівка одеська / ♂ Фіделіус, ♀ Мулан / ♂ Ластівка одеська – 2023 р.

У 2022–2023 рр. при залученні до схрещування лісостепового і степового екотипів успадкування довжини головного колоса за позитивним наддомінуванням визначили за реципрокних схрещувань Ластівка одеська ↔ Квітка полів і в комбінації ♀ Ластівка одеська / ♂ Зорепад білоцерківський. Проміжне успадкування встановили в ♀ Зорепад білоцерківський / ♀ Квітка полів. За гібридизації сортів лісостепового, степового і західноєвропейського екотипів позитивне наддомінування встановили у ♀ Квітка полів / ♂ Мулан, ♀ Мулан / ♂ Зорепад білоцерківський, ♀ Фіделіус / ♂ Зорепад білоцерківський, ♀ Знахідка одеська / ♂ Мулан, Знахідка одеська ↔ Фіделіус і ♀ Ластівка одеська / ♂ Фіделіус.

Висновки. Успадкування довжини головного колоса пшениці м'якої озимої за реципрокних схрещувань лісостепового, степового і західноєвропейського екотипів у більшості відбувалось за позитивним наддомінуванням. Показники ступеня фенотипового домінування довжини колоса F_1 , в роки досліджень, модифікувались як від комбінацій схрещування, так і умов року.

За більшою довжиною головного колоса (8,5–9,3 см) у 2022 р виділили: ♀ Квітка полів ↔ Фіделіус; Знахідка одеська ↔ Фіделіус; Ластівка одеська ↔ Фіделіус; Мулан ↔ Фіделіус; ♀ Знахідка одеська / ♂ Мулан, Квітка полів ↔ Ластівка одеська. У 2023 р. довжину колоса на рівні від 10,0 см до 11,4 см встановили в Знахідка одеська

Таблиця 4

Довжина головного колоса і ступінь фенотипового домінування в реципрокних гібридів, отриманих залученням до гібридизації лісостепового, степового і західноєвропейського екотипів, 2023 р.

Комбінація схрещування та батьківські форми	2023 р.				
	$\bar{X} \pm S \bar{X}$, см	Lim, см		hp	Тип успадкування
		min	max		
лісостеповий екотип / західноєвропейський екотип					
Зор. бц. / Мулан	9,4±0,19	9,0	10,0	1,7	ПНД
♂ Мулан	9,2±0,12	8,0	10,0	-	
Зор. бц. / Фіделіус	8,0±0,20	7,5	8,5	-0,5	ПУ
♂ Фіделіус	8,1±0,14	7,0	9,0	-	
Кв. полів / Мулан	9,8±0,28	9,0	11,0	3,0	ПНД
Кв. полів / Фіделіус	8,6±0,24	8,0	9,0	-0,3	ПУ
західноєвропейський екотип / лісостеповий екотип					
Мулан / Зор. бц.	10,0±0,22	9,5	11,0	2,7	ПНД
Фіделіус / Зор. бц.	9,3±0,21	8,5	10,0	6,0	ПНД
Мулан / Кв. полів	9,9±0,23	9,0	11,0	3,5	ПНД
Фіделіус / Кв. полів	9,2±0,08	9,0	9,5	-0,7	ЧВУ
степовий екотип / західноєвропейський екотип					
Знах. од. / Мулан	10,4±0,20	10,0	11,0	12,0	ПНД
Знах. од. / Фіделіус	10,2±0,13	10,0	11,0	2,8	ПНД
Ласт. од. / Мулан	10,4±0,30	9,5	11,5	3,8	ПНД
Ласт. од. / Фіделіус	9,3±0,25	9,0	10,0	11,0	ПНД
західноєвропейський екотип / степовий екотип					
Мулан / Знах. од.	11,4±0,20	11,0	12,0	22,0	ПНД
Фіделіус / Знах. од.	9,7±0,29	9,0	11,0	1,8	ПНД
Мулан / Ласт. од.	9,9±0,24	9,0	11,0	2,8	ПНД
Фіделіус / Ласт. од.	9,2±0,13	9,0	10,0	9,0	ПНД
західноєвропейський екотип / західноєвропейський екотип					
Мулан / Фіделіус	8,9±0,09	8,5	9,0	0,7	ЧПД
Фіделіус / Мулан	8,6±0,18	8,0	9,5	-0,3	ПУ

↔ Мулан (10,4; 11,4 см), ♀ Ластівка одеська / ♂ Мулан (10,4 см), ♀ Знахідка одеська / ♂ Фіделіус (10,2 см), Квітка полів ↔ Ластівка одеська (10,1 см; 10,2 см), ♀ Мулан / ♂ Зорепад білоцерківський (10,0 см).

У 2022–2023 рр. успадкування довжини головного колоса за позитивним наддомінуванням визначили за реципрокних схрещувань Квітка полів ↔ Ластівка одеська, Знахідка одеська ↔ Фіделіус і в комбінації ♀ Ластівка одеська / ♂ Зорепад білоцерківський, ♀ Квітка полів / ♂ Мулан, ♀ Мулан / ♂ Зорепад білоцерківський, ♀ Фіделіус / ♂ Зорепад білоцерківський, ♀ Знахідка одеська / Мулан, ♀ Ластівка одеська / ♂ Фіделіус. В комбінації ♀ Зорепад білоцерківський / ♂ Квітка полів – проміжним успадкуванням.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- 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.
- Самойлик М. О., Устинова Г. Л., Лозінський М. В., та ін. Оцінка врожайних та адаптивних властивостей нових сортів пшениці м'якої озимої. *Вісник аграрної науки*. 2023. № 2(839). С. 34–42.
- Уліч Л. І., Лісікова В. М. Сорти пшениці озимої для інтенсивних технологій. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2006. № 3. С. 103–108.
- Чугрій Г. А. Адаптивні властивості сорту як фактор підвищення валового збору зерна пшениці озимої. *Зернові культури*. 2021. Т. 5. № 1. С. 99–105.
- Вінюков О. О., Бондарева О. Б. Особливості реалізації потенціалу продуктивності сортів пшениці озимої в агрокліматичних умовах Донецької області. *Таврійський науковий вісник*. 2018. № 102. С. 9–14.
- Жемела Г. П., Бараболя О. В., Татарко Ю. В., Антоновський О. В. Вплив сортових особливостей на якість зерна пшениці озимої. *Вісник ПДАА*. 2020. № 3. С. 32–39.
- Москалець Т. З. Прояв стабільності та пластичності генотипів пшениці м'якої озимої в умовах лісостепового екотопу. *Вісник Українського товариства генетиків і селекціонерів*. 2015. Т. 13. № 1. С. 51–55.
- Herman J., Sultan S. Adaptive transgenerational plasticity in plants: Case studies, mechanisms, and implications for natural populations. *Front Plant Sci*. 2011. № 102. Р. 1–10.
- Базалій В. В., Бабенко С. М., Лавриненко Ю. О., Плоткін С. Я., Бойчук І. В. Селекційна цінність нових сортів озимої пшениці сербської селекції за параметрами адаптивності врожайності зерна при різних

- умовах вирощування. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2010. Т. 8. С. 94–98.
10. Лифенко С. П., Єриняк М. І., Наконечний М. Ю. Методи та результати селекції високоінтенсивних сортів пшениці м'якої озимої в умовах Півдня України. Збірник наукових праць Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення. 2016. Вип. 27(67). С. 23–35.
 11. Литвиненко М. А. Створення сортів пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.), адаптованих до змін клімату на Півдні України. Збірник наукових праць Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення. 2016. Вип. 27(67). С. 36–53.
 12. M. Lozinskiy 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, no. 11. P. 28–37. DOI: 10.48077/scihor.24(11).2021.28–37.
 13. Shcherbakova Y. U. Inheritance of economically valuable characteristics in intervarious hybrids of wheat in soft winter under forest steppe. *Norwegian Journal of Development of the International Science*. 2021. № 55 (2). P. 16–20.
 14. Мазур О. В., Мазур О. В., Лозінський М. В. Селекція та насінництво польових культур: навч. посіб. Вінниця: ТВОРИ, 2020. 348 с.
 15. Лозінський М. В. Успадкування довжини стебла і міжвузлів пшениці м'якої озимої в F_1 та розщеплення у F_2 за гібридизації різних екотипів. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2016. Вип. 9 (32). С. 186–191.
 16. Лозінський М. В., Устинова Г. Л. Успадкування в F_1 і трансгресивна мінливість в F_2 довжини головного колосу за схрещування різних за скоростиглістю сортів пшениці м'якої озимої. *Агробіологія*. 2020. Вип. 2. С. 70–78. DOI: 10.33245/2310-9270-2020-161-2-70-78
 17. Васильківський С. П., Івко Ю. О. Ефект гетерозису та ступінь фенотипового домінування у гібридів F_1 ріпаку озимого. *Агробіологія*. 2013. Вип. 10(100). С. 5–10.
 18. Литвиненко М. А. Реалізація потенціалу пшеничного поля. *Насінництво*. 2011. № 6. С. 1–7.
 19. Криворученко Р. В. Структурно-функціональна організація системи донорно-акцепторних відносин у генотипів пшениці різного походження. *Вісник ХНАУ*. 2013. № 2(29). С. 72–82.
 20. Diordiieva I., Riabovol I., & Riabovol, L. Triticale breeding improvement by the intraspecific and remote hybridization. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. 10(4). С. 67–71. doi: 10.15421/2020_169
 21. 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.
 22. Литвиненко М. А. Реалізація потенціалу пшеничного поля. *Насінництво*. 2011. № 6. С. 1–7.
 23. Базалій В. В. Принципи адаптивної селекції озимої пшениці в Південному Степу. Херсон: Айлант, 2004. – 243 с.
 24. Lozinskiy M. et al. Evaluation of selected soft winter wheat lines for main ear grain weight. *Agronomy Research*. 2021. № 19(2). P. 540–551. DOI: <https://doi.org/10.15159/AR.21.071>
 25. Орлюк А. П. Генетика пшениці з основами селекції. Херсон, 2012. 436 с.
 26. Балан М. В., Присяжнюк О. І., Балагура О. В., Карпук Л. М. Рослинництво основних культур: монографія. Вінниця, ТОВ «ТВОРИ», 2018. 384 с.
 27. Ткачик С. О., Лещук Н. В., Присяжнюк О. І. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина. Український інститут експертизи сортів рослин. 4-те вид. Вінниця, 2016. – 120 с.
 28. Griffing B. Analysis of quantitative gene-action by constant parent regression and related techniques. *Genetics*. 1950. № 35. P. 303–321.
 29. Beil G. M., Atkins R. E. Inheritance of quantitative characters in grain sorghum. *Iowa State Journal*. 1965. № 39. P. 3.

REFERENCES:

1. Burdeniuk-Tarasevych L. A., Lozinskiy M. V. (2015). Pryntsypy pidboru par dlia hibrydyzatsii v selektsii ozymoi pshenytsi *T. aestivum* L. na adaptyvnyshch do umov dovkillia. [Principles of selection of pairs for hybridization in the selection of winter wheat *T. aestivum* L. for adaptability to environmental conditions]. *Factors of experimental evolution of organisms*. 16. 92–96. [in Ukrainian].
2. Samoilik, M. O., Ustynova, H. L., Lozinskiy, M. V., ta in. (2023). Otsinka vrozhaivnykh ta adaptyvnykh vlastyvostei novykh sortiv pshenytsi miakoi ozymoi. [Evaluation of yield and adaptive properties of new varieties of soft winter wheat]. *Herald of Agrarian Science*. 2(839). 34–42. [in Ukrainian].
3. Ulich, L. I., Lisikova, V. M. (2006). Sorty pshenytsi ozymoi dlia intensyvnykh tekhnolohii. [Varieties of winter wheat for intensive technologies]. *Varietal research and protection of rights to plant varieties*. 3. 103–108. [in Ukrainian].
4. Chuhrii, H. A. (2021). Adaptivni vlastyvosti sortu yak faktor pidvyshchennia valovoho zboru zerna pshenytsi ozymoi. [Adaptive properties of the variety as a factor in increasing the gross grain yield of winter wheat]. *Cereal crops*. 5(1). 99–105. [in Ukrainian].
5. Viniukov. O. O., Bondareva, O. B. (2018). Osoblyvosti realizatsii potentsialu produktyvnosti sortiv pshenytsi ozymoi v ahroklimatychnykh umovakh Donetskoi oblasti. [Peculiarities of realization of the productivity potential of winter wheat varieties in the agro-climatic conditions of the Donetsk region]. *Taurian Scientific Bulletin*. 102. 9–14. [in Ukrainian].
6. Zhemela, H. P., Barabolia, O. V., Tatarko, Y. V., Antonovskiy, O. V. (2020). Vplyv sortovykh osoblyvostei na yakist zerna pshenytsi ozymoi. [Influence of varietal characteristics on the quality of winter wheat grain]. *PDAA Bulletin*. 3. 32–39. [in Ukrainian].
7. Moskalets, T. Z. (2015). Proiav stabilnosti ta plastychnosti henotypiv pshenytsi miakoi ozymoi v umovakh lisostepovoho ekotopu. [Manifestation of stability and plasticity of soft winter wheat genotypes in the conditions of the forest-steppe ecotope]. *Bulletin of the Ukrainian Society of Geneticists and Breeders*. 13.1. 51–55. [in Ukrainian].
8. Herman, J., Sultan, S. (2011). Adaptive transgenerational plasticity in plants: Case studies, mechanisms, and implications for natural populations. *Front Plant Sci*. 102. 1–10.

9. Bazalii, V. V., Babenko, S. M., Lavrynenko, Y. O., Plotkin, S. Y., Boichuk, I. V. (2010). Seleksiina tsinnist novykh sortiv ozymoi pshenytsi serbskoi seleksii za parametry adaptivnosti vrozhaivnosti zerna pry riznykh umovakh vyroshchuvannia. [Breeding value of new varieties of winter wheat of Serbian selection according to parameters of adaptability of grain yield under different growing conditions. Factors of experimental evolution of organisms]. 8. 94–98. [in Ukrainian].
 10. Lyfenko, S. P., Yeryniak, M. I., Nakonechnyi, M. Y. (2016). Metody ta rezultaty seleksii vysokointensyvnykh sortiv pshenytsi miakoi ozymoi v umovakh Pivdnia Ukrainy. [Methods and results of selection of high-intensity varieties of soft winter wheat in the conditions of Southern Ukraine]. *Collection of scientific works of the Breeding and Genetic Institute – National Center for Seed Science and Varietal Research*. 27(67). 23–35. [in Ukrainian].
 11. Lytvynenko, M. A. (2016). Stvorennia sortiv pshe-nytsi miakoi ozymoi (*Triticum aestivum* L.), adaptovanykh do zmin klimatu na Pivdni Ukrainy. [Creation of varieties of soft winter wheat (*Triticum aestivum* L.) adapted to climate changes in the South of Ukraine]. *Collection of scientific works of the Breeding and Genetics Institute – National Center for Seed Science and Varietal Research*. 27(67). 36–53. [in Ukrainian].
 12. 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. [in Ukrainian].
 13. Shcherbakova, Y. U. (2021). Inheritance of economically valuable characteristics in intervarious hybrids of wheat in soft winter under forest steppe. *Norwegian Journal of Development of the International Science*. 55 (2). 16–20.
 14. Mazur, O. V., Mazur, O. V., Lozinskyi, M. V. (2020). Seleksiia ta nasinnystvo polovykh kultur. [Selection and seed production of field crops]. *TVORY*. 348. [in Ukrainian].
 15. Lozinskyi, M. V. (2016). Uspadkuvannia dovzhyny stebli i mizhvuzliv pshenytsi miakoi ozymoi v F_1 ta rozshchepлення u F_2 za hibrydzatsii riznykh ekotypiv. [Inheritance of stem length and internodes of soft winter wheat in F_1 and splitting in F_2 by hybridization of different ecotypes]. *Bulletin of the Sumy National Agrarian University*. 9(32). 186–191. [in Ukrainian].
 16. Lozinskyi, M. V., Ustynova, H. L. (2020). Uspadkuvannia v F_1 i transhresyva minlyvist v F_2 dovzhyny holovnoho kolosu za skhreshchuvannia riznykh za skorostyhlishti sortiv pshenytsi miakoi ozymoi. [Inheritance in F_1 and transgressive variability in F_2 of the length of the main spike in crosses of varieties of soft winter wheat with different precocity]. *Agrobiology*. 2. 70–78. DOI: 10.33245/2310-9270-2020-161- 2-70-78. [in Ukrainian].
 17. Vasylykivskyi, S. P., Ivko, Y. O. (2013). Efekt heterozyosu ta stupin fenotypovoho dominuvannia u hibrydiv F_1 ripaku ozymoho. [Effect of heterosis and degree of phenotypic dominance in F_1 hybrids of winter rapeseed]. *Agrobiology*. 10(100). 5–10.
 18. Lytvynenko, M. A. (2011). Realizatsiia potentsialu pshenychnoho polia. [Realization of the potential of a wheat field]. *Seed production*. 6. 1–7. [in Ukrainian].
 19. Kryvoruchenko, R. V. (2013). Strukturno-funktsionalna orhanizatsiia systemy donorno-aktseptornykh vidnosyn u henotypiv pshenytsi riznoho pokhodzhennia. [Structural and functional organization of the system of donor-acceptor relations in wheat genotypes of different origins]. *KhNAU Bulletin*. 2(29). 72–82. [in Ukrainian].
 20. Diordiieva, I., Riabovol, I., & Riabovol, L. (2020). Triticale breeding improvement by the intraspecific and remote hybridization. *Ukrainian Journal of Ecology*. 10(4). 67–71. doi: 10.15421/2020_169. [in Ukrainian].
 21. 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].
 22. Lytvynenko, M. A. (2011). Realizatsiia potentsialu pshenychnoho polia. [Realization of the potential of a wheat field]. *Seed production*. 6. 1–7. [in Ukrainian].
 23. Bazalii, V. V. (2004). Pryntsypy adaptivnoi selektsii ozymoi pshenytsi v Pivdennomu Stepu. [Principles of adaptive selection of winter wheat in the Southern Steppe]. Kherson: *Ailant*. 243. [in Ukrainian].
 24. Lozinskyi, M., Burdenyuk-Tarasevych, L., Grabovskiy, M., Lozinska, T., Sabadyn, V., Sidorova, I., Panchenko, T., Fedoruk, Y., Kumanska, Y. (2021). Evaluation of selected soft winter wheat lines for main ear grain weight. *Agronomy Research*. 19(2). 540–551. DOI: <https://doi.org/10.15159/AR.21.071>. [in Ukrainian].
 25. Orliuk, A. P. (2012). Henetyka pshenytsi z osnovamy seleksii. [Genetics of wheat with the basics of selection]. Kherson. 436. [in Ukrainian].
 26. Balan, M. V., Prysiashniuk, O. I., Balahura, O. V., Karpuk L. M. (2018). Roslynnytstvo osnovnykh kultur. [Crop production of major crops: monograph]. *TVORY LLC*. Vinnytsia. 384. [in Ukrainian].
 27. Tkachyk, S. O., Leshchuk, N. V., Prysiashniuk, O. I. (2016). Metodyka provedennia kvalifikatsiinoi ekspertyzy sortiv roslin na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. [Methodology of qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine]. *Ukrainian Institute of Expertise of Plant Varieties*. 4. 120. [in Ukrainian].
 28. Griffing, B. (1950). Analysis of quantitative gene-action by constant parent regression and related techniques. *Genetics*. 35. 303–321.
 29. Beil, G. M., Atkins, R. E. (1965). Inheritance of quantitative characters in grain sorghum. *Iowa State Journal*. 39. 3.
- Самойлик М.О., Лозинський М.В. Успадкування довжини головного колоса гібридами пшениці м'якої озимої, отриманих за схрещування різних екотипів**
- Мета** досліджень – встановлення формування довжини головного колоса в батьківських форм і гібридів першого покоління для визначення ступеня фенотипового домінування та типу успадкування в F_1 за реципрокних схрещувань сортів пшениці м'якої озимої лісо-степового і західноєвропейського екотипів.
- Методи.** В умовах дослідного поля науково-виробничого центру Білоцерківського НАУ в 2022–2023 рр. досліджували гібридні комбінації, створені гібридизацією сортів: Зорепад білоцерківський (Зор. бц.), Квітка полів (Кв. полів) – лісостеповий екотип; Ластівка одеська (Ласт. од.), Знахідка одеська (Знах. од.) – степовий екотип; Мулан, Фіделіус – західноєвропейський екотип.
- Насіння F_1 висівали ручною сівалкою за схемою: ♀ материнська форма – F_1 – ♂ чоловіча форма. Біометричний аналіз досліджуваного селекційного матеріалу проводили за середнім зразком 25 рослин у триразовій повторності. Ступінь фенотипового домінування

(hp) довжини головного колоса у гібридів визначали за формулою В. Griffing. Дані групували за класифікацією G. M. Beil, R. E. Atkins.

Результати. Впродовж двох років у реципрокних гібридів Квітка полів ↔ Ластівка одеська, Знахідка одеська ↔ Фіделіус і комбінацій ♀ Ластівка одеська / ♂ Зорепад білоцерківський, ♀ Квітка полів / ♂ Мулан, ♀ Мулан / ♂ Зорепад білоцерківський, ♀ Фіделіус / ♂ Зорепад білоцерківський, ♀ Знахідка одеська / Мулан, ♀ Ластівка одеська / ♂ Фіделіус довжина головного колоса успадковувалась за позитивним наддомінуванням. В комбінації ♀ Зорепад білоцерківський / ♂ Квітка полів – проміжним успадкуванням. В інших гібридів змінювались як показники ступеня фенотипового домінування, так і тип успадкування.

Висновки. 1. Успадкування довжини головного колоса пшениці м'якої озимої за реципрокних схрещувань лісостепоного, степового і західноєвропейського екотипів у більшості відбувалося за позитивним наддомінуванням. Показники ступеню фенотипового домінування довжини колоса F_1 , в роки досліджень, модифікувались як від комбінацій схрещування, так і умов року.

2. За більшою довжиною головного колоса (8,5–9,3 см) у 2022 р виділили: ♀ Квітка полів ↔ Фіделіус; Знахідка одеська ↔ Фіделіус; Ластівка одеська ↔ Фіделіус; Мулан ↔ Фіделіус; ♀ Знахідка одеська / ♂ Мулан і Квітка полів ↔ Ластівка одеська. У 2023 р.: Знахідка одеська ↔ Мулан (10,4; 11,4 см); ♀ Ластівка одеська / ♂ Мулан (10,4 см); ♀ Знахідка одеська / ♂ Фіделіус (10,2 см); Квітка полів ↔ Ластівка одеська (10,1 см; 10,2 см); ♀ Мулан / ♂ Зорепад білоцерківський (10,0 см) – 2023 р.

3. У 2022–2023 рр. успадкування довжини головного колоса за позитивним наддомінуванням визначили за реципрокних схрещувань Квітка полів ↔ Ластівка одеська, Знахідка одеська ↔ Фіделіус і в комбінації ♀ Ластівка одеська / ♂ Зорепад білоцерківський, ♀ Квітка полів / ♂ Мулан, ♀ Мулан / ♂ Зорепад білоцерківський, ♀ Фіделіус / ♂ Зорепад білоцерківський, ♀ Знахідка одеська / ♂ Мулан, ♀ Ластівка одеська / ♂ Фіделіус.

Ключові слова: комбінація схрещування, батьківські форми, гібриди, ступінь домінування, тип успадкування, довжина головного колоса.

Samoiylk M.O., Lozinskyi M.V. Inheritance of the length of the principal ear in soft winter wheat hybrids obtained by crossing different ecotypes

The purpose of the research is to establish the formation of the length of the main spike in parent forms and the first generation hybrids to determine the degree of the phenotypic dominance and the type of the inheritance in F_1 under the reciprocal crosses of wheat varieties of soft winter forest-steppe, steppe and western european ecotypes.

Methods. In the conditions of the experimental field of the research and production center Bila Tserkva National Agrarian University in 2022–2023 investigated the hybrid combinations, created by the hybridization of varieties: Zorepad bilotserkivskiyi (Zor. bc.), Kvitka poliv (Kv. poliv) – forest-steppe ecotype; Lastivka odes'ka (Last. Unit.), Znahidka odes'ka (Znah. unit.) – steppe ecotype; Mulan, Fidelius – western european ecotype.

The seeds of the F_1 were sown by a hand seeder according to the scheme: ♀ maternal form – F_1 – ♂ male form. The biometric analysis of the studied selection material carried out on an average sample of 25 plants in the triplicate. The degree of the phenotypic dominance (hp) of the main spike's length in hybrids was determined according to the formula B. Griffing. The data was grouped according to classification G. M. Beil, R. E. Atkins.

Results. Within two years in the reciprocal hybrids Kvitka poliv ↔ Lastivka odes'ka, Znahidka odes'ka ↔ Fidelius and combinations ♀ Lastivka odes'ka / ♂ Zorepad bilotserkivskiyi, ♀ Kvitka poliv / ♂ Mulan, ♀ Mulan / ♂ Zorepad bilotserkivskiyi, ♀ Fidelius / ♂ Zorepad bilotserkivskiyi, ♀ Znahidka odes'ka / ♂ Mulan, ♀ Lastivka odes'ka / ♂ Fidelius the main spike's length was inherited by positive superdomination. The combination of ♀ Zorepad bilotserkivskiyi / ♂ Kvitka poliv – an intermediate inheritance. The other hybrids varied as indicators of the degree of the phenotypic dominance, and the type of inheritance.

Conclusions. 1. The inheritance of the main spike's length of the soft winter wheat with reciprocal crosses of forest-steppe, steppe and western european ecotypes the majority followed by positive overdomination. The indicators of the degree of phenotypic dominance of the spike's F_1 length, in years of research, modified both in the combinations of crossing, and so the conditions of the year.

2. For the longer main spike's length (8.5-9.3 cm) in 2022, they identified: ♀ Kvitka poliv ↔ Fidelius; Znahidka odes'ka ↔ Fidelius; Lastivka odes'ka ↔ Fidelius; Mulan ↔ Fidelius; ♀ Znahidka odes'ka / ♂ Mulan and Kvitka poliv ↔ Lastivka odes'ka. In 2023: Znahidka odes'ka ↔ Mulan (10.4; 11.4 cm); ♀ Lastivka odes'ka / ♂ Mulan (10.4 cm); ♀ Znahidka odes'ka / ♂ Fidelius (10.2 cm); Kvitka poliv ↔ Lastivka odes'ka (10.1 cm; 10.2 cm); ♀ Mulan / ♂ Zorepad bilotserkivskiyi (10.0 cm) – 2023.

3. In 2022–2023 the inheritance of the main spike's length by positive superdomination determined by the reciprocal crosses Kvitka poliv ↔ Lastivka odes'ka, Znahidka odes'ka ↔ Fidelius and in combinations of ♀ Lastivka odes'ka / ♂ Zorepad bilotserkivskiyi, ♀ Kvitka poliv / ♂ Mulan, ♀ Mulan / ♂ Zorepad bilotserkivskiyi, ♀ Fidelius / ♂ Zorepad bilotserkivskiyi, ♀ Znahidka odes'ka / ♂ Mulan, ♀ Lastivka odes'ka / ♂ Fidelius.

Key words: combination of crossing, parental forms, hybrids, degree dominance, type of inheritance, the main spike's length.

КОВАЛЕНКУ АНАТОЛІЮ МИХАЙЛОВИЧУ – 75



19 жовтня 2023 року виповнилося 75 років відомому вченому аграрію у галузі неполивного, зрошуваного та органічного землеробства, кандидату сільськогосподарських наук, старшому науковому співробітнику, провідному науковому співробітнику відділу кліматично орієнтованих агротехнологій Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН Коваленку Анатолію Михайловичу.

Анатолій Михайлович після закінчення агрономічного факультету Харківського сільськогосподарського інституту ім. В.В. Докучаєва у 1972 році був прийнятий на роботу в лабораторію сівозмін Інституту зрошуваного землеробства УААН на посаду молодшого, а в 1977 році старшого наукового співробітника. З 1999 року він обіймав посади завідувача лабораторії неполивного землеробства, завідувача відділу агро-

бації та розробок, завідувача лабораторії неполивного землеробства та землекористування. З 2018 року – провідний науковий співробітник відділу агротехнологій і неполивного землеробства Інституту зрошуваного землеробства НААН, а з 2022 року – провідний науковий співробітник відділу кліматично орієнтованих агротехнологій Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН.

У 1977 р. Анатолію Михайловичу отримав диплом кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.01.02 «Сільськогосподарські меліорації», а в 1984 р. йому присвоєно вчене звання старший науковий співробітник за спеціальністю 06.01.02 «Сільськогосподарські меліорації».

У коло наукових інтересів А.М. Коваленко входить розробка структури посівних площ та інтенсивних сівозмін короткої ротації на зрошуваних і неполивних землях, оптимізація систем основного обробітку ґрунту, його мінімалізації та застосування No-till, інноваційних ресурсозберігаючих екологічно безпечних технологій вирощування основних зернових, зернобобових і технічних культур на неполивних землях півдня України за умов зміни клімату, розробка та удосконалення біологічних основ продукційних процесів зернових, зернобобових і круп'яних культур в умовах нестійкого зволоження півдня України при застосуванні біологічних препаратів в системі органічного землеробства. Сумісно з Херсонським національним технічним університетом згідно Державної науково технічної програми розроблена технологія вирощування конопель з якістю стебел, придатних для виробництва целюлозовмісних матеріалів, та визначені основні параметри одержання целюлози.

Результати наукових досліджень опубліковані в більш ніж 500 наукових працях, в тому числі в 26 монографіях, 17 авторських свідоцтва і патентів та понад 20 рекомендацій виробництву.



Коваленко А.М. користується заслуженим авторитетом серед науковців і спеціалістів агропромислового виробництва. Анатолій Михайлович приймає активну участь у підготовці та атестації наукових кадрів. За його керівництва підготовлено до захисту 4 кандидати сільськогосподарських наук.

За сумлінну багаторічну працю Анатолій Михайлович отримував подяки та почесні грамоти від дирекції Інституту, від Головного управління агропромислового розвитку Херсонської ОДА, обласної державної адмі-

ністрації, Південного наукового центру НАН України та Президії Національної академії аграрних наук.

За багаторічну і сумлінну наукову працю та з нагоди 75 річчя Коваленко Анатолій Михайлович нагороджений Почесною Відзнакою Національної академії аграрних наук України.

Колектив Інституту від щирого серця вітає Анатолія Михайловича з ювілеєм, бажає міцного здоров'я, щастя, невичерпної життєвої енергії, нових звершень у науковій сфері та мирного неба!!!

85 РОКІВ З ДНЯ НАРОДЖЕННЯ НЕТІСА ІВАНА ТИМОФІЙОВИЧА

Серед відомих діячів Української агрономічної науки чільне місце займає вчений у галузі рослинництва, неполивного і зрошуваного землеробства, доктор сільськогосподарських наук, Заслужений діяч науки і техніки України Нетіс Іван Тимофійович.

Народився він 5 листопада 1938 року в селі Устинівка, Устинівського району Кіровоградської області.

У 1972 році прийшов працювати в Український науково-дослідний інститут зрошуваного землеробства (м. Херсон), спочатку старшим науковим співробітником, а з 1976 року 25 років працював завідувачем лабораторії зернових і зернобобових культур. Всього в інституті він пропрацював більше 40 років.

На всіх посадах, які займав І.Т. Нетіс проявились його талант ученого й організаторські здібності. При цьому він не був організатором науки, він учений, який все своє наукове життя проводив дослідження і робив це досконало.

Вся його трудова і наукова діяльність спрямована на дослідження проблемних питань ведення землеробства в умовах недостатнього зволоження, посух і суховіїв, які завдають великої шкоди сільському господарству півдня України. З цих питань він у 2008 році видав монографію «Посухи та їх вплив на посіви озимої пшениці». Глибоко дослідив вплив посух, високих температур і суховіїв на посіви цієї культури та її продуктивність і запропонував заходи боротьби з цими явищами передусім розвиток зрошуваного землеробства, способи накопичення вологи в ґрунті та ефективне її використання, відновлення наявних та насадження нових полезахисних лісосмуг, нові способи обробітку ґрунту, технології вирощування культур адаптовані до посушливих умов тощо.

Свою багаторічну наукову працю Іван Тимофійович присвятив головній зерновій культурі України – пшениці озимій. На цьому шляху, завдяки розуму і наполегливості, досяг значних успіхів, отримав визнання в науковому світі. Він вніс великий вклад в удосконалення технології вирощування цієї культури на півдні України в умовах неполивного і зрошуваного землеробства. Провів глибокі дослідження з оптимізації всіх основних питань її вирощування: обробітку ґрунту, застосування мінеральних добрив і мікроелементів, строків і способів сівби та норм висіву, догляду за посівами, оптимізації режиму її зрошення, захисту рослин, збирання врожаю тощо. В багатофакторних дослідках вивчав комплексну дію і взаємодію різних факторів та їх вплив на врожай і якість зерна. Всі ці питання він досліджував також на пшениці твердій, яка раніше в умовах зрошення практично не вивчалась.

Глибоко досліджував біологію пшениці озимої: ріст і розвиток рослин, формування високопродуктивних посівів, кореневу систему, фізіологічні й біохімічні процеси, поглинання і використання сонячної енергії посівами, інтенсивність фотосинтезу і дихання рослин, споживання води та елементів живлення, зимостійкість рослин, вплив високих температур на продукційні процеси тощо. Велику увагу приділяв поліпшенню якості зерна, вивчив умови і розробив прийоми формування сильної і цінної пшениці.

Розробив ресурсозберігаючу технологію вирощування пшениці озимої яка дає можливість одержувати в умовах неполивного землеробства врожайність 5 т/га, при зрошенні – 7–8 т/га високоякісного зерна. З цих питань у 2004 році видав книгу «Озима пшениця в зоні Степу», яка стала настільною книгою для агрономів і керівників господарств.

Він одним із перших в Україні, ще в 1974 році, розпочав дослідження з ефективності визначення для пшениці доз мінеральних добрив урахуванням запасу поживних речовин у ґрунті та рівня запланованого врожаю, результати яких опублікував у журналі «Земледелие» № 9 за 1978 рік, де показав високу ефективність цього методу для визначення доз добрив на запланований урожай.

Він плідно працював над удосконаленням режиму зрошення пшениці, визначив роль та кращу глибину зволоження ґрунту при проведенні вологозарядкових поливів, оптимальну вологість ґрунту для рослин, дослідив методи визначення строків і норм вегетаційних поливів за метеорологічними показниками – передусім біофізичні та біокліматичні методи, ефективність поливів по фазах розвитку рослин, у порівнянні з визначенням строків поливів за вологістю ґрунту.

Іван Тимофійович першим в Україні ще в 1973 році розпочав дослідження з питань програмування врожаїв пшениці озимої на зрошуваних землях, де дози добрив, необхідна кількість води та інших ресурсів розраховувалась на врожай 60, 70 і 80 ц/га. В 1976 р. розробив тех-

нологію програмованого вирощування запланованого її врожаю, яка опублікована в журналі «Земледелие» № 9 за 1978 рік, № 10 за 1980 рік, «Вестник с.-х. науки» № 7 за 1985 рік та ряді рекомендацій. Основні положення цієї технології лежать в основі і сучасної технології вирощування пшениці.

Розробив математичні моделі основних продукційних процесів і одним з перших в Україні створив систему комп'ютерного забезпечення технології вирощування пшениці озимої з системою управління технологічними і продукційними процесами та програмами розрахунку доз добрив на запланований урожай, витрат вологи на посівах та визначення строків поливу культури, а також порад з питань технології вирощування, які виклав у докторській дисертації, яку захистив у 1998 році.

Іван Тимофійович багато уваги приділяв вивченню впливу погодного фактора на формування врожаю пшениці. Одним з перших в Україні дослідив і в 1994 році опублікував наукову працю в якій показав значні зміни клімату, що відбуваються в південному регіоні за останні 125 років – 1882–1991 рр. На підставі цих досліджень прийшов до висновку, що зміни клімату впливають на вологозабезпеченість рослин, температурний режим, строки сівби, норми висіву, режим живлення, тривалість вегетації і в кінцевому результаті на врожайність сільськогосподарських культур та якість продукції. Ще в 1994 році наголошував, що зміни клімату, які відбуваються, потрібно враховувати в сільському господарстві, науковій діяльності та інших сферах життя. Розробив і запропонував заходи адаптації системи землеробства південного регіону до змін клімату, які виклав у своїй монографії «Посухи та їх вплив на посіви озимої пшениці», 2008 р.

В результаті аналізу 42-річних даних по запасах доступної вологи в ґрунті на посівах пшениці після різних попередників установив, що в осінньо-зимовий період ґрунтом вбирається дуже мала кількість опадів. На посівах пшениці після кукурудзи на силос ґрунтом поглинається лише 42%, а на парах 20% від тих опадів, що випали. Решта води опадів – 58–80% втрачаються. Втрати води опадів настільки великі, що стають загрозливими для ведення землеробства в південному регіоні, особливо враховуючи потепління клімату.

Він зазначав, що основною причиною втрат великої кількості атмосферних опадів є те, що під впливом господарської діяльності погіршились агрофізичні властивості ґрунтів, збільшилась їх щільність, зменшилась здатність вбирати воду та пропускати її в нижні горизонти. Для збільшення забезпечення пшениці вологою і стримування висихання цієї території необхідно покращити агрофізичні властивості ґрунту, зменшити його щільність і більше накопичувати вологи опадів. Застерегає, що за існуючих великих втрат вологи опадів, подальше потепління клімату, може призвести до висихання наших степів. З цих питань у 2009 році видав книгу «Водний режим ґрунту на посівах озимої пшениці та його регулювання», та опублікував статтю в журналі «Пропозиція» № 8 за 2009 рік «Чи висохнуть наші степи?».

І.Т. Нетіс багато праць присвятив питанням агроекології, вивченню вегетації пшениці залежно від погодних

умов осені й весни, строків припинення осінньої і початку весняної вегетації та їхнього впливу на ріст і розвиток рослин, перезимівлю і пересіви посівів, урожай і якість зерна. Першим звернув увагу, всебічно дослідив і показав велику залежність стану розвитку посівів озимих культур та їхньої продуктивності від строку припинення осінньої вегетації. До нього цього ніхто не досліджував. Встановив, що строк припинення осінньої вегетації пшениці є фактором дестабілізації виробництва зерна. Раннє припинення вегетації сприяє зниженню, а пізнє – підвищенню врожаю і валового збору зерна пшениці озимої.

Іван Тимофійович значно розширив і поглибив наші знання про вплив погодних умов ранньої і пізньої весни на посіви пшениці та її врожайність. Виявив різну ефективність прийомів вирощування пшениці за ранньої і пізньої весни та залежно від цього запропонував диференційований догляд за її посівами, розробив способи прогнозування метеорологічної ситуації весняно-літнього періоду вегетації пшениці, напряду розвитку її посівів, валового збору зерна та його якості. З цих питань у 2004 році видав монографію «Характер осені й весни та посіви озимої пшениці».

Йому належить пріоритет вирішення проблеми вирощування пшениці озимої в роки з посушливою осінню. Він виявив, що причини низьких зборів зерна пшениці криються не тільки в сухій осені, але й недосконалості традиційної технології вирощування та не пристосованості її до осінньої посухи. Ці дослідження дозволили йому удосконалити існуючу технологію та адаптувати її до посухи. Ця технологія дає можливість навіть за умов осінньої посухи формувати високопродуктивні посіви.

І.Т. Нетіс брав участь у роботі багатьох міжнародних, республіканських та обласних наукових і науково-методичних конференцій, симпозіумів та світових конгресів по зрошенню. Багато виступав з лекціями на науково-практичних конференціях і семінарських заняттях спеціалістів і керівників сільського господарства південних областей України по вирощуванню пшениці озимої.

Багато уваги приділяв вихованню молодих учених, підготував три кандидати наук. Майже 30 років був членом редакційної колегії наукового збірника «Зрошуване землеробство». Багато років був членом вченої ради та методичної комісії Інституту.

І.Т. Нетіс опублікував 260 наукових праць, у т.ч. монографії: «Характер осені й весни та посіви озимої пшениці», «Посухи та їх вплив на посіви озимої пшениці», книги «Озима пшениця в зоні Степу», «Водний режим ґрунту на посівах озимої пшениці та його регулювання». Останньою і найбільш ґрунтовною його науковою працею з питань вирощування пшениці озимої є монографія «Пшениця озима на півдні України». Крім цього в співавторстві він видав 13 книг по пшениці озимій, два довідники, методику наукових досліджень, 55 методичних рекомендацій з питань вирощування пшениці та інших зернових культур.

За вагомі досягнення в трудовій і науковій діяльності йому в 2009 році було присвоєно почесне звання «Заслужений діяч науки і техніки України». У 2011 році

його ім'я було занесене в енциклопедію «Кращі люди України».

Його дослідження відзначаються високим науковим рівнем, актуальністю, новизною, глибиною проведення експериментів та мають велике наукове і практичне значення. Постійно прагнув новизни, шукав і знаходив нові ідеї, актуальні напрями досліджень.

Використовував нові методи досліджень, що дозволяло глибше вивчати сутність процесів і виявляти нові закономірності. В своїх дослідях він вивчав інтенсивність фотосинтезу рослин (поглинання CO_2), їх дихання, транспірацію, радіаційний баланс в посівах, поглинання фотосинтетично активної радіації (ФАР) посівами, використання ФАР, споживання води та елементів живлення рослинами, біохімічні процеси, вплив низьких і високих температур на продукційні процеси пшениці озимої за

різних умов вирощування та багато інших важливих показників, що показує глибину його досліджень.

Його наукові праці збагатили вітчизняну агрономію новими знаннями. Наукова спадщина І.Т. Нетіса входить до вітчизняного та світового надбання. Його наукові праці привертають увагу вчених багатьох країн світу. До нього звертались вчені з університетів США: Техаського, Оклахомського, Бостонського, Міннесота, з Копенгагенського університету (Данія), з університетів Ньюкастл і Йорського (Великобританія), з Інституту рослинництва (Прага), Польського Інституту акліматизації рослин, вислати копії окремих наукових праць.

Колектив нашого Інституту приєднується до теплих щирих слів на адресу Івана Тимофійовича та бажає йому міцного здоров'я на многі-многі літа, гарного настрою і щастя!

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

БАГАН А.В.	7, 126	ПАНФІЛОВА А.В.	176
БАЗАЛІЙ В.В.	146	ПЕДОС В.П.	93
БАРАБОЛЯ О.В.	12	ПЕТРЕНКО С.О.	118
БОГАТА І.В.	126	ПІЧУРА В.І.	146
БОРОВИК В.О.	154	ПОЛІЩУК В.В.	183
БОРОВИК С.О.	22	ПОЛІЩУК В.О.	70
БУЗИННИЙ М.В.	93	ПОТРАВКА Л.О.	146
БУНЯК Н.М.	138	РАДЧЕНКО М.В.	76
ВАЛЕНТЮК Н.О.	118	РЕЗНІЧЕНКО В.П.	81
ГОРДІЄНКО І.М.	132	РИБАЛЬЧЕНКО А.М.	88
ГРАБОВЕЦЬКА О.А.	118	РОДІОНОВ А.В.	118
ГРАБОВСЬКИЙ М.Б.	104	САБЛУК В.Т.	93
ГУБАРЄВ О.Д.	29	САМОЙЛИК М.О.	188
ГУЛЕНКО О.І.	170	СЕРДЮК А.Е.	88
ДОМАРАЦЬКИЙ Є.О.	146	СЄВІДОВ В.П.	99
ДРОБІТЬКО А.В.	146	СІЛЕНОК І.Д.	126
ЖУРАВЕЛЬ С.В.	70	СОКОЛОВСЬКА І.М.	57
ЗАПОЛЬСЬКА Н.М.	93	СТЕПАНЕНКО М.В.	104
ЗМІЄВСЬКИЙ О.В.	93	ТОМЧУК О.М.	110
ІЩЕНКО В.А.	29	ТУНИК Т.М.	81
КАЛАШНИК І.М.	132	ФЕДОРЧУК М.І.	64
КНИШ В.І.	35	ЦИЦЮРА Я.Г.	110
КОВАЛЬОВ М.М.	43	ШАБЛЯ О.С.	35
КОЗЕЛЕЦЬ Г.М.	29	ШАКАЛІЙ С.М.	7
КОЛОМІЄЦЬ Л.В.	81	ШАРІЙ В.О.	51
КОНОВАЛОВ Д.В.	183	ШАФОРОСТ Л.Ю.	7
КОРХОВА М.М.	176	ШЕНДРИК К.М.	93
КРОПІВНИЙ В.М.	43	ЮРКЕВИЧ Є.О.	118
ЛИХОВИД П.В.	51	ЮРЧЕНКО С.О.	126
ЛОЗІНСЬКИЙ М.В.	188	ЯНОВСЬКИЙ Р.О.	12
МАЩЕНКО Ю.В.	57	ЯРОВИЙ Г.І.	132
МЕДВЄДСЬКА О.В.	43	BAZALII H.G.	154
МЕЛЬНИК С.Т.	35	FUNDIRAT K.S.	154
МІРЗАК Т.П.	43	KONOVALOVA V.M.	154
МІЩЕНКО С.В.	165	KONOVALOV V.O.	154
МУНТЯН С.В.	64	OCHKALA O.S.	154
НАЗАРЕНКО М.М.	170	REZNICHENKO N.D.	154
ОКСЕЛЕНКО О.М.	170	TYSHCHENKO A.V.	154
ОМЕЛИЧ М.В.	7	TYSHCHENKO O.D.	154

Наукове видання

АГРАРНІ ІННОВАЦІЇ

Випуск 21

Підписано до друку 20.10.2023 р. Формат 60×84 1/8.
Папір офсетний. Гарнітура Arial. Цифровий друк.
Умовно друк. арк. 23,48. Наклад 300. Зам. № 1223/819
Віддруковано з готового оригінал-макета.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
65101, Україна, м. Одеса, вул. Інглєзі, 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.