

АГРАРНІ ІННОВАЦІЇ

№ 11



Видавничий дім
«Гельветика»
2022

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
КВ № 24400-14240Р від 16.04.2020 р.

Журнал включено до Переліку наукових фахових видань України категорії Б у галузі природничих та аграрних наук (спеціальності 101 «Екологія», 201 «Агрономія», 202 «Захист і карантин рослин») відповідно до Наказу МОН України від 26.11.2020 № 1471 (додаток 3)

Рекомендовано до друку Вченою радою Інституту зрошуваного землеробства НААН
(протокол № 1 від 21.01.2022 року).

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Головний редактор:

Вожегова Раїса Анатоліївна, доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН, Заслужений діяч науки і техніки України, директор, Інститут зрошуваного землеробства НААН.

Члени редакційної колегії:

Грановська Л.М., доктор економічних наук, професор (відповідальний секретар);
Лавриненко Ю.О., доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН;
Базалій В.В., доктор сільськогосподарських наук, професор;
Вожегов С.Г., доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник;
Жуйков О.Г., доктор сільськогосподарських наук, професор;
Балашова Г.С., доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник;
Біляєва І.М., доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник;
Коковіхін С.В., доктор сільськогосподарських наук, професор;
Марковська О.Є., доктор сільськогосподарських наук, професор;
Khandakar Rafiq Islam, доктор філософії, старший науковий співробітник, професор (Огайо, США);
Сидоренко С.Г., кандидат сільськогосподарських наук;
Лиховид П.В., кандидат сільськогосподарських наук;
Мельник А.В., доктор сільськогосподарських наук;
Стефан Петрзак, доктор наук, професор (Рашин, Польща);
Писаренко П.В., доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник;
Гашимов А.Д., доктор сільськогосподарських наук, професор (Азербайджан);
Малярчук М.П., доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник;
Кюрчев В.М., доктор технічних наук, професор, член-кореспондент НААН;
Пілярська О.О., кандидат сільськогосподарських наук;
Власов В.В., доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН;
Яковенко Р.В., кандидат сільськогосподарських наук;
Вдовиченко Ю.В., доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН.

У журналі подаються результати наукових досліджень теоретичного та практичного характеру з питань зрошуваного землеробства. Висвітлено елементи системи землеробства, обробіток ґрунту, удобрення, раціональне використання поливної води, особливості ґрунтоутворних процесів. Приділено увагу питанням кормовиробництва, вирощування зернових, картоплі та інших культур, створення нових сортів і гібридів, біотехнології, економіці 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:

73483, м. Херсон, сел. Наддніпрянське,
Інститут зрошуваного землеробства НААН
Тел. (0552) 36-11-96
e-mail: info@agrarian-innovations.izpr.ks.ua
www.agrarian-innovations.izpr.ks.ua

ЗМІСТ

МЕЛІОРАЦІЯ, ЗЕМЛЕРОБСТВО, РОСЛИННИЦТВО	5
Вожегова Р.А., Лавриненко Ю.О., Марченко Т.Ю., Міщенко С.В., Пілярська О.О., Базиленко Є.О. Перспективні культури для біоенергетики України.....	5
Вуйко О.М. Вплив мікродобрив та біопрепаратів на формування врожайності гороху посівного.....	16
Зеленянська Н.М., Самофалов М.О. Підвищення адаптивності мікроклонів винограду в умовах <i>in vitro</i>	25
Івченко Т.В., Лялюк О.С. Оцінка ефективності короткострокового зберігання спаржі зеленої.....	32
Ковальов М.М., Васильковська К.В., Андрієнко О.О. Агробіологічні особливості та продуктивність рослин <i>egusa sativa</i> при використанні біопрепаратів.....	40
Лиховид П.В. Нормалізований диференційний вегетаційний індекс і відсоток зеленого покриття при вирощуванні озимого ріпаку та сафлору.....	46
Мадані М.М. Оцінка антиоксидантного потенціалу рослин урбоєкосистем в умовах антропогенного забруднення ґрунту.....	50
Чугрій Г.А., Вискуб Р.С., Поплевко В.І., Шульц Петр, Скнипа Н.Л. Наукові принципи підбору сортів пшениці м'якої озимої за адаптивними ознаками.....	60
СЕЛЕКЦІЯ, НАСІННИЦТВО	68
Базалій В.В., Бойчук І.В., Козлова О.П., Ларченко О.В., Базалій Г.Г. Вплив часу відновлення весняної вегетації і строків сівби на врожайність сортів пшениці озимої різного типу розвитку.....	68
Жупина А.Ю., Базалій Г.Г., Усик Л.О., Марченко Т.Ю., Лавриненко Ю.О. Успадкування довжини колоса гібридами пшениці озимої різного еколого-генетичного походження в умовах зрошення.....	74
Савіна О.І., Шейдик К.А., Симочко В.В., Глюдзик-Шемота М.Ю., Цвігун Д.І., Дудкін Д.О. Шкодоочинні організми фундука в Закарпатті.....	83
Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Куц Г.М., Пілярська О.О., Коновалова В.М. Насіннева продуктивність люцерни першого року життя залежно від застосування гербіцидів.....	92
НАШІ ЮВІЛЄЇ	103
Балашовій Галині Станіславівні – 60 років!.....	103
ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК	105

CONTENTS

MELIORATION, ARABLE FARMING, HORTICULTURE.....	5
Vozhegova R.A., Lavrynenko Yu.O., Marchenko T.Yu., Mishchenko S.V., Piliarska O.O., Bazilenko Ye.O. Perspective culture for bioenergetics of Ukraine.....	5
Vuiko O.M. Influence of biological products and microfertilizers in formation of yield of pea seeds.....	16
Zelenianska N.M., Samofalov M.O. Increasing the adaptability of grape microclones in vitro.....	25
Ivchenko T.V., Lialiuk O.S. Evaluation of efficiency of short-term storage of green asparagus.....	32
Kovalov M.M., Vasilkovskaya K.V., Andrienko O.O. Agrobiological features and productivity of <i>Erúca satíva</i> plants when using biological products.....	40
Lykhovyd P.V. Normalized difference vegetation index and fractional green canopy cover under winter rapeseed and safflower crops.....	46
Madani M.M. Estimation of antioxidant potential of plants of urban ecosystems in the conditions of anthropogenic soil pollution.....	50
Chuhrii H.A., Vyskub R.S., Poplevko V.I., Szulc P., Sknypa N.L. Scientific principles of selection of soft winter wheat varieties according to adaptive characteristics.....	60
BREEDING, SEED PRODUCTION.....	68
Bazaliy V.V., Boychuk I.V., Kozlova O.P., Larchenko O.V., Bazaliy G.G. Influence of spring vegetation recovery time and sowing dates on yield of winter wheat varieties of different types of development.....	68
Zhupina A.Yu., Bazaliy G.G., Usyk L.O., Marchenko T.Yu., Lavrynenko Yu.O. Inheritance of ear length by winter wheat hybrids of different ecological and genetic origin under irrigation conditions.....	74
Savina O.I., Sheidyk K.A., Symochko V.V., Hliudzyk-Shemota M.Yu., Tsvihun D.I., Dudkin D.O. Pests of hazelnuts in Transcarpathia.....	83
Tyshchenko A.V., Tyshchenko O.D., Kuts G.M., Piliarska O.O., Konovalova V.M. Seed productivity of alfalfa in the first year of life depending on the use of herbicides.....	92
OUR ANNIVERSARIES.....	103
Balashova Halyna Stanislavivna celebrates her 60 th birthday!.....	103
AUTHOR INDEX.....	105

МЕЛІОРАЦІЯ, ЗЕМЛЕРОБСТВО, РОСЛИННИЦТВО

УДК 633.15:633.522:620.952(477)

DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.11.1>

ПЕРСПЕКТИВНІ КУЛЬТУРИ ДЛЯ БІОЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ

ВОЖЕГОВА Р.А. – доктор сільськогосподарських наук, професор, академік Національної академії аграрних наук,
orcid.org/0000-0002-3895-5633

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук
ЛАВРИНЕНКО Ю.О. – доктор сільськогосподарських наук, професор, академік Національної академії аграрних наук,
orcid.org/0000-0001-9442-8793

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук
МАРЧЕНКО Т.Ю. – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0001-6994-3443

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук
МІЩЕНКО С.В. – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0002-1979-4002

Інститут луб'яних культур Національної академії аграрних наук
ПІЛЯРСЬКА О.О. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0001-8649-0618

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України
БАЗИЛЕНКО Є.О. – здобувач вищої освіти на третьому (освітньо-науковому) рівні
orcid.org/0000-0002-7550-4102

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук

Постановка проблеми. Одним із найбільш перспективних альтернативних відновлювальних екологічно чистих джерел енергії є біомаса рослинного походження. Значну увагу в Світі приділяють проблемі переробки біомаси з метою отримання біопалива. Біомаса в енергетиці може бути використана безпосередньо шляхом спалювання, або як сировина, після попередньої переробки якої отримують дизельне паливо, етанол або газ. У той час як виробництво біоетанолу та біодизеля порушує ряд питань з підвищення їх рентабельності, з причини високих витрат на виробництво, проте в той же час кількість заводів із виробництва біогазу в ЄС протягом останніх років постійно зростає. Енергетичні рослини відрізняються високою врожайністю і невибагливістю до умов вирощування. В перерахунку на еквівалент енергії, витрати на вирощування таких культур значно менші, ніж вартість енергоносіїв, отриманих від традиційних джерел. Використання рослинної біомаси, за умови її безперервного відновлення, не призводить до збільшення концентрації діоксиду Карбону в атмосфері. Важливим у збільшенні продуктивності біологічного палива є використання всієї рослини, а не лише її частин. Це друге покоління біологічного палива, яке все ще досліджується і розвивається. Використання біологічних видів палива, як відновлюваних ресурсів енергії – один із стратегічних напрямів розвитку людської цивілізації. Важливим є впровадження енергозберігаючих технологій, орієнтованих на отримання максимальної продуктивності посівів певної культури [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Україна має певні проблеми у забезпеченні економіки і населення традиційними енергоресурсами, особливо, нафтою

та газом, які в основному імпортуються з інших країн. Частка відновлюваних джерел енергії в Україні становить 1,6 %, що в 6 разів нижче, ніж у Європейському Союзі [2].

Складна економічна ситуація в Україні та зростання цін на енергоносії, значну частку яких Україна імпортує, спонукають до пошуку альтернативних джерел їх отримання. Основним з них є продукція рослинництва, зокрема: олію ріпаку і соняшнику, конопель використовують для отримання біодизеля, біомасу та рослинні рештки – біогазу, зерно кукурудзи, пшениці, тритикале, коренеплоди буряків цукрових, цукрову тростину, деревну стружку, картоплю – для отримання біоетанолу [3].

Згідно з енергетичною стратегією України до 2030 р. (затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 15.03.2006 р. №145-р) очікується, що енергетичне використання всіх видів біомаси здатне щороку забезпечувати заміщення 9,2 млн т умовного викопного палива, у тому числі за рахунок енергетичного використання залишків сільськогосподарських культур, зокрема соломи – 2,9 млн т умовного палива, дров та відходів деревини – 1,6, торфу – 0,6, твердих побутових відходів – 1,1, одержання та використання біогазу – 1,3, виробництва паливного етанолу та біодизеля – 1,8 млн т умовного палива. Світовий ринок біопалива розвивається швидкими темпами, що пов'язано з проблемами екології і підвищенням цін на традиційні види палива (нафта, газ). Тому значну увагу надають переробці біомаси рослинного походження на біопаливо. Біомаса рослин є відновлюваним, екологічно чистим паливом за умови екологічно раціонального виробництва та використання [4].

Україна належить до енергодефіцитних країн, оскільки щороку споживає близько 200 млн т умовного палива, з якого лише 53 % власного виробництва. Її сучасний паливно-енергетичний комплекс базується на імпорті енергетичної сировини, ціна на яку постійно зростає. Тому для України актуальним є пошук альтернативних джерел енергії з постійним зменшенням частки викопних видів палива. Щорічна потреба в біоетанолі в якості добавки до всього обсягу палив, що виробляються в Україні, становить близько 1 млн. тонн (12,5 млрд. літрів) [5].

Біологічні види палива забезпечують збереження природних ресурсів, поліпшують екологічну ситуацію та створюють передумови енергетичної й економічної незалежності держави. При цьому досить дискусійним залишається питання вибору основних напрямів інвестиційної політики при виробництві біологічних видів палив, а також визначення найбільш конкурентоспроможної сировини для їх отримання [6].

Викопні види палива, такі як нафта, вугілля та природний газ, стали основними джерелами енергії в нинішню епоху. Проте очікується, що ці джерела вичерпаються протягом наступних 40–50 років. Очікувані екологічні збитки, такі як глобальне потепління, кислотні дощі та міський смог, спонукають нас зменшувати викиди вуглецю на 80% і перейти до використання різноманітних відновлюваних джерел енергії, таких як сонце, вітер, біопаливо тощо, що є менш шкідливими для довкілля. Етанол є одним з найбільш перспективних альтернативних видів біопалива. Хоча енергетичний еквівалент етанолу на 68% нижчий, ніж у нафтового палива, згоряння етанолу є чистішим (оскільки він містить кисень), і, таким чином, він визнається потенційною альтернативою біопалива бензину. Етанол часто використовується для змішаного бензину в діапазоні концентрацій 10–85%. Цукрова тростина і кукурудза є основним джерелом етанолу. Тим не менш, цього ледве вистачає для задоволення поточного попиту [7].

Наразі залежно від регіону світу на енергетичні цілі використовують різні культури. У США широке визнання отримали кукурудза та соя, в Європі – ріпак, льон, соя, кукурудза, зернові культури, буряки цукрові, у Бразилії – тростина цукрова, у Південно-Східній Азії – пальмова олія, у Китаї – коноплі, соя, соргові та швидкорослі деревні рослини [8].

Мета дослідження – вивчення й аналіз світового досвіду вирощування кукурудзи та конопель для використання в біоенергетиці. Оцінка стану і потенціалу кукурудзи й конопель, найважливіших складових раціонального та різноманітного їх використання.

Матеріали та методика досліджень – матеріалами досліджень слугували наукові праці з питань поточних та перспективних ресурсних можливостей виробництва біопалива в Україні та світі, енергетичний потенціал кукурудзи та конопель. Методи: кількісне та якісне порівняння, абстрактно-логічний, аналітичний.

Результати досліджень. Наразі кукурудза все більше використовується в якості відновлюваної сировини для виробництва різних видів біопалива, тому вона є досить важливою високо енергетичною конку-

рентоспроможною культурою в Україні. Зважаючи на перспективи розвитку сировинної бази для виготовлення біологічних видів палива із кукурудзи, складаються передумови для становлення галузі біоенергетики і в нашій країні [9].

Для виробництва біогазу з енергетичних культур кукурудза як сировина має найбільше значення. Кукурудза як рослина з C4-типом фотосинтезу має найвищий врожайний потенціал. Вирощування і зберігання силосної кукурудзи технічно розвинене і широко оптимізоване [10]. Як субстрат для виробництва біогазу вирощують спеціальні енергетичні гібриди кукурудзи з урожайністю сухої маси 9–30 т/га [11]. Це орієнтовно становить 5 300–9 000 м³/га метану залежно від гібриду кукурудзи, кліматичних умов вирощування та фази збирання [12].

Дослідженнями P. Weiland та ін. встановлено кукурудза – це більш однорідний матеріал, ферментація якого у біогазовій установці становить 90%, а різних видів трав лише 50% [13]. На думку I. Lewandowski встановлено, що правильно проведена ферментація 1 кг сухої маси може забезпечити отримання близько 0,4 м³ біогазу з теплотворною здатністю 16,8–23,0 МДж, а після відділення CO₂ його теплотворна здатність зростає до 35,7 МДж [14]. За даними H. Oechsner і A. Lemmer з 1 тонни біомаси трав можливо отримати 100 м³ біогазу, а з 1 тонни кукурудзи, зібраної у фазу воскової стиглості, 180 м³ [15].

В останні роки кукурудза широко використовується для виробництва біоетанолу (з 1 т зерна можна отримати до 470 л етилового спирту). Використання палива на основі біоетанолу, який охопив значну частину світового ринку енергоносіїв, з кожним роком набуває все більшої актуальності, оскільки експерти прогнозують зростання обсягів його виробництва в усьому світі. Цілком очевидно, що енергетичний баланс кукурудзи при виробництві з неї біоетанолу залежить від урожайності зерна та біомаси з одиниці площі: із збільшенням урожайності кукурудзи ефективність виробництва 1 т біоетанолу буде зростати. При цьому ефективність вирощування потребує відповідного обґрунтування, важливе місце в якому посідає розробка бізнес-плану, де враховуються реальні можливості підприємства, перспективи розвитку й засоби його реалізації в умовах нестабільного ринку та глобальної фінансової кризи [16]. В процесі планування максимального економічно-ефективного виробництва паливного етанолу, слід враховувати не лише видові та гібридні розбіжності за вмістом крохмалю, але й за показниками ефективності трансформації сировини в спирт етиловий. Тому проблема підвищення економічної ефективності виробництва кукурудзи набуває все більшої гостроти [17].

Біоетанол традиційно виготовляють шляхом бродіння зерна кукурудзи, цукрової тростини і меляса з буряка. Основними виробниками біоетанолу є США, Бразилія, Франція, Німеччина, Іспанія, Китай та Канада [18]. Етанол виготовляють із сировини, що містить крохмаль, який спочатку перетворюють у цукор, потім у процесі бродіння цукор перетворюється в алкоголь, після чого розчин піддають очищенню та випаровуванню [19].

У Європі головними джерелами сировини для біоетанолу є цукрові буряки, пшениця і кукурудза, у Північній

Америці – кукурудза і пшениця, а в Південній Америці – цукрова тростина, їх загальний врожай, вміст цукру і крохмалю, а також вихід алкоголю визначають придатність цих культур для виробництва біоетанолу [20]. В США близько 40% урожаю кукурудзи (130 млн тонн на рік) переробляється для отримання кукурудзяного етанолу, з 1 тонни кукурудзи виробляють близько 400–500 літрів біоетанолу [21]. Частка біоетанолу в суміші з бензином у США досягає 20 % [22], у Франції – 5 %. Суміш бензину з біоетанолом (10–12%) успішно використовується в Канаді та Бразилії [23]. Традиційним для України є виробництво біоетанолу з відходів цукробурякового виробництва – меляси, проте його можна виробляти і з проміжних продуктів переробки солодких коренеплодів: бурякового (дифузійного) соку, цукрового сиропу, зеленої патоки тощо. Використання якраз проміжних продуктів для виробництва біоетанолу дає змогу збалансувати потреби України в цукрі та зберегти й розвинути земельні площі під вирощування цукрових буряків, що важливо як з точки зору сівозміни, так і з екологічної [24].

Сьогоднішній світовий «біоетанольний бум» спричинив підвищення попиту на зернову кукурудзу. Листостеблова маса при цьому може використовуватися як тверде біопаливо для опалення. Теплотворна здатність стебел кукурудзи складає 12,5 МДж/кг, що на 19% більше, ніж у соломи колосових культур і гілок плодкових дерев. Порівняно із іншими культурами кукурудза має великий вміст крохмалю в зерні та забезпечує найвищий рівень отримання біоетанолу із гектара. З 1 тонни її зерна можна отримати до 470 л етанолу, тоді як із 1 т ячменю – 330, жита – 357, пшениці – 375 л, тритикале – 428 л, сорго – 464 л. Хоча сорго має більший вміст крохмалю, однак його важче гідролізувати, і тому вихід біоетанолу з кукурудзи більший. Для виробництва 1,0 т біоетанолу необхідно 0,64 га пшениці або 0,47 га кукурудзи [25, 26].

У зв'язку з цим великого значення у виробничій сфері набуває оцінювання сучасних гібридів кукурудзи за придатністю використання їх зерна для виробництва біоетанолу [27]. У зерні кукурудзи переважаючим компонентом є вуглеводи (крохмаль, цукри, клітковина, геміцелюлоза та пентозани), вміст яких може становити, залежно від підвиду 60–80 % [28, 29]. Для отримання крохмалю, а відповідно і етанолу, практичну цінність мають чотири підвиди кукурудзи крохмалистий (71,5–82,0%), зубовидний (68,0–75,5 %), напівзубоподібний (66,9–74,2 %) і кремений (65,0–73,0 %) [30, 31].

Біоетанол відіграє важливу роль у структурі використання бензину як добавка. У країнах Європейського Союзу застосовують кілька марок пального з використанням біоетанолу, зокрема E5, E10, E85 (E – від англ. *ethanol*, а цифра – відсоток етанолу у пальному). У Бразилії використовують пальне марки E100 [24]. Сьогодні етанол як джерело палива має позитивний вплив на сільські райони Америки, навколишнє середовище та енергетичну безпеку Сполучених Штатів. Біоетанол із кукурудзи та пшениці вважається біопаливом першого покоління порівняно з іншими джерелами біопалива, оскільки лише гексозний цукор призначений для ферментації. Високого титру етанолу (>5%) можна

отримати з кукурудзи та пшениці, використовуючи простіші етапи (подрібнення/розмелювання, варіння та зрідження) перед ферментацією за допомогою штаму дріжджів (*Saccharomyces cerevisiae*) [32].

Майже весь біоетанол сьогодні виробляється з істивних культур, головним чином з цукрової тростини, кукурудзи та пшениці. Виробництво біоетанолу, особливо з кукурудзи та пшениці, скоротило їх постачання в якості їжі. Це стало джерелом багатьох проблем, так як кукурудза та пшениця є основним продуктом харчування в деяких частинах Африки, Азії та інших регіонів. Наразі гостро стоїть дилема «їжа проти палива» і вимагає негайного вирішення [33].

Метою дослідження Bautista K. та ін. було використання гібриду кукурудзи цукрової (*Zea mays saccharata*) hi-brix 53 для виробництва біоетанолу. Через ферментацію (24–120 год) з використанням дріжджів (*Saccharomyces cerevisiae*) утворився 6,01% (об/об) біоетанолу. Ці результати свідчать про те, що сік стебла гібриду кукурудзи hi-brix 53 є ідеальним субстратом для виробництва біоетанолу [34].

Дослідженнями Yangcheng H. та ін. порівнювали вихід етанолу у звичайної (*Zea mays indurata*) та воскової (*Zea mays ceratina*) кукурудзи за допомогою процесу холодного бродіння. Вихід етанолу позитивно корелює з вмістом крохмалю в зернах звичайної та воскової кукурудзи. Середня ефективність перетворення крохмалю в етанол воскової кукурудзи (93,0%) була значно більшою, ніж у звичайної кукурудзи (88,2%). Восковий кукурудзяний крохмаль складався з дуже малої кількості амілози і переважно амілопектину, який мав коротшу середню довжину ланцюга розгалуження, ніж звичайний кукурудзяний амілопектин [35].

Визначено вплив гібриду кукурудзи на ефективність виробництва етанолу, шляхом проведення скринінгу 258 різних зразків кукурудзи. Зразки кукурудзи розтирали та ферментували за допомогою винокурних дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*, які виробляли етанол із кукурудзяного суслу, що давало максимальний вихід 81,33% від теоретичного значення. Відзначено, що зразки кукурудзи з більшим вмістом крохмалю мали нижчу ефективність оцукрювання крохмалю. Цей факт створює негативну кореляцію між змінними «етанол – вміст крохмалю». Найвищий рівень редукуючих цукрів у зерні призвів до підвищення продуктивності етанолу. Порівняння в групах, створених за допомогою багатоваріантних дослідницьких методик (кластерний аналіз, кластеризація k-середніх, PCA), показали, що можна виділити статистично різний кластер з найвищим виходом етанолу (35,6 л етанолу на 100 кг зерна) [36, 37].

За свідченням академіка Я.М. Гадзало, створені гібриди кукурудзи з врожайністю 8,14 т/га та виходом крохмалю з 1 гектара понад 6 тонн. За його словами, одним із найперспективніших напрямів селекції кукурудзи є створення гібридів із високим вмістом крохмалю для виробництва біоетанолу [38].

Вміст крохмалю в зерні залежить від сортових особливостей, тому дослідження змісту виходу біоетанолу та біогазу у гібридів кукурудзи різних груп ФАО є актуальним.

Важливим етапом підвищення виробництва біопалива є дослідження з встановлення потенційної продуктивності гібридів кукурудзи та з розрахунку потенційного виходу біоетанолу та біогазу з гектара.

В Інституті зрошуваного землеробства НААН висівали гібриди кукурудзи різних груп ФАО з метою встановлення їх продуктивності зерна та біомаси для встановлення розрахункового виходу біоетанолу та біогазу.

У наших дослідженнях мінімальні значення розрахункового питомого виходу біогазу на основі вмісту елементів у силосній масі зафіксовано у ранньостиглого гібриду кукурудзи Степовий (ФАО 190) – 6,113 тис. м³/га. Максимальними ці показники були у гібриду кукурудзи Арабат (ФАО 430) – 7,041 тис. м³/га (таблиця. 1).

Максимальну врожайністю сирови надземної маси у «фазу молочна стиглість зерна» показали гібриди кукурудзи середньопізньої групи Арабат (ФАО 430) та Віра (ФАО 430).

Вихід біоетанолу залежить перш за все від вмісту крохмалю у зерні, що визначається групою стиглості, підвидом гібриду. Так, гібрид Степовий (ФАО 190) має невисоку урожайність зерна та вихід крохмалю, це можна пояснити тим, цей гібрид ранньостиглий та має зерно кременистого типу, що міститься менше крохмалю.

Найбільший вміст крохмалю у середньому за три роки відзначено у групі середньопізніх гібридів:

Тронка – 70,55%, Арабат – 71,21%, Віра – 72,82%, також у цих гібридів відмічався максимальний вихід крохмалю – 9,64, 9,84, 10,07 т/га відповідно (табл. 2).

Дослідженнями встановлено залежність виходу біоетанолу від груп стиглості гібридів, їх сортових особливостей. Вихід біоетанолу у групі ранньостиглих гібридів становив 4,387 тис. л/га, середньоранніх – 4,088–5,207 тис. л/га, а середньостиглих – 5,422–6,105 тис. л/га, середньопізніх 6,151–6,39, тобто використання середньостиглих гібридів кукурудзи забезпечує додатковий вихід цього біопалива 1,764–2,311 тис. л/га порівняно зі скоростиглими формами.

Вирощування гібридів кукурудзи селекції Інституту зрошуваного землеробства НААН середньопізньої групи Тронка (ФАО 380), Арабат (ФАО 430), Віра (ФАО 430) має максимальний розрахунковий вихід біогазу та біоетанолу.

Глобальна енергетична криза на тлі зростання споживання викопного палива, забруднення довкілля та загроза парникового ефекту викликали динамічний розвиток ринків альтернативних джерел енергії. Все більшої актуальності набуває використання біомаси конопель (*Cannabis sativa* L.) як енергетичної сировини, оскільки за теплотворною здатністю стебла конопель (3760) дещо поступаються кам'яному вугіллю (4800), але перевищують аналогічний показник для м'яких

Таблиця 1

Показники урожайності гібридів кукурудзи та розрахунковий вихід біогазу залежно від генотипу гібриду Т

Гібрид	Урожайність зерна, т/га	Сира надземна маса у «фазу молочна стиглість зерна», т/га	Суха надземна маса у «фазу фізіологічна стиглість зерна», т/га	Розрахунковий вихід біогазу, тис. м ³ /га
Степовий (ФАО 190)	9,75	47,50	18,39	6,113
Хотин (ФАО 250)	9,86	48,21	18,74	6,204
Скадовський (ФАО 290)	11,57	50,33	20,67	6,477
Асканія (ФАО 320)	12,05	50,25	21,43	6,467
Каховський (ФАО 350)	13,56	52,31	21,94	6,732
Тронка (ФАО 380)	13,67	53,45	22,12	6,879
Арабат (ФАО 430)	13,83	54,71	22,38	7,041
Віра (ФАО 430)	14,22	54,28	23,01	6,985
НІР ₀₅	0,27	0,85	0,48	

Таблиця 2

Вміст та вихід крохмалю, розрахунковий вихід біоетанолу у гібридів кукурудзи залежно від генотипу гібриду

Група стиглості	Гібрид	Вміст крохмалю, %	Вихід крохмалю, т/га	Розрахунковий вихід біоетанолу, тис. л/га
Ранньостигла	Степовий (ФАО 190)	67,99	6,63	4,387
Середньоранній	Хотин (ФАО 250)	68,01	6,71	4,088
	Скадовський (ФАО 290)	68,45	7,91	5,207
Середньостигла	Асканія (ФАО 320)	68,59	8,26	5,422
	Каховський (ФАО 350)	69,21	9,38	6,105
Середньопізній	Тронка (ФАО 380)	70,55	9,64	6,151
	Арабат (ФАО 430)	71,21	9,84	6,223
	Віра (ФАО 430)	72,82	10,07	6,399

порід дерев (2700) і торфу (2030 ккал/кг). Використання стебел конопель на енергетичні цілі є перспективним напрямом ще й тому, що існує можливість використовувати на паливо як усе стебло (але це є менш рентабельним), так і його окремі складові, наприклад, кострицю, яка утворюється в процесі переробки, чи рослинні рештки, що залишаються після збирання насінневих посівів (це є більш економічно вигідно). Також виникло питання про заміну целюлози, одержаної з деревини лісових порід, на конопляну, адже 1 га лісу в Україні дає річний приріст деревини залежно від породи та погодних умов 2,0–2,4 т/га, тоді як окремі сорти конопель мають урожайність сухих стебел вище 14 т/га [39].

Вирощування конопель для отримання насіння в даний час інтенсивно розвивається, але частина біомаси конопель (післяжнивні рештки) залишається невикористаною в полі, саме вона може бути сировиною для біоенергетичного виробництва. Коноплі – культура з порівняно коротким вегетаційним періодом, що становить 3,5–4,5 місяці, та швидким ростом у висоту до 4–5 м, добрий попередник у ланках сівозмін, вони зменшують забур'яненість полів, покращують структуру ґрунту та корисні для рекультивативної деградованих територій. Коноплі також надзвичайно стійкі та чудово адаптуються до різних кліматичних умов. Вони ростуть практично на будь-якому типі ґрунту, не схильні до впливу різних шкідників і збудників хвороб і рідко вимагають використання засобів захисту рослин [40, 41].

Коноплі здатні накопичувати загальну суху біомасу до 20 т і більше, яка може бути використаною для виробництва енергії у таких напрямках: спалювання для обігрівання приміщень чи вироблення електричної енергії; виробництво з біомаси синтетичного газу, що має вміст енергії біля 40% від дизельного пального та може бути використаним для вироблення тепла або електричної енергії; отримання з олії конопель дизельного пального; виробництво гідролізного (ферментного) спирту з целюлози; отримання біогазу (під час анаеробних процесів виділяється метан, який використовують для вироблення тепла й електроенергії) та збагаченого Нітрогеном органічного добрива [39].

Коноплі є конкурентоздатними, порівняно з іншими біоенергетичними культурами, наприклад цукровими буряками, при виробництві біогазу і багаторічними рослинами при виробництві твердого біопалива, оскільки дають високі урожаї біомаси і добрий питомий вихід метану з потенціалом збільшення за умови попередньої обробки сировини [42–45]. Найбільше метану з гектара посіву можна отримати при збиранні конопель восени, коли найбільший урожай біомаси. Вихід енергії з одиниці площі конопель при використанні на тверде біопаливо також найбільший восени, при цьому біомаса даної культури демонструє відмінності у властивостях палива (теплотворна здатність, теплота згорання, зольність тощо) залежно від сезону: ліпшими вони є при збиранні взимку та весною. Наприклад, теплота згорання біомаси конопель, зібраної у серпні – грудні складала 18,4, а у січні – квітні – 19,1 МДж/кг, перевищуючи аналогічні показники топінамбура (16,5) і незначним чином поступаючись міскантусу (19,8 МДж/кг) [46, 47].

Біомаса конопель є перспективною лігноцелюлозною сировиною для виробництва біоетанолу. Вона містить у своїй структурі полімерний комплекс – лігноцелюлозу, який відносно важко розкладається. Лігноцелюлозний комплекс, виявлений у клітинних стінках конопель, складається з целюлози, геміцелюлози та лігніну. Целюлоза та геміцелюлоза після ефективного розкладання можуть стати продуктивними субстратами у процесі ферментації. Лігнін, що складається з похідних фенольних спиртів, є значною перешкодою для утворення біоетанолу з рослинної біомаси, тому виробництво біопалива з лігноцелюлозного матеріалу потребує руйнування клітинної стінки на окремі полімери та гідролізу вуглеводів до мономерних цукрів [48–50].

Загалом виробництво біоетанолу з лігноцелюлозного матеріалу можна розділити на три послідовні етапи: 1) фізична обробка; 2) хімічна попередня обробка; 3) ферментативний гідроліз і ферментація етанолу. Для дезінтеграції біомаси та видалення лігніну часто використовуються кілька методів попередньої обробки, зокрема фізичні, хімічні та біологічні методи. Фізичні методи попередньої обробки лігноцелюлозної біомаси, метою яких є зменшення розміру субстрату, а також полегшення доступу біоактивних речовин до поверхні, зниження ступеня полімеризації та кристалізації лігноцелюлози, включають подрібнення, метод екструзії та попередню обробку ультразвуком. Хімічні процеси включають обробку кислотою (зазвичай сульфатною чи хлоридною), лугом (натрій гідроксидом, кальцій карбонатом), гарячою водою або іншими речовинами. Процес попередньої хімічної обробки повинен вирішити такі проблеми: декристалізувати целюлозу, не викликаючи її гідролізу, деполімеризувати геміцелюлозу, обмежити утворення інгібіторів гідролізу вуглеводів [50–52]. Наступним етапом є ферментативний гідроліз за участі дріжджів. Дія ферментів включає атаку на целюлозу шляхом зв'язування з целюлозними волокнами в аморфних місцях, розрив целюлозних ланцюгів, відсікання великих фрагментів, а потім руйнування їх до отримання полімеру глюкози. Останньою стадією виробництва є ферментація етанолу [50, 53].

Сучасні дослідження щодо використання післяжнивних решток конопель для виробництва біоетанолу спрямовані на встановлення залежності його виходу від способу попередньої обробки сировини (гаряча вода, сульфатна кислота, натрій гідроксид) [50, 54, 55], оскільки до цього часу жоден з описаних методів обробки лігноцелюлозної біомаси одночасно не відповідає поставленим критеріям, від селекційного сорту [50] й агротехнічних прийомів вирощування, зокрема системи удобрення [56]. Розрахунки показують, що з 1 т сухої біомаси конопель можна отримати 149 кг етанолу [54]. Максимальну урожайність стебел конопель можна отримати за умови застосування комплексних фосфорно-калійних й азотних добрив, але при цьому виявлений найменший вихід біоетанолу ($7,11 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), а найбільший ($9,93 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) за умови удобрення лише фосфорно-калійними добривами [56].

У контексті формування біоекономіки замкнутого циклу промислової біомаси конопель є цінним ресур-

сом для біопереробних заводів. Потенційно всі основні компоненти конопель можуть знайти застосування у різних технологіях біопереробки, що підвищить цінність традиційного виробництва волокна та насіння даної сільськогосподарської культури. Ті складові біомаси рослин конопель, що часто розглядається як малоцінні залишки, дійсно можуть відігравати ключову роль у стійкому виробництві як біоенергетики, так і цінних біопродуктів. Розрахунки показують, що виробництво біоетанолу з конопель може давати прибуток 75–325 €/га на рік [57].

Висновки. Аналіз досліджень проблеми виробництва і впровадження альтернативних відновлюваних джерел енергії засвідчує, що вчені багатьох країн світу активно працюють над її розв'язанням. Використання біопалива та інших поновлюваних джерел енергії розглядається та обговорюється насамперед у контексті охорони навколишнього середовища та прагнення гарантувати умови сталого регіонального і місцевого розвитку. Розвиток альтернативних джерел енергії відкриває нові перспективи для кукурудзи, конопли на ринку України і розширення площ посіву в усіх регіонах, сприятливих для їх вирощування.

Таким чином, промислове виробництво біологічних видів палива в Україні є надзвичайно важливим фактором, що дозволить не тільки зменшити імпорт енергоносіїв та заощадити значні валютні ресурси, а також зміцнити економічну незалежність держави, покращити екологічну ситуацію, створити нові робочі місця, забезпечити розвиток спиртової галузі та підвищити інтерес аграріїв до вирощування сільськогосподарських енергетичних культур. При цьому потрібно здійснити неодмінне впровадження заходів з інтенсифікації й здешевлення вирощування та збору біосировини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Железна Т.А., Драгнев С.В., Баштовий А.І., Роговський І.Л. Перспективи виробництва і споживання біопалив другого покоління в Україні. *Machinery & Energetics*. 2018. Vol. 9. № 2. P. 61–66.
2. Перспективи розвитку ринку біоетанолу в Україні. URL: http://saee.gov.ua/sites/default/files/Schulmeister_bioethanol_1.pdf.
3. Бузовський Є.А. Нетрадиційні поновлювальні джерела енергії. Навчально-методичний посібник. Київ: ННІ ПО НАУ, 2007. С. 21.
4. Гелетуа Г.Г., Железная Т.А. Анализ основных положений «Энергетической стратегии Украины на период до 2030 года». *Промышленная теплотехника*. 2006. №5. С. 82–92.
5. Grabovskyi M., Lozinskyi M., Grabovska T., Roubik H. Green mass to biogas in Ukraine—bioenergy potential of corn and sweet sorghum. *Biomass Conv. Bioref.* (2021). <https://doi.org/10.1007/s13399-021-01316-0>
6. Heiermann M., Plöchl M., Linke B., Schelle H., Herrmann C. Biogas Crops – Part I: Specifications and Suitability of Field Crops for Anaerobic Digestion. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*. 2009. Vol. XI. P. 1087–1093.
7. Vohra M., Manwar J., Manmode R., Padgilwar S., Patil S. Bioethanol production: Feedstock and current technologies. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 2014, Vol.2, Iss. 1. P. 573–584. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2013.10.013>
8. Скрипниченко В.А. Інноваційні аспекти виробництва біопалива на Україні: стан, проблеми, перспективи 2009. http://www.nbu.gov.ua/portal/chem_biol/nvnu/2009_142_1/09sva.pdf
9. Грабовский Н.Б., Грабовская Т.А., Курило В.Л. Выращивание сорго сахарного и кукурузы как биоэнергетических культур в совместных посевах. *Вісник Палескага дзяржаўнага ўніверсітэта. Серыя прыродазнаўчых навук*. Пінск, 2018. № 2. 33 С. 3–10.
10. Amon Th., Kryvoruchko V., Amon B., Bodirosa V., Zollitsch W., Boxberger J. Biogas Production from Energy Maize. *Landtechnik*. 2006. № 2. P. 86–87.
11. Vozhehova R., Marchenko T., Piliarska O., Lavrynenko Y., Halchenko N., Lykhovyd P. (2021). Grain corn product yield and gross value depending on the hybrids and application of biopreparations in the irrigated conditions. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. 21(4), 611–619.
12. Amon T., Kryvoruchko V., Amon B. Methane production from maize, grassland and animal manures through anaerobic digestion. *Sustainable Organic Waste Management for Environmental Protection and Food Safety II*. 2004. P. 175–182.
13. Weiland P., Billetowski B., Werner P., Dornack C., Stegmann R., Rettenberger G., Faulstich M., Wittmaier M. Trockenfermentation in der Landwirtschaft-Welche Substrate und Techniken finden Anwendung. *Anaerobe biologische Abfallbehandlung*. 2008. p. 235–245.
14. Lewandowski I., Heinz A. Delayed harvest of miscanthus – influences on biomass quantity, quality, and environmental impacts of energy production. *European Journal of Agronomy*. 2003. № 19. P. 45–63.
15. Oechsner H, Lemmer A. Was kann die Hydrolyse bei der Biogasvergärung leisten? VDI-Gesellschaft Energietechnik: Biogas 2009. *Energieträger der Zukunft*. 2009. P. 37–46.
16. Козачок Ю.І. Бізнес-планування вирощування насінневої кукурудзи на біоетанол. *Збірник наукових праць ВНАУ*. Вінниця, 2010. Вип. 42. Т. 1. С. 34–38.
17. Новітні технології біоенергоконверсії: Монографія. Блюм Я.Б., Гелетуа Г.Г., Григорюк І.П. та ін. К.: «Аграр Медіа Груп», 2010. 326 с.
18. Калетнік Г.М. Біопаливо. Продовольча, енергетична та екологічна безпека України: монографія. К. : Хай-Тек Прес, 2010. 516 с.
19. Полішкевич О.Р. Ефективність використання кукурудзи для виробництва альтернативних палив. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2011. Вип. 3(60). С. 76–80.
20. Паламарчук В.Д., Віннік О.В., Коваленко О.А. Вміст крохмалю у зерні кукурудзи та вихід біоетанолу залежно від умов вегетації та факторів технології вирощування. *Аграрні інновації*. 2021. № 5. С. 135–143.
21. Аналітика українського ринку експорту кукурудзи. 2015. Інтернет клуб «Мій бізнес». URL: http://tradehub.com.ua/ru/5546obzory/view/5383/analitika_kukuruzi.htm.
22. Прутська О.О. Державне регулювання розвитку ринку біопалива в Україні. *Вісник Запорізького аграрного університету*. 2010. № 1. С. 179–182.

23. Бразилія: в 2009 р. Споживання етанолу перевищить споживання бензину. URL: <http://www.agribusiness.kiev.ua/uk/news/ukraine/11-03-008/2875>. 11.03.2008
24. Титко Р., Калініченко В. Відновлювальні джерела енергії (досвід Польщі для України). Варшава : OWG, 2010. 533 с.
25. Каменщук Б.Д. Оцінка гібридів кукурудзи на придатність до виробництва біоетанолу. *Агроном*. 2013. № 3. С. 162–163.
26. Фадеев Л. Кукурудза на пути к миллиарду тонн в год. *Зерно*. 2015. № 4(109). С. 78–84.
27. Каменщук Б.Д. Агроекологічний вплив умов вирощування на зернову продуктивність гібридів кукурудзи різних груп стиглості. Стан та перспективи розвитку рослинницької галузі в умовах змін клімату: 4-та міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених, 1–3 липня 2009 р.: тези доповідей. Харків : ІР ім. В.Я. Юр'єва УААН, 2009. С. 125–126.
28. Дудка Т.В. Доцільність отримання біоетанолу із зерна кукурудзи. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2012. № 1. С. 44–47.
29. Рибалка О.І., Червоніс М.В., Моргун Б.В., Починок В.М., Поліщук С.С. Генетичні та селекційні критерії створення сортів зернових культур спирто-дистилятного напрямку технологічного використання зерна. *Фізіологія і біохімія культ. рослин*. 2013., Т. 45. № 1. С. 3–20.
30. Павлов А.Н. Накопление белка в зерне пшеницы и кукурузы. М.: Издательство Наука, 1967. 340 с.
31. Гулюк Н.Г., Жушман А.И., Ладур Т.А., Штыркова Е.А. Интенсивные технологии. Крохмал и крахмалопродукты. Под ред. Н.Г. Гулюка. М. : Агропромиздат, 1985. 240 с.
32. Sujit K., Mohanty, Manas R., Swain. Chapter 3 – Bioethanol Production From Corn and Wheat: Food, Fuel, and Future. *Bioethanol Production from Food Crops. Sustainable Sources, Interventions, and Challenges*. 2019. P. 45–59. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813766-6.00003-5>
33. Karimi K., Chisti Y. Future of bioethanol... *Biofuel Research Journal*. Winter 2015.: 147-147. DOI:10.18331/BRJ2015.2.1.2.
34. Katherine Bautista, Yuwalee Unpaprom, Ramesprabu Ramaraj. Bioethanol production from corn stalk juice using *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5020. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*. 2019. Vol. 41, Iss. 13. <https://doi.org/10.1080/15567036.2018.1549136>
35. Hanyu Yangcheng, Hongxin Jiang, Michael Blanco and Jay-lin Jane Characterization of Normal and Waxy Corn Starch for Bioethanol Production. *J. Agric. Food Chem*. 2013. Vol. 61. Iss.2. P. 379–386. <https://doi.org/10.1021/jf305100n>.
36. Gumienna M., Szwengiel A., Lasik M., Szambelan K., Majchrzycki D., Adamczyk J., Nowak J., Czarnecki Z. Effect of corn grain variety on the bioethanol production efficiency. *Fuel*. 2016. Vol. 164, P. 386–392. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2015.10.033>.
37. Грабовський М. Б. Особливості технології вирощування кукурудзи як сировини для виробництва біогазу. *Рослинництво та ґрунтознавство*. Київ, 2019. Т. 10. № 2. С. 12–17.
38. В Україні зареєстровано гібрид кукурудзи для виробництва біоетанолу. URL: <https://superagronom.com/news/4996-v-ukrayini-zareyestrovano-gibrid-kukurudzidlya-virobnitstva-bioetanolu>
39. Коноплі / за ред. М. Д. Мигаля, В. М. Кабанця. Суми, 2011. 384 с.
40. Міценко С.В., Лайко І.М., Ткаченко С.М. Перспективи створення і впровадження сортів промислових конопель на основі конвергентних схрещувань в аспекті сталого розвитку сільських територій. *Стійкий розвиток сільських територій у контексті реалізації державної екологічної політики та енергозбереження: колективна монографія / за заг. ред. Т. О. Чайки*. Полтава, 2021. С. 78–89.
41. Žuk-Gołaszewska K., Gołaszewski J. Cannabis sativa L. – cultivation and quality of raw material. *J. Elem*. 2018. Vol. 23, Iss. 3. P. 971–984. DOI: 10.5601/jelem.2017.22.3.1500.
42. Adamovics A. M., Ivanovs S. A., Dubrovskis V. S. Methane production from industrial hemp. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2019. Vol. 13, Iss. 2. P. 20–26. DOI: 10.22314/2073-7599-2018-13-2-20-26
43. Asquer C., Melis E., Scano E.A. et al. Opportunities for green energy through emerging crops: biogas valorization of *Cannabis sativa* L. residues. *Climate*. 2019. Vol. 7, Iss. 12. 142. DOI: 10.3390/cli7120142
44. Kraszkievicz A., Kachel M., Parafiniuk S. et al. Assessment of the possibility of using hemp biomass (*Cannabis sativa* L.) for energy purposes: a case study. *Appl. Sci*. 2019, Vol. 9. 4437. DOI: 10.3390/app9204437
45. Rehman M. S. U., Saif A., Mahmood T. et al. Potential of bioenergy production from industrial hemp (*Cannabis sativa*): Pakistan perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2013. Vol. 18. P. 154–164. DOI: 10.1016/j.rser.2012.10.019.
46. Prade T. Industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) – a high-yielding energy crop: doctoral thesis. Alnarp, 2011. 93 p.
47. Prade T., Svensson S. E., Mattsson J. E. Energy balances for biogas and solid biofuel production from industrial hemp. *Biomass and Bioenergy*. 2012. Vol. 40. P. 36–52. DOI: 10.1016/j.biombioe.2012.01.045
48. Kim D. Physico-chemical conversion of lignocellulose: inhibitor effects and detoxification strategies: a mini review. *Molecules*. 2018. Vol. 23, Iss. 2. 309. DOI: 10.3390/molecules23020309.
49. Rahikainen J. L., Martin-Sampedro R., Heikkinen H. et al. Inhibitory effect of lignin during cellulose bioconversion: the effect of lignin chemistry on non-productive enzyme adsorption. *Bioresour. Technol.* 2013. Vol. 133. P. 270–278. DOI: 10.1016/j.biortech.2013.01.075.
50. Wawro A., Batog J., Gieparda W. Chemical and enzymatic treatment of hemp biomass for bioethanol production. *Appl. Sci*. 2019. Vol. 9, Iss. 24. 5348. DOI: 10.3390/app9245348.
51. Kumar A. K., Sharma S. Recent updates on different methods of pretreatment of lignocellulosic feedstocks: a review. *Bioresour. Bioprocess*. 2017. Vol. 4. 7. DOI: 10.1186/s40643-017-0137-9.
52. Parawira W., Tekere M. Biotechnological strategies to overcome inhibitors in lignocellulose hydrolysates for ethanol production: review. *Crit. Rev. Biotechnol.* 2011. Vol. 31, Iss. 1. P. 20–31. DOI: 10.3109/07388551003757816
53. Lee C. R., Sung B., Lim K. M. et al. Co-fermentation using recombinant *Saccharomyces cerevisiae* yeast strains hyper-secreting different cellulases for the production

of cellulosic bioethanol. *Sci Rep.* 2017. Vol. 7. 4428. DOI: 10.1038/s41598-017-04815-1

54. Kuglarz M., Alvarado-Morales M., Karakashev D. et al. Integrated production of cellulosic bioethanol and succinic acid from industrial hemp in a biorefinery concept. *Bioresource Technology.* 2016. Vol. 200. P. 639–647. DOI: 10.1016/j.biortech.2015.10.081

55. Zhao J., Xu Y., Wang W. et al. Conversion of liquid hot water, acid and alkali pretreated industrial hemp biomasses to bioethanol. *Bioresource Technology.* 2020. Vol. 309. 123–135. DOI: 10.1016/j.biortech.2020.123383

56. Frankowski J., Wawro A., Batog J. et al. New Polish oilseed hemp cultivar Henola – cultivation, properties and utilization for bioethanol production. *Journal of Natural Fibers.* 2021. DOI: 10.1080/15440478.2021.1944439

57. Moscariello C., Matassa S., Esposito G. et al. From residue to resource: the multifaceted environmental and bioeconomy potential of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.). *Resources, Conservation and Recycling.* 2021. Vol. 175. 105–120. DOI: 10.1016/j.resconrec.2021.105864

REFERENCES:

1. Zhelezna, T.A., Dragnev, S.V., Bashtovy, A.I., & Rogovsky, I.L. (2018). Perspektyvy vyrobnytstva i spozhyvannia biopalyv druhoho pokolinna v Ukraini [Prospects for the production and consumption of second-generation biofuels in Ukraine]. *Machinery & Energetics*, 9(2), 61–66 [in Ukrainian].

2. Perspektyvy rozvytku rynku bioetanolu v Ukraini [Prospects for the development of the bioethanol market in Ukraine]. URL: http://sae.gov.ua/sites/default/files/Schulmeister_bioethanol_1.pdf [in Ukrainian].

3. Buzovskyi, Ye.A. (2007). Netradytsiini ponovliuvalni dzherela enerhii [Unconventional renewable energy sources]. *Navchalno-metodychnyi posibnyk – Educational and methodical manual.* Kyiv [in Ukrainian].

4. Geletukha, G.G., & Zheleznaya, T.A. (2006). Analiz osnovnykh polozhenii «Enerhetycheskoi stratehyy Ukraini na peryod do 2030 hoda» [Analysis of the main provisions of the "Energy Strategy of Ukraine for the period up to 2030"]. *Industrial heat engineering – Promishlennaia teplotekhnika*, 5, 82–92 [in Russian].

5. Grabovsky, M., Lozinsky, M., Grabovska, T., & Roubík, H. Green mass to biogas in Ukraine – bioenergy potential of corn and sweet sorghum. *Biomass Conv. Bioref.* (2021). <https://doi.org/10.1007/s13399-021-01316-0> [in English].

6. Heiermann, M., Plöchl, M., Linke, B., Schelle, H., & Herrmann, C. (2009). Biogas Crops – Part I: Specifications and Suitability of Field Crops for Anaerobic Digestion. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, XI, 1087–1093 [in English].

7. Vohra M., Manwar J., Manmode R., Padgilwar S., & Patil S. Bioethanol production: Feedstock and current technologies. *Journal of Environmental Chemical Engineering.* March 2014, Vol.2, Iss. 1. P.573–584. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2013.10.013> [in English].

8. Skrypnychenko, V.A. (2009). Innovatsiini aspekty vyrobnytstva biopalyva na Ukraini: stan, problemy, perspektyvy [Innovative aspects of biofuel production in Ukraine: state, problems, prospects 2009]. http://www.nbu.gov.ua/portal/chem_biol/nvnau/2009_142_1/09sva.pdf [in English].

9. Grabovsky, N.B., Grabovska, T.A., & Kurilo, V.L. (2018). Vyrashchivanie sorgo sahnogo i kukuruzy kak

bioenergeticheskikh kul'tur v sovmetnykh posevah. Growing of sugar sorghum and corn as bioenergy crops in joint crops. *Vesnik Paleskaga dzyarzhaynaga universiteta. Seryya pryrodaznaychyh navuk – Bulletin of Polesie State University. A series of natural sciences.* Pinsk, 2(33), 3–10. [in Ukrainian].

10. Amon, Th., Kryvoruchko, V., Amon, B., Bodiroza, V., Zollitsch, W., & Boxberger, J. (2006). Biogas Production from Energy Maize. *Landtechnik*, 2, 86–87 [in English].

11. Vozhehova, R., Marchenko, T., Piliarska, O., Lavrynenko, Y., Halchenko, N., & Lykhovyd, P. (2021). Grain corn product yield and gross value depending on the hybrids and application of biopreparations in the irrigated conditions. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 21(4), 611–619 [in English].

12. Amon, T., Kryvoruchko, V., & Amon, B. (2004). Methane production from maize, grassland and animal manures through anaerobic digestion. *Sustainable Organic Waste Management for Environmental Protection and Food Safety II*, 175–182 [in English].

13. Weiland, P., Bilitewski, B., Werner, P., Dornack, C., Stegmann, R., Rettenberger, G., Faulstich, M., & Wittmaier, M. (2008). Trockenfermentation in der Landwirtschaft-Welche Substrate und Techniken finden Anwendung. *Anaerobe biologische Abfallbehandlung*, 235–245 [in English].

14. Lewandowski, I., & Heinz, A. (2003). Delayed harvest of miscanthus – influences on biomass quantity, quality, and environmental impacts of energy production. *European Journal of Agronomy*, 19, 45–63 [in English].

15. Oechsner, H., & Lemmer, A. (2009). Was kann die Hydrolyse bei der Biogasvergärung leisten? VDI-Gesellschaft Energietechnik: Biogas 2009. *Energieträger der Zukunft*, 37–46 [in English].

16. Kozachok, Yu. I. (2010). Biznes-planuvannia vyroshchuvannia nasinnievoi kukurudzy na bioetanolu [Business planning for growing corn seed on bioethanol] *Zbirnyk naukovykh prats VNAU – Collection of scientific works of VNAU*, 42(1), 34–38 [in Ukrainian].

17. Blum, J.B., Geletukha, G.G., & Grigoryuk, I.P. (2010). *Novitni tekhnolohii bioenerhokonversii [The latest technologies of bioenergy conversion]*. Kyiv [in Ukrainian].

18. Kaletnik, H.M. (2010). *Biopalyvo. Prodovolcha, enerhetychna ta ekolohichna bezpeka Ukrainy [Food, energy and ecological security of Ukraine]*. Kyiv [in Ukrainian].

19. Polishkevich, O.R. (2011). Efektyvnist vykorystannia kukurudzy dlia vyrobnytstva alternatyvnykh palyv [Efficiency of using corn for the production of alternative fuels]. *Visnyk aharnoi nauky Prychornomia – Bulletin of Agrarian Science of the Black Sea Coast*, 3(60), 76–80 [in Ukrainian].

20. Palamarchuk, V.D., Vinnik, O.V., & Kovalenko, O.A. (2021). Vmist krokhmalii u zerni kukurudzy ta vykhid bioetanolu zalezho vid umov vehetatsii ta faktoriv tekhnolohii vyroshchuvannia [The starch content in corn grain and the yield of bioethanol depending on the growing conditions and factors of cultivation technology]. *Aharni innovatsii – Agrarian innovations*, 135–143 [in Ukrainian].

21. Analysis of the Ukrainian corn export market. 2015. My Club Internet Club. Analitika ukrainskoho rynku eksportu kukurudzy. 2015. Internet klub «Mii biznes». URL: http://tradehub.com.ua/ru/5546obzory/view/5383/analitika_kukuruza.htm [in Ukrainian].

22. Prutska, O.O. (2010). Derzhavne rehuliuвання rozvytku rynku biopalyva v Ukraini [State regulation of bio-fuel market development in Ukraine]. *Visnyk Zaporizkoho ahrarnoho universytetu – Bulletin of Zaporizhia Agrarian University*, 1, 179–182 [in Ukrainian].
23. Brazylia: v 2009 r. Spozhyvannia etanolu perevyshchyt spozhyvannia benzynu [Brazil: In 2009, ethanol consumption will exceed gasoline consumption]. URL: <http://www.agribusiness.kiev.ua/uk/news/ukraine/11-03-008/2875.11.03.2008> [in Ukrainian].
24. Titko, R., & Kalinichenko, V. (2010). *Vidnovliuvalni dzherela enerhii (dosvid Polshchi dlia Ukrainy) [Renewable energy sources (Polish experience for Ukraine)]*. Varshava: OWG, 533 [in Ukrainian].
25. Kamenshchuk, B.D. (2013). Otsinka hibrydiv kukurudzy na prydatnist do vyrobnytstva bioetanolu [Evaluation of maize hybrids for suitability for bioethanol production]. *Ahronom – Agronomist*, 3, 162–163 [in Ukrainian].
26. Fadeev, L. (2015). Kukurudza na puty k mylyardu tonn v hod [Corn on the way to a billion tons a year]. *Zerno–Grain*, 4(109), 78–84 [in Russian].
27. Kamenshchuk, B.D. (2009). Agroecological influence of growing conditions on grain productivity of maize hybrids of different maturity groups. [Ahroekolohichniy vplyv umov vyroshchuvannia na zernovu produktyvnist hibrydiv kukurudzy riznykh hrup styhlosti] *Stan ta perspektyvy rozvytku roslynnytskoi haluzi v umovakh zmin klimatu: 4-ta mizhnar. nauk.-prakt. konf. molodykh uchenykh, tezy dopovidei – Status and prospects of crop production in the context of climate change: 4th International. scientific-practical conf. young scientists, July 1-3, 2009: abstracts. Kharkiv: IR them. V.Ya. Yurieva UAAS*, 125–126 [in Ukrainian].
28. Dudka, T.V. (2012). Dotsilnist otrymannia bioetanolu iz zerna kukurudzy. [Expediency of obtaining bioethanol from corn grain]. *Sortovyvchennia ta okhorona prav na sorty roslin – Variety research and protection of plant variety rights*, 1, 44–47 [in Ukrainian].
29. Rybalka, O.I., Chervonis, M.V., Morgun, B.V., Pochinok, V.M., & Polishchuk, S.S. (2013). Genetic and selection criteria for the creation of varieties of grain crops of alcohol-distillate direction of technological use of grain [Henetychni ta selektsiini kryterii stvorennia sortiv zernovykh kultur spyрто-dystyliatnoho napriamu tekhnolohichnoho vykorystannia zerna]. *Physiology and biochemistry cult. plants – Fyziolohiya y byokhymiya kult. Rastenyi*, 45, 1, 3–20 [in Ukrainian].
30. Pavlov, A.N. (1967). *Accumulation of protein in wheat and corn grains. [Nakoplenye belka v zerne psheynytsu y kukuruzu]*. M.: Yzdatelstvo Nauka, 340 [in Russian].
31. Huliuk, N.H., Zhushman, A.Y., Ladur, T.A., & Shturkova, E.A. (1985). Yntensyvnie tekhnolohyy [Krokhmal y krakhmaloproduktu]. *Intensive technologies – Starch and starch products*, 240 [in Russian].
32. Sujit K. Mohanty & Manas R. Swain. (2019). Chapter 3 – Bioethanol Production From Corn and Wheat: Food, Fuel, and Future. *Bioethanol Production from Food Crops. Sustainable Sources, Interventions, and Challenges*. 45–59. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813766-6.00003-5> [in English].
33. Karimi, K., & Chisti, Y. Future of bioethanol... *Biofuel Research Journal*. Winter 2015: 147–147. DOI:10.18331/BRJ2015.2.1.2 [in English].
34. Bautista, K., Unpaprom, Y., & Ramesprabu, R. (2019). Bioethanol production from corn stalk juice using *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5020. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 41(13). <https://doi.org/10.1080/15567036.2018.1549136> [in English].
35. Yangcheng, H., Jiang, H., Blanco, M., & Jane, Jaylin. (2013). Characterization of Normal and Waxy Corn Starch for Bioethanol Production. *J. Agric. Food Chem*, 61, 2, 379–386. <https://doi.org/10.1021/jf305100n> [in English].
36. Gumienna, M., Szwengiel, A., Lasik, M., Szambelan, K., Majchrzycki, D., Adamczyk, J., Nowak, J., & Czarnecki, Z. (2016). Effect of corn grain variety on the bioethanol production efficiency. *Fuel*, 164, 386–392. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2015.10.033> [in English].
37. Sokolik, S.P. (2016). Perspektyvy vykorystannia kukurudzy na zerno v yakosti biopalyva. [Prospects for the use of corn for grain as a biofuel]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka – Bulletin of the Petro Vasylenko Kharkiv National Technical University of Agriculture*, 173, 168–176 [in Ukrainian].
38. *V Ukraini zareiestrovano hibryd kukurudzy dlia vyrobnytstva bioetanolu [A maize hybrid for bioethanol production has been registered in Ukraine]*. URL: <https://superagronom.com/news/4996-v-ukrayini-zareiestrovano-gibrid-kukurudzidlya-virobnitstva-bioetanolu> [in Ukrainian].
39. Migalya, M. D., Kabancya, V. M. (2011). Konopli [Hemp]. Sumy, 384 [in Ukrainian].
40. Mishchenko, S. V., Laiko, I. M., & Tkachenko, S. M. (2021). *Perspektyvy stvorennia i vprovadzhennia sortiv promyslovykh konopel na osnovi konverhentnykh skhreshchuvan v aspekti staloho rozvytku silskykh terytorii. Stiiki rozvytok silskykh terytorii u konteksti realizatsii derzhavnoi ekolohichnoi polityky ta enerhozberezhennia [Prospects for the creation and implementation of varieties of industrial hemp on the basis of convergent crosses in terms of sustainable development of rural areas. Sustainable development of rural areas in the context of the implementation of state environmental policy and energy conservation]*. Poltava, 78–89 [in Ukrainian].
41. Żuk-Gołaszewska, K., & Gołaszewski, J. (2018). Cannabis sativa L. – cultivation and quality of raw material. *J. Elem.* 23, 3, 971–984. DOI: 10.5601/jelem.2017.22.3.1500 [in English].
42. Adamovics, A.M., Ivanovs, S.A., & Dubrovskis, V.S. (2019). Methane production from industrial hemp. *Agricultural Machinery and Technologies*. 13, 2. 20–26. DOI: 10.22314/2073-7599-2018-13-2-20-26 [in English].
43. Asquer, C., Melis, E., & Scano, E.A. (2019). Opportunities for green energy through emerging crops: biogas valorization of *Cannabis sativa* L. residues. *Climate*. 7, 12. 142. DOI: 10.3390/cli7120142 [in English].
44. Kraszkiewicz, A., Kachel, M., & Parafiniuk, S. (2019). Assessment of the possibility of using hemp biomass (*Cannabis sativa* L.) for energy purposes: a case study. *Appl. Sci.* 9. 4437. DOI: 10.3390/app9204437 [in English].
45. Rehman, M.S.U., Saif, A., & Mahmood, T. (2013). Potential of bioenergy production from industrial hemp (*Cannabis sativa*): Pakistan perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 18. 154–164. DOI: 10.1016/j.rser.2012.10.019 [in English].
46. Prade, T. (2011). Industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) – a high-yielding energy crop: doctoral thesis. Alnarp, 93 [in English].

47. Prade, T., Svensson, S.E., & Mattsson, J.E. (2012). Energy balances for biogas and solid biofuel production from industrial hemp. *Biomass and Bioenergy*. 40. 36–52. DOI: 10.1016/j.biombioe.2012.01.045 [in English].

48. Kim, D. (2018). Physico-chemical conversion of lignocellulose: inhibitor effects and detoxification strategies: a mini review. *Molecules*. 23, 2. 309. DOI: 10.3390/molecules23020309 [in English].

49. Rahikainen, J.L., Martin-Sampedro, R., & Heikkinen, H. (2013). Inhibitory effect of lignin during cellulose bioconversion: the effect of lignin chemistry on non-productive enzyme adsorption. *Bioresource Technology*, 133, 270–278. DOI: 10.1016/j.biortech.2013.01.075 [in English].

50. Wawro, A., Batog, J., & Gieparda, W. (2019). Chemical and enzymatic treatment of hemp biomass for bioethanol production. *Appl. Sci.* Vol. 9, Iss. 24. 5348. DOI: 10.3390/app9245348 [in English].

51. Kumar, A.K., & Sharma, S. (2017). Recent updates on different methods of pretreatment of lignocellulosic feedstocks: a review. *Bioresour. Bioprocess.* 4. 7. DOI: 10.1186/s40643-017-0137-9 [in English].

52. Parawira, W., & Tekere, M. (2011). Biotechnological strategies to overcome inhibitors in lignocellulose hydrolysates for ethanol production: review. *Crit. Rev. Biotechnol.* 31, 1, 20–31. DOI: 10.3109/07388551003757816 [in English].

53. Lee, C. R., Sung, B., & Lim, K. M. (2017). Co-fermentation using recombinant *Saccharomyces cerevisiae* yeast strains hyper-secreting different cellulases for the production of cellulosic bioethanol. *Sci Rep.* 7. 4428. DOI: 10.1038/s41598-017-04815-1 [in English].

54. Kuglarz, M., Alvarado-Morales, M., & Karakashev, D. (2016). Integrated production of cellulosic bioethanol and succinic acid from industrial hemp in a biorefinery concept. *Bioresource Technology*. 200. 639–647. DOI: 10.1016/j.biortech.2015.10.081 [in English].

55. Zhao, J., Xu, Y., & Wang, W. (2020). Conversion of liquid hot water, acid and alkali pretreated industrial hemp biomasses to bioethanol. *Bioresource Technology*. 309. 123–135. DOI: 10.1016/j.biortech.2020.123383 [in English].

56. Frankowski, J., Wawro, A., & Batog, J. (2021). New Polish oilseed hemp cultivar Henola – cultivation, properties and utilization for bioethanol production. *Journal of Natural Fibers*. DOI: 10.1080/15440478.2021.1944439 [in English].

57. Moscariello, C., Matassa, S., & Esposito, G. (2021). From residue to resource: the multifaceted environmental and bioeconomy potential of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.). *Resources, Conservation and Recycling*, 175, 105–120. DOI: 10.1016/j.resconrec.2021.105864 [in English].

Вожегова Р.А., Лавриненко Ю.О., Марченко Т.Ю., Міщенко С.В., Пілярська О.О., Базиленко Є.О. Перспективні культури для біоенергетики України

Мета. Вивчення й аналіз світового досвіду вирощування кукурудзи та конопель для використання в біоенергетиці. Оцінка стану і потенціалу кукурудзи й конопель, найважливіших складових раціонального та різноманітного їх використання. **Методи.** Кількісне та якісне порівняння, абстрактно-логічний, аналітичний. **Матеріалами** досліджень слугували наукові праці з питань поточних та перспективних ресурсних можли-

востей виробництва біопалива в Україні та світі, енергетичний потенціал кукурудзи та конопель. **Результати.** Вирощування кукурудзи разом із продовольчим та кормовим нині асоціюється з новим напрямом використання, таким як переробка на біоетанол, оскільки зерно кукурудзи має високий вміст крохмалю (60–85%). Крохмаль, який міститься в зерні, спочатку розкладається до цукру, потім цей цукор у процесі бродіння перетворюється на алкоголь, після чого розчин піддають очищенню та випаровуванню. Вихід біоетанолу залежить перш за все від вмісту крохмалю у зерні, що визначається групою стиглості, підвидом гібриду. Найбільший вміст крохмалю (HIP_{05} гібрид = 0,42%) у середньому за три роки відзначено у групі середньопізніх гібридів: Тронка – 70,55%, Арабат – 71,21%, Віра – 72,82%, також у цих гібридів відмічався максимальний вихід крохмалю – 9,64, 9,84, 10,07 т/га відповідно. У наших дослідженнях максимальну врожайність сирієї надземної маси у «фазу молочна стиглість зерна» показали гібриди кукурудзи середньопізньої групи Арабат (ФАО 430) та Віра (ФАО 430). Максимальні значення розрахункового питомого виходу біогазу на основі вмісту елементів у силосній масі зафіксовано у гібриду кукурудзи Арабат (ФАО 430) – 7,041 тис. м³/га. Коноплі є конкурентоздатними, при виробництві біогазу і твердого біопалива, оскільки дають високі урожаї біомаси і добрий питомий вихід метану з потенціалом збільшення за умови попередньої обробки сировини. **Висновки.** Селекційна робота та вирощування вітчизняних сортів конопель та гібридів кукурудзи, є необхідною для України, що дозволить не тільки зменшити імпорт енергоносіїв та заощадити значні валютні ресурси, а також зміцнити економічну незалежність держави, покращити екологічну ситуацію, створити нові робочі місця, забезпечити розвиток спиртової галузі та підвищити інтерес аграріїв до вирощування сільськогосподарських енергетичних культур.

Ключові слова: кукурудза, коноплі, гібрид, сорт, крохмаль, біомаса, біогаз, біоетанол.

Vozhegova R.A., Lavrynenko Yu.O., Marchenko T.Yu., Mishchenko S.V., Piliarska O.O., Bazilenko Ye.O. Perspective culture for bioenergetics of Ukraine

Purpose. Study and analysis of world experience in growing corn and hemp for use in bioenergy. Assessment of the condition and potential of corn and hemp, the most important components of their rational and diverse use. **Methods.** Quantitative and qualitative comparison, abstract-logical, analytical. Research **materials** on current and future resource opportunities for biofuel production in Ukraine and the world, the energy potential of corn and hemp were used as research materials. **Results.** Growing corn together with food and feed is now associated with a new direction of use, such as processing into bioethanol, as corn grain has a high starch content (60–85%). The starch contained in the grain is first decomposed into sugar, then this sugar in the fermentation process is converted into alcohol, after which the solution is subjected to purification and evaporation. The yield of bioethanol depends primarily on the starch content in the grain, which is determined by the group of maturity, a subspecies of the hybrid. The highest starch content (HIP_{05} hybrid = 0.42%) on average for three years was observed in the group of mid-late hybrids: Tronka –

70.55%, Arabat – 71.21%, Vira – 72.82%, also in these hybrids there was a maximum starch yield - 9.64, 9.84, 10.07 t/ha, respectively. In our studies, the maximum yield of raw aboveground mass in the "phase of milk ripeness of grain" showed hybrids of corn of the late Late group Arabat (FAO 430) and Vira (FAO 430). The maximum values of the estimated specific yield of biogas based on the content of elements in the silage were recorded in the hybrid maize Arabat (FAO 430) – 7,041 thousand m³/ha. Hemp is competitive in the production of biogas and solid biofuels, as it gives high biomass yields and good

specific methane yield with the potential to increase with pre-treatment of raw materials. **Conclusions.** Selection and cultivation of domestic varieties of hemp and maize hybrids is necessary for Ukraine, which will not only reduce energy imports and save significant foreign exchange resources, but also strengthen economic independence, improve the environment, create new jobs, develop the alcohol industry and to increase the interest of farmers in the cultivation of energy crops.

Key words: mays, hemp, hybrid, variety, starch, biomasa, biogas, bioethanol.

ВПЛИВ МІКРОДОБРИВ ТА БІОПРЕПАРАТІВ НА ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ГОРОХУ ПОСІВНОГО

ВУЙКО О.М. – аспірант
orcid.org/0000-0002-1607-0869
Вінницький національний аграрний університет

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Горох однією з основних зернобобових культур в нашій країні. Він має високу харчову та кормову цінність. Зерно гороху являється головним джерелом рослинного білку. Урозрахунку на одну кормову одиницю горох містить більше 150 г перетравного білку [1].

Цінність гороху полягає в його універсальності. Його можна використовувати в харчовому, кормовому, технічному та агротехнічному напрямках. У насінні гороху залежно від сорту і погодних умов міститься 20–30% білка, 2–2,5% жиру, 55–65% безазотистих екстрактивних речовин та 4–5% клітковини [2].

За обсягами виробництва гороху Україна посідає одне з перших місць в Європі і всьому світі [3].

Згідно даних державної служби статистики України площі вирощування за останні одинадцять років мали сильне варіювання, збільшення чи зменшення посівних площ залежало від рівня врожайності попереднього року (Рис. 1). Спостерігається тенденція до зменшення починаючи з 2010 р. до 2014 р. в який також спостерігався найменший показник за досліджуваний період (153,5 тис. га), надалі починаючи з 2015 р. і до 2018 р. площі почали стрімко зростати і досягли максимального значення яке становило 426,1 тис. га обумовлено це насамперед активним попитом на зерно зазначеної бобової культури, збільшенням обсягів експортних поставок і досить високими закупівельними цінами, але ж у наступний 2019р. скоротились майже у 1,7 разів і становили 253,4 тис. га, за подальших три роки площі незначно змінювались,

варіювання між 2021р. і 2019 р. становило 11,3 тис. га, в загальному можна спостерігати, що в порівнянні з 2010 роком у 2021р. змінилися незначно, а саме зменшились на 36.4 тис. га.

Проаналізувавши дані врожайності гороху посівного за 2010–2021 рік (Табл. 1), можна виділити наступне: період з 2010р. по 2013р. були маловрожайними, що у призводило до поступового скорочення посівних площ; найурожайнішим виявився 2016 рік у який середнє значення врожаю по Україні становило 3,13 т./га, а у окремих господарствах досягала рівня 4,5 т./га; загалом середньорічний показник врожайності за останні десять років становить 2,13 т./га, що говорить про низький рівень використання потенціалу врожайності гороху посівного.

Загально відомо, що на формування врожаю впливає адаптивність рослин до діючих чинників навколишнього середовища: інтенсивності світла, температури повітря, вологості ґрунту, мінерального живлення [7, 8]. Більшість цих факторів контролювати людині не під силу, їм на противагу виступає мінеральне живлення яке залишається основним фактором підвищення продуктивності на який ми можемо вплинути.

Для нормального розвитку рослини і отримання якісного насіння гороху необхідно оптимально збалансована за макро– і мікроелементами система живлення. Яку неможливо отримати за рахунок тільки природних факторів родючості ґрунту. Тому підбір нових більш ефективних прийомів адаптивно-біологізованих технологій вирощування гороху в сучасних умовах погір-

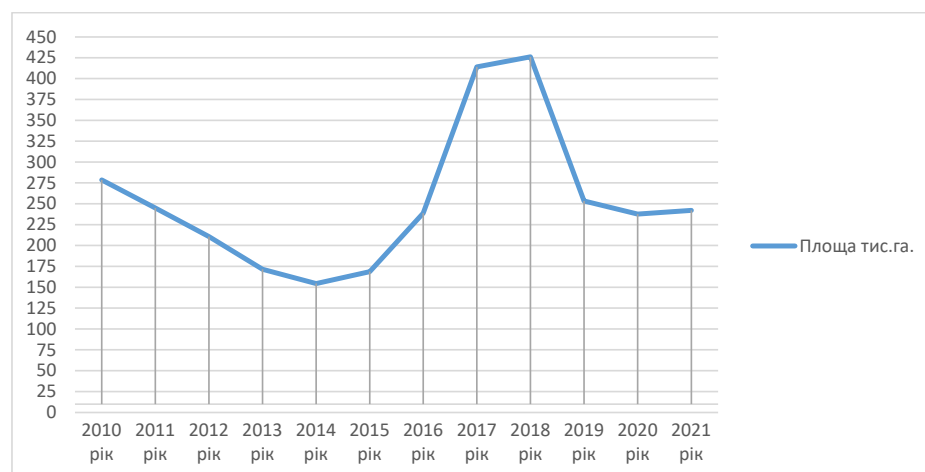


Рис. 1. Посівні площі гороху в Україні за 2010–2021 рік

Джерело [4, 5, 6]

Врожайність і гороху посівного за 2010–2021 рік

Рік	Площа тис.га	Урожайність т.	Валовий збір тис.т.
2010	278,5	1,62	451,2
2011	244,9	1,49	364,9
2012	210,7	1,66	349,8
2013	171,5	1,56	267,5
2014	153,5	2,34	359,2
2015	168,7	2,24	377,9
2016	238,7	3,13	747,1
2017	414,0	2,65	1097,1
2018	426,1	1,82	775,5
2019	253,4	2,26	572,7
2020	237,7	2,17	516,2
2021	242,1	2,33	564,1

Джерело [4, 5, 6]

шення екологічної ситуації та змін клімату має не тільки теоретичне, а й важливе практичне значення [9].

За для підвищення рівня врожайності важливим чинником виступає оптимізація живлення рослини. Значна кількість вчених провела велику кількість досліджень як експериментальних, так і теоретичних з питань удобрення гороху і зійшли загального висновку, що кожен елемент мінерального живлення має своєрідне значення, відповідно нестача будь-якого з них призводить до порушення фізіологічних процесів у рослині, погіршення їхнього росту й розвитку, зниження врожайності та його якості. Застосування біопрепаратів та мікродобрив на посівах цієї культури є актуальним та перспективним питанням в даний час [10].

У дослідженнях з вивчення ефективності впливу факторів інтенсифікації на продуктивність сортів гороху, які проводили протягом 2011–2013 рр. в стаціонарному багатофакторному польовому досліді відділу адаптивних інтенсивних технологій зернобобових, круп'яних і олійних культур ННЦ «Інститут землеробства НААН». Формування високих і сталих врожаїв бобових культур, в тому числі й гороху – значно складніший процес, ніж в інших культур. Це пов'язано зі слабкою можливістю регулювання числа плодоносних стебел, з поступовою і тривалою диференціацією генеративних органів і особливо з істотною залежністю їх розвитку від зовнішніх умов [11].

В технології вирощування гороху провідну роль надають стимуляції азотфіксації, оскільки нестача азоту негативно позначається на інтенсивності синтезу азотовмісних органічних сполук, функціонуванні фотосинтетичного апарату, ростових процесах рослин, що обмежує утворення репродуктивних органів та призводить до зменшення врожайності і зниження якості зерна [12].

Одним із шляхів вирішення даної проблеми є збільшення частки симбіотичного азоту в агроценозах під час забезпечення високоефективного симбіозу бобових культур і відповідними видами бульбочкових бактерій [13].

Азотфіксуючі мікроорганізми здатні щороку засвоювати з повітря від 40 до більш як 300 кг азоту на гектар. Цей азот не забруднює довкілля і не потребує значних енергетичних затрат на виробництво.

За результатами досліджень відділу симбіотичної азотфіксації Інституту фізіології рослин і генетики НАН України встановлено, що відповідальний за фіксацію молекулярного азоту є фермент нітрогеназа, який складається з двох металовмісних білкових компонентів: залізо- й молібдено-залізовмісного. Також з'ясовано, що чисті культури бульбочкових бактерій здатні синтезувати нітрогеназу і фіксувати молекулярний азот. Ефективність бобово-ризобіального симбіозу тісно пов'язана з особливостями азотного живлення рослин, а також із впливом інших фізіологічних чинників [14].

Загально відомо, що первинна взаємодія мікроорганізмів і рослин під час формування симбіозу починає відбуватись вже у період проростання насіння бобових, коли біологічно активні речовини, що інтенсивно секретуються насінням у навколишнє середовище, можуть впливати на властивості бульбочкових бактерій, а саме можуть стимулювати ростову активність ризобій, впливати на здатність специфічних бульбочкових бактерій формувати симбіотичні взаємовідносини з рослинами [15, 16, 17].

У свою чергу бульбочкові бактерії являються ініціаторами утворення спеціалізованих органів – бульбочок – на коренях бобових культур, після чого між рослиною і бактеріями виникає симбіоз: бактерії зв'язують молекулярний азот атмосфери, передають його рослині, яка, у свою чергу, забезпечує їх поживними речовинами [18, 19].

Відмічається також, що азотфіксуючі мікроорганізми не тільки покращують азотне живлення рослини, але й сприяють перетворенню важкорозчинних сполук ґрунту, в тому числі фосфорних, у більш доступні для рослин форми, які легко ними засвоюються. Окрім того, бактеріальні препарати можуть містити різноманітні фізіологічно активні речовини (гормони, вітаміни, амінокислоти, стимулятори росту рослин та ін.), які напряму впливають на регуляцію росту рослин, зокрема, поліпшують використання мінеральних добрив на 20–30 %, завдяки кращому розвитку кореневої системи й покращенню її поглинальних властивостей. Також заселивши корені, мікроорганізми запобігають інфікуванню рослини патогенними мікроорганізмами, що збільшує їх стійкість до хвороб.

Доведено, що використання біологічних препаратів впливає на посівні якості насіння, а саме збільшує енергію проростання та схожість насіння, а також сприяє інтенсифікації фотосинтезу в бактеризованих рослинах [20, 21, 22].

Відразу після відкриття явища симбіотрофної фіксації молекулярного азоту виникла думка використовувати бульбочкові бактерії для практичних цілей. Спочатку для цього застосовували ґрунт, на якому вирощувалися бобові культури. Такий ґрунт розкидали (2–4 т/га) на площах, призначених для посіву бобових, де вони раніше не вирощувалися. Більш ефективним виявився інший метод: з коріння бобових збирали бульби, підсушували і тонко подрібнювали. Таким матеріалом (з додаванням тальку, бентоніту) обробляли насіння бобових рослин перед посівом [23, 24, 25].

Сучасні ж інокулянти містять у своєму складі штучно культивовані бактерії та можуть мати різну препаративну форму наприклад водорозчинні концентрати, порошки, також вони можуть бути створені на основі стерильного торфу.

У ґрунті, в який висівається бобова культура, має міститись достатня кількість бульбочкових бактерій, специфічних для даного виду культурної рослини. Якщо бактерії в ґрунті відсутні, насіння доцільно обробляти бактеріальними препаратами (ризоторфін, нітрагін, бінітро та інш.).

Нітрагінація зернобобових культур особливо ефективна при висіві їх у нових районах вирощування, або після тривалої перерви в їх висіванні. Приріст урожаю від обробки бактеріальними добривами сягає 30-40 %, особливо якщо не вносити азотні добрива [26].

За результатами дослідження Горбаньова В.О. лабораторна схожість насіння за рахунок обробки посівного матеріалу інокулянтами Оптімайз Пульс та та BiNitrov середньому збільшувалась на 1,7%, у подальшому після обробки спостерігалось подовження міжфазного періоду цвітіння – повна стиглість, тобто збільшився період формування генеративних органів, також починаючи з фази бутонізації, рослини гороху мали більшу вегетативну масу у варіантах досліді, де проводили сівбу культури інокульованим насінням. За рахунок інокуляції посівного матеріалу збільшилась кількість бобів на рослині від 3,5 до 4,4 шт. та збільшилась маса насіння отриманого з однієї рослини [27].

Болюра Є.В. у своєму досліді показує, що передпосівна обробка насіння препаратом Бінітро має позитивний вплив на показники польової схожості насіння. У середньому за роки досліджень польова схожість насіння у варіантах без інокуляції насіння становила 81,5 %, а у варіантах з сівбою інокульованим насінням вона збільшилась до 90,0 %, також відзначається, що вимірювання висоти рослин у фазу цвітіння показало, що під впливом інокуляції висота рослин у фазу цвітіння збільшилась на 4,1 см. Інокулювання насіння при сівбі сприяло істотному збільшенню врожайності в середньому на 3,5 ц/га, що є суттєвим приростом [28].

Дослідження багатьох вчених показують, що при застосуванні вискоєфективних штамів бульбочкових бактерій у симбіозі з зернобобовими культурами їх

продуктивність збільшується на 10–30 %, а вміст білка у зерні – на 2–6 % [29, 30].

У досліді Довбиш Л.Л. та Кравчук М.М. горох обробляли інокулянтами Actiseed та Біоінокулянт–БТУ–т та спостерігали збільшення ступеня озерненості бобів на 17,1–20 %, а також покращилась якість насіння гороху – вміст білка у зерні збільшився на 13,6–17,8 % порівняно з контролем [31].

Отже, використання біологічних препаратів, які стимулюють симбіотичну азотфіксацію у гороху являється досить позитивним засобом покращення умов живлення та розвитку рослин гороху, варто відмітити, що внесення цих препаратів в передпосівну обробку дозволяє в період формування симбіотичного апарату кореня активувати синтез органічних сполук задіяних у депонуванні енергії, цим самим збільшити енергію проростання та схожість насіння, підвищити стійкість рослин до несприятливих чинників довкілля та забезпечити підвищення урожаю та поліпшення його якості. Слід врахувати також сприятливий вплив бактеризації рослин на ґрунтову родючість та екологічну обстановку (оскільки залучений до агроєкосистем біологічно фіксований азот є альтернативою мінеральних азотних добрив).

Вартотакож відзначити, що величезну роль життєдіяльності живих організмів належить мікроелементи, оскільки нестача окремих мікроелементів призводить до значних збоїв життєдіяльності рослин. Кожна культура рослина використовує тільки ті, якій потрібні і в мінімальній кількості, але їх нестача в поживному середовищі порушує обмін речовин, хід фізіолого-біологічних процесів і, як наслідок, знижує урожай та його якість [32].

Так, надходження азоту в рослини знижується при дефіциті заліза, марганцю і цинку. Позитивно впливають на поглинання азоту молібден і кобальт. Поглинання рослинами фосфору збільшується при наявності міді, цинку, кальцію і молібдену, але зменшується під впливом магнію і заліза. Надходження в рослини калію знижується під впливом міді, марганцю, нікелю, цинку, молібдену, заліза і бору, а зростає при наявності хлору [33].

Вплив мікроелементів на підвищення кількості та якості врожаю полягає в тому, що при наявності потрібної кількості їх рослини можуть синтезувати потрібний їм спектр ферментів. Їхнє застосування збільшує енергію проростання насіння та прискорює розвиток зародкових корінців, позитивно впливає на подальший ріст рослин і врожай сільськогосподарських культур [34, 35, 36].

Також мікроелементи входять до складу багатьох вітамінів, ферментів, активують їх роботу, беруть участь в азотних і вуглеводневих обмінах рослин, в окисно-відновних процесах, підсилюють процес фотосинтезу, впливають на дихання, а також на перетворення і пересування речовин, на ріст, розвиток та стійкість рослин до різних несприятливих факторів і збудників хвороб. [37, 38].

Нестачу мікроелементів може викликати різні відхилення в рості і розвитку рослин, що призведе до зниження урожайності і погіршить якість продукції. Саме тому мікроелементи неможливо замінити жодними іншими речовинами, а їх нестача може негативно вплинути на ріст і розвиток рослин [39, 40].

Як вже зазначалось вище головними мікроелементами для гороху є молібден, бор, цинк, кобальт та мідь важливим є внесення їх у доступних для рослин формах (Табл. 2). Конкретніше про їх значення у проходження фізіологічних процесів у рослинах:

Молібден приймає участь у синтезі амінокислот і білків, відновленні нітратів до аміаку; синтезі вітамінів і хлорофілу, регулює процес трансформації азоту в рослині, активізує окисно-відновні процеси. Сприяє засвоєнню азоту, заліза і фосфору, покращує живлення рослин кальцієм. Підвищує вміст білка в зерні.

За середньої врожайності 2,3 т/га бобовими виноситься з ґрунту до 10 г молібдену. Цей мікроелемент відіграє важливу роль у життєдіяльності бульбочкових бактерій, за його відсутності знижується фіксація ними атмосферного азоту. Окрім того, молібден збільшує коефіцієнт використання азотних добрив [41].

Бор необхідний рослинам протягом усієї вегетації, найбільша його потреба виникає під час дозрівання та диференціації клітин. Бор бере участь у синтезі білків, при цьому його не можна замінити іншими елементами живлення. Його нестача призводить не лише до зниження врожаю, а й до погіршення його якості у гороху це сильно проявляється у фазу технічної стиглості.

За дефіциту бору в посівах гороху в бульбочках не формуються судинні пучки, внаслідок чого порушується розвиток бактеріальної тканини [42].

Цинк бере участь у багатьох фізіологічних процесах, які протікають в рослині, а саме фото-, синтезі амінокислот, хлорофілу, органічних кислот, вітамінів, в окисно-відновних процесах, обміні вуглеводів, ліпідів, фосфору, сірки. Сприяє накопиченню фітогормону ауксину; необхідний для росту міжвузль. За рахунок стабілізації дихання у разі зміни температурних умов підвищує жаро-, посухостійкість рослин, вміст білка, стійкість до ураження хворобами [43].

Мідь впливає на азотний обмін у рослинах, активно бере участь у процесі фотосинтезу, підсилює утворення білків, жирів, вітаміну С, підвищує інтенсивність дихання і фотосинтезу, морозо-, засухо-, і жаростійкість, стійкість до хвороб, покращує утворенню плодів і насіння, підсилює поглинання азоту і магнію [43].

Кобальт активізує роботу багатьох ферментів, зокрема нітратредуктази, важливої для азотного живлення бобових культур. Він є складовою вітаміну В12, якого багато в бульбочках на коренях бобових рослин. Кобальт впливає на синтез хлорофілу, нагромадження вуглеводів і жирів у рослинах, підвищує інтенсивність дихання, стимулює біосинтез нуклеїнових кислот

і аскорбінової кислоти, бере активну участь у реакціях окислення та відновлення, позитивно впливає на енергетичний обмін. Найбільше він концентрується в генеративних органах рослини, він відіграє важливу роль у процесах запліднення, регулює процес трансформації азоту в рослині [37].

Найціннішим є молібден, який впливає на симбіотичну азотфіксацію. Приріст урожаю від внесення молібдену становить 2–3 ц/га. Його вплив на врожайність прирівнюється до внесення 30 кг/га д.р. азоту [45].

Молібден і бор покращують надходження азоту в рослини гороху. Приріст урожаю від внесення цих елементів разом може складати 2–4 ц/га [46].

Із узагальнення матеріалів багатьох досліджень визначено, що мідь і цинк мажуть призвести до збільшення врожаю в середньому на 3 ц/га [47].

Потреба гороху у мікродобривах зростає після застосування підвищених норм мінеральних добрив. Мікродобрива використовують зазвичай у вигляді позакореневого підживлення і шляхом передпосівної обробки насіння [48].

На сьогоднішній день мікродобрива використовують переважно в комплексах, тобто містять у своєму складі декілька елементів у концентраціях, які найкраще поєднуються та підходять як найкраще до певної фази росту рослини, оскільки величезне значення у максимальній реалізації генетичного потенціалу сортів гороху в господарському врожаї відіграє важливість внесення певного мікроелемента у основні фази розвитку рослин (табл. 3).

Згідно дослідів Коваленка О.А. можна констатувати, що застосування мікроелементів задля обробки насінневого матеріалу культури гороху здійснюють вплив як на біометричні показники рослин так і на продуктивність їх в цілому.

Згідно його дослідів урожайність гороху за обробки насіння перед сівбою мікродобривом Наномікс, підвищувалась в середньому на 2,4 ц/га [49].

Отже, на основі вище викладеного можна зробити висновок що застосування мікродобрива в поєднанні із біопрепаратами є найбільш оптимальним чинником підвищення врожайності гороху посівного.

Висновок. Горох є досить важливою сільськогосподарською культурою, відіграє важливу роль в структурі посівних площ. Причиною зниження врожаїв є поширення шкідників і збудників хвороб, швидке зростання засміченості полів та не обґрунтоване використання добрив. Удосконалення технології вирощування гороху за рахунок використання мікродобрив та біопрепаратів

Таблиця 2

Форми та норми внесення мікроелементів

Хімічний елемент	Форма для внесення	Норми внесення г/га
Молібден	Молібденовокислий амоній	150–200
Бор	Борна кислота Бормагнієве добриво	200–300
Цинк	Сірчаноокислий цинк	200–300
Мідь	Сірчаноокисла мідь	20–300
Кобальт	Сірчаноокислий кобальт	200–300

Джерело [44]

є досить важливою умовою підвищення його урожайності, підвищення якої допоможе збільшити посівні площі під горохом і тим самим задовольнити потребу нашої країни в білках.

На основі теоретичного матеріалу було розглянуто вплив мікродобрив та біопрепаратів на формування врожайності гороху посівного; визначено їх роль у проходженні фізіологічних процесів у рослині; розглянуто їх взаємодію та періоди потреби рослин в мікроелементах. Отримані дані допоможуть краще зрозуміти фізіологічні процеси в рослинах гороху та збалансувати його живлення за всіма елементами, що повинно призвести до збільшення кількості і якості врожаю.

Перспективи подальших досліджень. У подальшому планується дослідити питання впливу на якісні показники зерна гороху посівного поєднання різних комбінацій мікродобрив з біологічними препаратами, що допоможе створити більш оптимальну технологію його вирощування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Присяжнюк О.І. Підвищення продуктивності гороху в умовах центральної під зони Лісостепу України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук. К.: 2006. С. 20.
2. Tsyganov A., Vildfluh O. The influence of micro-fertilizers on productivity and quality of peas grain on sward podzolic soil. *Annales universitatis. Mariae Curie Skłodowska. Lublin.* 2004. Vol. lix. № 4. P. 1527–1532.
3. Адамець Ф.Ф., Вергунов В.А., Лазер П.Н., Вергунов И.Н. Агробиологические особенности возделывания зернобобовых в Украине. К.: Аграрна наука. 2006. С. 456.
4. Державна служба статистики України «СТАТИСТИЧНИЙ ЗБІРНИК». За редакцією Н.С. Власенко. 2013. С. 90–91.
5. Державна служба статистики України «СТАТИСТИЧНИЙ ЗБІРНИК». 2018. С. 94–96.
6. Державна служба статистики України «СТАТИСТИЧНИЙ ЗБІРНИК». 2019. С. 90–92.
7. Князюк О.В. Вплив технологічних прийомів вирощування на фотосинтетичну продуктивність гібридів кукурудзи. *Агробіологія. Зб. наук. праць, Біла Церква.* 2012. № 9. С. 116–120.
8. Князюк О. В., Липовий В. Г. Агроекологічне випробування та підбір гібридів кукурудзи різних груп стиглості для силосного конвеєру в умовах правобережного. *Агробіологія. Зб. наукових праць, Біла Церква.* 2011. № 6. С. 103–106.
9. Демиденко Г. А., Фомина Н. В. Сельскохозяйственная экология : учеб. пособие. Красноярск : Краснояр. гос. аграр. ун-т. 2019. С. 330.
10. Камінський В.Ф., Дворецька С.П., Костина Т.П.. Вплив передпосівної обробки насіння мікроелементами та біологічними препаратами на урожайність гороху. *Землеробство.* 2012. Вип. 84. С. 82–87.
11. Рябокін Т.М., Дворецька С.П., Єфіменко Г.М. Продуктивність сортів гороху залежно від рівня інтенсифікації технології вирощування. *Вісник Центру наукового забезпечення агропромислового виробництва Харківської області.* Харків. 2014. № 16
12. Дидович С.В. Интродукция клубеньковых бактерий в микробные ценозы почвы при выращивании

новых видов бобовых растений на юге. *Бюл. Держ. Нікітського бот. саду.* 2004. № 89. С. 38–41.

13. Бутвина О. Ю. Толкачев Н. З. Князев А. В. Высоко конкурентные штаммы клубеньковых бактерий – основа эффективности биопрепаратов. *Мікробіол. журн.* 1997. Т. 59. № 4. С. 123–131.

14. Коць С.Я. Дослідження біологічної фіксації азоту інституті фізіології рослин генетики НААН України. *Фізіологія рослин і генетика* 2016. Т. 48. № 3. С. 215.

15. Hartwig U.A., Joseph C.M., Philips D.A. Flavonoids released naturally from alfalfa seeds enhance growth of *Rhizobium meliloti*. *Plant Physiol.* 1991–95. P. 797–803.

16. Мельникова Н.М. Формування бобово-ризобіального симбіозу за дії ексудатів насіння люпину. *Наук. зап. Тернопіл. нац. пед. Ун-ту ім. Володимира Гнатюка. Сер. Біологія.* 2014. № 60. С. 131–134.

17. Мельникова Н.Н., Омельчук С.В. Влияние семенных экссудатов бобовых растений на формирование бобово-ризобияльного симбиоза. *Прикл. биохимия и микробиология.* 2009. № 3. С. 331–337.

18. Коць С.Я., Маліченко С.М., Кругова О.Д. та ін. Фізіолого-біохімічні особливості живлення рослин біологічним азотом. К.: Логос, 2001. С. 271.

19. Минеральный и биологический азот в земледелии СССР. отв. ред. Е.Н. Мишустин. М.: Наука, 1985. С.270

20. Патица В.П., Коць С.Я., Волкогон В.В. та ін. Біологічний азот. за ред. В.П. Патици. К.: Світ, 2003. С. 424.

21. Волкогон В.В. Мікробіологічні аспекти оптимізації азотного удобрення сільськогосподарських культур. К.: Аграр. наука, 2007. С. 144.

22. Молекулярные основы взаимоотношений ассоциативных микроорганизмов с растениями. отв. ред. В.В. Игнатов. М.: Наука, 2005. С. 262.

23. Власова, О.И. Влияние элементов агротехники на продуктивность гороха. *Политематический сетевой научный журнал.* КуГАУ. 2011. № 70. С. 707–716.

24. Хотянович, А. В. Производство торфяных препаратов клубеньковых бактерий. *Тр. ВНИИ сельхоз. микробиологии.* 1980. Т. 50. С. 356.

25. Хотянович А.В., Чиканова В.В., Бочаров А.В. Эффективность различных методов инокуляции бобовых растений препаратами клубеньковых бактерий. *Прикладная биохимия и микробиология.* 1982. Т. 18. Вып. 4. С. 228.

26. Фази росту, розвитку, етапи онтогенезу гороху. Режим доступу до ресурсу: URL: https://studopedia.su/13_171782_fazi-rostu-rozvitku-etapi-organogenezu-gorohu.html

27. Горбаньов В.О. Вплив інокуляції насіння на врожайність гороху. Зб. матеріалів IV міжнар. наук.-прак. Інтерконф. «Ефективне функціонування екологічно-стабільних територій у контексті стратегії стійкого розвитку: агроекологічний, соціальний та економічний аспекти» 2020. С. 216–217.

28. Болюра Є.В. Врожайність гороху залежно від інокуляції насіння препаратом Бінітро. *Сучасний стан науки в сільськогосподарстві та природокористуванні: теорія і практика.* 2019. С. 44–45.

29. Дидович С.В., Толкачев Н.З., Мельничук Т.Н. Биопрепараты в агротехнологиях выращивания зернобобовых культур. *Бюллетень Регионального ЦНО АПП. АР Крым : Агромир.* 2012. № 13. 8 с.

30. Мікробні препарати в сучасних аграрних технологіях (науково-практичні рекомендації). за ред. В. В. Волкогона. Київ, 2015. С. 248.

31. Довбиш Л.Л., Кравчук М.М. Вплив біологічних інокулянтів на урожайність та якість гороху посівного (*pisumsativum*) у органічному виробництві. Наукові читання 2020 : збірн. тез доп. наук.-практ. конф. наук.-пед. працівн., докторантів, аспірантів та молодих вчених аграрн. ф-ту. С. 16–17.

32. Микроэлементы в сельском хозяйстве (изданиетретье, переработанное и дополненное). Под ред. С. Ю. Булыгина. Днепропетровск : «Сич», 2007. 100 с.

33. Москалець В.В., Шинкаренко В.К. Застосування мікробних препаратів і мікроелементних добрив на якість зерна сої. *Агроекологічний журнал*. 2004. № 3. С. 20.

34. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України. за ред. С.А. Балюка, В.В. Медведєва, О.Г. Тараріка, В.О. Грекова, А.Д. Балаєва. Київ. 2010. С. 111.

35. Господаренко Г.М. Агрохімія мінеральних добрив. Київ, 2003. С. 135.

36. Мірошніченко М.М., Десенко В.Г., Жадан Б.І., Севастьянов О.Б., Проблеми оцінки забезпеченості ґрунтів мікроелементами за результатами еколого-агрохімічної паспортизації. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2006. № 4. Т. 2. С. 101–106.

37. Недільська У.І. Вплив мікроелементів на життєдіяльність рослин. *Сучасний стан науки в сільськогосподарстві та природокористуванні: теорія і практика*. 2020. С. 124.

38. Шерстобоева Е.В., Дудинова І.А., Крамаренко С.Н. Биопрепараты азотфиксирующих бактерий: проблемы и перспективы применения. *Мікробіологічний журнал*. 1999. Т. 59. № 4. С. 110–116.

39. Стасик О.О. Вплив позакореневої обробки рослин озимої шени цінаноаквахелатним комплексом мікроелементів «Аватар-1» на показники продукційного процесу та структуру врожаю. Тези доповідей. 2011. С. 44

40. Яцук І.П., Панасенко В.М., Науменко А.С., Венгліньський М.О., Годинчук Н.В. Особливості забезпечення мікроелементами ґрунтів України. *Агроекологічний журнал*. 2015. № 4, С. 63–69.

41. Венгліньський М.О., Глущенко М.К., Годинчук Н.В., Хмара Т.І. Роль мікроелементів у живленні рослин та покращенні родючості ґрунтів. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. 2014. Випуск 1. С. 73–75.

42. Огурцов Ю.Є. Урожайність рослин залежно від застосування регуляторів росту рослин і мікродобрива на різних фонах живлення. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2015. № 2(51). С. 24–28.

43. Іщенко В., Козлець Г., Гайденко. О. Журнал Агробізнес сьогодні 2020. <http://agro-business.com.ua>

44. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів : НВФ «Українські технології». 2006. С. 346–347.

45. Лукин С.В., Авраменко П.М., Корнейко Н.И. Кобальт и молибден в почвах Белгородской области. *Агрохимический вестник*. 2008. № 2. С. 12.

46. Вильдфлуш И.Р., Мишура О.И., Мамашевская О.В. Агроэкономическая оценка применения новых форм удобрений и регуляторов роста при возделывании

гороха. *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2016. № 1. С. 76–77.

47. Надкерничная Е.В., Ковалевская Т.М. Влияние свободноживущих азотфиксирующих бактерий на формирование и функционирование бобово-ризобиального симбиоза у некоторых сельскохозяйственных культур. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2001. № 4. С. 355–362.

48. Алексевиц М.А., Ваник М.С., Конончук О.М., Оптимізація фізіолого-біологічних процесів у сої застосуванням регуляторів росту рослин та молібдену. Проблеми та перспективи наук в умовах глобалізації. Матеріали ІХ Всеукр. Наук. конф. 2013 р. С. 224–227.

49. Коваленко О.А. Застосування мікродобрив та біопрепаратів в зоні південного степу України за вирощування гороху. *Сільське господарство та лісівництво*. № 22. 2021. С. 22–23.

50. Чому українські фермери ніяк не повірять в мікродобрива. Режим доступу до ресурсу: URL: Agravery.com/uk/posts/show/goduvati-cerez-lista-comu-ukrainski-fermeri-niak-ne-povirat-v-mikrodobryva

REFERENCES:

1. Prisyazhnyuk O.I. (2006). Pidvyshchennia produktyvnosti horokhu v umovakh tsentralnoi pid zony Lisostepu Ukrainy: avtoref.dys.na zdobuttia nauk.stupenia kands.h.nauk. [Increasing the productivity of peas in the central subzone of the Forest-Steppe of Ukraine. Extended abstract of candidate's thesis] Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets. Kyiv [in Ukrainian].

2. Tsyganov A. Vildflush, O. (2004). Vplyv mikrodobryv na vrozhaunist i yakist zerna horokhu na opidzoleni travu. Analizy Universytetu Mariia Kiuri Skladovska. [The influence of microfertilizers on productivity and quality of peas grain on sward podzolic soil. Annals of the University Marial Curie Skladowska], 4, 1527–1532 [in Poland].

3. Adamets F.F., Vergunov V.A., Laser P.N., Vergunov I.N. (2006). Agrobiologicheskie osobnosti vozdeleyivanie zernobobovyih v Ukraine. [Agrobiological features of cultivation of legumes in Ukraine (p. 456)]. Kyiv : Agrarian science [in Russian].

4. Vlasenko N.S. (Ed.). (2013). Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy «STATYSTYCHNYI ZBIRNYK». [State Statistics Service of Ukraine "STATISTICAL COLLECTION"]. 90–91 [in Ukrainian].

5. (2018). Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy «STATYSTYCHNYI ZBIRNYK». State Statistics Service of Ukraine "STATISTICAL COLLECTION". 94–96 [in Ukrainian].

6. (2019). Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy «STATYSTYCHNYI ZBIRNYK». State Statistics Service of Ukraine "STATISTICAL COLLECTION". 90–92 [in Ukrainian].

7. Knazuk O.V. (2012). Vplyv tekhnolohichnykh pryiomiv vyroshchuvannia na fotosyntetychnu produktyvnist hibrydiv kukurudzy. Ahrobiolohiia. [Influence of technological methods of cultivation on photosynthetic productivity of maize hybrids. Agrobiology], 9, 116–120 [in Ukrainian].

8. Knyazyuk O.V., Lipovy V.G. (2011). Ahroekolohichne vyprovuvannia ta pidbir hibrydiv kukurudzy riznykh hrup styhlosti dlia sylosnoho konveieru v umovakh pravoberezhnoho. Ahrobiolohiia. [Agroecological testing and selection of maize hybrids of different maturity groups for the silage conveyor in the conditions of the right bank. Agrobiology], 6, 103–106 [in Ukrainian].

9. Demidenko G.A., Fomina N.V. (2019). Selskohozyaystvennaya ekologiya. [Agricultural ecology]. Krasnoyarsk [in Russian].
10. Kaminsky V.F., Dvoretzskaya S.P., Kostina T.P. (2012). Vplyv peredposivnoi obrobky nasinnia mikroelementamy ta biolohichnymy preparatamy na urozhainist horokhu. Zemlerobstvo. [Influence of pre-sowing treatment of seeds with microelements and biological preparations on pea yield. Agriculture], 84, 82–87, doi: 10.32702/2306-6792.2020.17-18.60 [in Ukrainian].
11. Ryabokin T.M., Dvoretzskaya S.P., Efimenko G.M. (2014). Produktivnist sortiv horokhu zalezno vid rivnia intensyfikatsii tekhnologii vyroshchuvannia. Visnyk Tsentru naukovooho zabezpechennia ahropromyslovoho vyrobnytstva Kharkivskoi oblasti. [Productivity of pea varieties depending on the level of intensification of cultivation technology. Bulletin of the Center for Scientific Support of Agro-Industrial Production of Kharkiv Region], 16, 38–39 [in Ukrainian].
12. Didovich S.V. (2004). Introduktsiya klubenkovykh bakteriy v mikrobnyye tsenozy pochvy pri vyiraschivanii novih vidov bobovykh rasteny na yuge. Byul. Derzh. Nikitskogo bot. sadu. [Introduction of nodule bacteria into microbial coenoses of the soil during the cultivation of new species of legumes in the south. State Nikitsky botanic garden], 89, 8–41 [in Ukrainian].
13. Butvina O.Yu., Tolkachev N.Z., Knyazev A.V., 1(997). Vyisoko konkurentnyie shtammy klubenkovykh bakteriy – osnova effektivnosti biopreparatov. Mikrobiologicheskii zhurnal [Highly competitive strains of nodule bacteria – the basis of the effectiveness of biological products. Microbiologicheskii zhurnal], 4, 123–131, doi: 10.13122/0201-8462-(2)1997.08 [in Russian].
14. Kot S.Ya. (2016). Doslidzhennia biolohichnoi fiksatsii azotu v instytuti fiziologii roslyn henetyky NAAN Ukrainy. Fizioloheia roslyn y henetyka [Research of biological nitrogen fixation at the Institute of Plant Physiology and Genetics of NAAS of Ukraine. Plant Physiology and Genetics], 48(3), 215, doi: 10.1407/frg2018.06.463 [in Ukrainian].
15. Hartwig U.A., Joseph C.M., Philips D.A. (1991–95). [Flavonoids released naturally from alfalfa seeds enhance the growth rate of Rhizobium meliloti. Plant Physiol], 797–803 [in Poland].
16. Mel'nykova H.M. (2014). Formuvannia bobovo-ryzobialnoho symbiozu pid diieiu eksudativ nasinnia liupynu. Naukovi zapysky Ternopilskoi oblasti NPU imeni Volodymyra Hnatiuka. [Formation of bean-rhizobial symbiosis under the action of lupine seed exudates. Scientific notes of Ternopil region of the Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University], 60, 131–134 [in Ukrainian].
17. Melnikova N.N., Omelchuk S.V. (2009). Vliyanie semennykh eksudatov bobovykh rasteny na formirovanie bobovo-rizobialnogo simbioza. Prikl. biokhimiya i mikrobiologiya. [Influence of legume seed exudates on the formation of bean-rhizobial symbiosis. Applied biochemistry and microbiology], 3, 331–337 [in Russian].
18. Kots S.Y., Malichenko S.M., Krugova O.D. etc. (2001). Fizioloheo-biokhimični osoblyvosti zhyvlennia roslyn biolohichnym azotom. [Physiological and biochemical features of plant nutrition with biological nitrogen (p. 271)]. Kyiv : Logos [in Ukrainian].
19. Mishustin E.N. (Ed.). (1985). Mineralnyi i biologicheskii azot v zemledelii SSSR. [Mineral and biological nitrogen in agriculture of the USSR (p.270)]. Moskva : Nauka. [in Russian].
20. Patika V.P., Kots S.Y., Volkogon V.V. (Ed.). (2003). Biolohichni azot. [Biological nitrogen (p. 424)]. World. Kharkiv [in Ukrainian].
21. Volkogon V.V. (2007). Mikrobiolohichni aspekty optymizatsii azotnoho udobrennia silskohospodarskykh kultur. [Microbiological aspects of nitrogen fertilizer optimization of agricultural crops (p. 144)]. Kyiv : Agrarian Science [in Ukrainian].
22. Ignatov V.V. (Ed.). (2005). Molekulyarnyye osnovy vzaimootnosheniy assotsiatyvnykh mikroorganizmov s rastenyami. [Molecular basis of the relationship of associative microorganisms with plants (p.262)]. Moskva: Nauka. doi: 10.35868/1997-3004.5.135-144 [in Russian].
23. Vlasova O.I. (2011). Vliyanie elementov agrotehniky na produktivnost goroha. Politematicheskii setevoi nauchnyy zhurnal. [Influence of elements of agricultural techniques on pea productivity. Polythematic online scientific journal], 70, 707-716, doi: 10.13442/4798-0752-(70)2011.03 [in Russian].
24. Khotyanovich A.V. (1980). Proizvodstvo torfyanykh preparatov klubenkovykh bakteriy. Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut selskohozyaystvennoy mikrobiologii. [Production of peat preparations of nodule bacteria. All-Russian Research Institute of Agriculture microbiology], 50, 356 [in Russian].
25. Khotyanovich A.V., Chikanova V.V., Bocharov A.V. (1982). Effektivnost razlichnykh metodov inokulyatsii bobovykh rasteny preparatov klubenkovykh bakteriy. Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya. [Efficacy of various methods of inoculation of legumes preparations of nodule bacteria. Applied biochemistry and microbiology], 18(4), 228 [in Ukrainian].
26. Fazy rostu, rozvytku, etapy ontogenezu horokhu. [Phases of growth, development, stages of ontogenesis of peas]. Retrieved from: https://studopedia.su/13_171782_fazy-rostu-rozvitku-etapy-organogenezu-gorohu.html [in Ukrainian].
27. Gorbanyov V.O. (2020). Vplyv inokulyatsii nasinnia na vrozhainist horokhu. Efektyvne funktsionuvannia ekolohichno stabilnykh terytorii u konteksti stratehii staloho rozvytku: ahroekolohichni, sotsialni ta ekonomichni aspekty: Zbirnyk materialiv IV Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi Internet-konferentsii. [Influence of seed inoculation on pea yield. Effective functioning of ecologically stable areas in the context of sustainable development strategy: agri-environmental, social and economic aspects: Collection of materials of the IV International Scientific Practice Internet conference]. Poltava. 216–217 [in Ukrainian].
28. Bolyura E.V. (2019). Vrozhainist horokhu zalezno vid inokulyatsii nasinnia preparatom Binitro. Suchasnyi stan nauky v silskomuhospodarstvi ta pryrodokorystuvanni: teoriia i praktyka. [Yield of peas depending on inoculation of seeds with the drug Binitro. The current state of science in agriculture and nature management: theory and practice], 44–45 [in Ukrainian].
29. Didovich S.V., Tolkachev N.Z., Melnichuk T.N. (2012). Biopreparaty v agrotekhnologiyah vyiraschivaniya zernobobovykh kultur. Byulleten Regionalnogo TsNO APP. [Biologicals in agrotechnologies of growing legumes. Bulletin of the Regional CNO APP], 13, 8 [in Russian].
30. Volkogon V.V. (Ed.). (2015). Mikrobni preparaty v suchasnykh ahrarnykh tekhnolohiiakh naukovo-prak-

tychni rekomendatsii. [Microbial drugs in modern agricultural technologies scientific and practical recommendations (p. 248)]. Kyiv. doi: 10.32636/01308521.2020-(67)-1-2 [in Ukrainian].

31. Dovbish L.L., Kravchuk M.M. (2020). Vplyv biolohichnykh inokulantiv na vrozhainist i yakist horokhu (pisum sativum) v orhanichnomu vyrobnytstvi. Naukovi chytannia 2020: zbirnyk tez naukovo-praktychnoi konferentsii naukovo-pedahohichnykh pratsivnykiv, doktorantiv, aspirantiv ta molodykh uchenykh ahronomichnoho fakultetu. [Influence of biological inoculants on yield and quality of pea (pisum sativum) in organic production. Scientific readings 2020: collection of abstracts of the scientific-practical conference of scientific and pedagogical workers, doctoral students, graduate students and young scientists of the Faculty of Agronomy]. Zhytomyr [in Ukrainian].

32. Bulygina S.Yu. (Ed.). (2007). Mikroelementy v selskom hozyaystve. [Trace elements in agriculture (p.100)]. Dnepropetrovsk : Sich [in Ukrainian].

33. Moskalets V.V., Shinkarenko V.K. (2004). Zastosuvannia mikrobynykh preparativ i mikroelementnykh dobryv na yakist zerna soi. Ahroekolohichnyi zhurnal. [Application of microbial preparations and microelement fertilizers on soybean grain quality. Agroecological journal], 3, 20, doi: 10.26886/2414-634X.4(12)2004.06 [in Ukrainian].

34. Balyuk S.A., Medvedev V.V., Tararik O.G., Grekov V.O., Balaev A.D. (Eds.). (2010). Natsionalna dopovid pro stan rodiuchosti gruntiv Ukrainy. [National report on the state of soil fertility of Ukraine (p. 111)]. Kyiv [in Ukrainian].

35. Gospodarenko G.M. (2003). Ahrokhimiia mineralnykh dobryv. [Agrochemistry of mineral fertilizers (p. 135)]. Kyiv : Naukovyy svit [in Ukrainian].

36. Miroshnichenko M.M., Desenko V.G., Zhadan B.I., Sevastyanov O.B. (2006). Problemy otsinky zabezpechenosti gruntiv mikroelementamy za rezul'taty ekoloho-ahrokhimichnoi pasportyzatsii. Visnyk ahronoi nauky Chornomorskoho uzberezhzhia. [Problems of assessing the supply of soils with trace elements based on the results of ecological and agrochemical certification. Bulletin of Agrarian Science of the Black Sea Coast], 2(4), 101–106 [in Ukrainian].

37. Nedilska V.I. (2020). Vplyv mikroelementiv na zhyttiedialnist roslin. Suchasnyi stan nauky v silskomu hospodarstvi ta pryrodokorystuvanni: teoriia i praktyka. [Influence of microelements on plant life. Materials of the international scientific-practical conference: The current state of science in agriculture and nature management: theory and practice]. Bila Tserkva [in Ukrainian].

38. Sherstoboeva E.V., Dudinova I.A., Kramarenko S.N. (1999). Biopreparaty azotfiksiruyuschih bakteriy: problemy i perspektivy primeneniya. Mikrobiologichnyi zhurnal. [Biopreparations of nitrogen-fixing bacteria: problems and prospects. Microbiological Journal], 59(4), 110–116, doi: 10.13122/0201-8462-(4)1999.07 [in Ukrainian].

39. Stasyk O.O. (2011). Vplyv pozakorenevoho oboblennia roslin ozymoї pshenytsi nanoakvachelatnym kompleksom mikroelementiv «Avatar-1» na pokaznyky vyrobnychoho protsesu ta strukturu vrozhaiu. Naukovi chytannia 2020: zbirnyk tez naukovo-praktychnoi konferentsii naukovo-pedahohichnykh pratsivnykiv, doktorantiv, aspirantiv ta molodykh uchenykh ahronomichnoho fakultetu. [Influence of foliar treatment of winter wheat plants with nanoaquachelate complex of microelements "Avatar-1"

on indicators of production process and yield structure. Scientific readings 2020: collection of abstracts of the scientific-practical conference of scientific and pedagogical workers, doctoral students, graduate students and young scientists of the Faculty of Agronomy]. Zhytomyr [in Ukrainian].

40. Yatsuk I.P., Panasenko V.M., Naumenko A.S., Venglinsky M.O., Godinchuk N.V. (2015). Osoblyvosti zabezpechennia mikroelementamy gruntiv Ukrainy. Ahroekolohichnyi zhurnal. [Features of providing trace elements of soils of Ukraine. Agroecological Journal], 4, 63–69, DOI: 10.26886/2414-634X.6(42)2020.8 [in Ukrainian].

41. Venglinsky M.O., Glushchenko M.K., Hodynychuk N.V., Khmara T.I. (2014). Rol mikroelementiv v zhyvlenni roslin i polipshenni rodiuchosti gruntu. Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva i pryrodokorystuvannia. [The role of trace elements in plant nutrition and improved soil fertility. Bulletin of the National University of Water Management and Environmental Sciences], 1, 73-75, DOI: 10.32412/ 2306-5478-(1)2014.02 [in Ukrainian].

42. Ogurtsov Y.E. (2015). Urozhainist roslin zalezno vid zastosuvannia rehuliatoriv rostu roslin i mikrodobryva na riznykh fonakh zhyvlennia. Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy. [Plant yields depending on the use of plant growth regulators and microfertilizers on different food backgrounds. Scientific reports of NULES of Ukraine], 2(51), 24–28 [in Ukrainian].

43. Inishchenko G., Kozelets O., Haydenko. L. 2020. Zhurnal Ahrobiznes sohodni. [Agribusiness Magazine Today]. Retrived from <http://agro-business.com.ua> [in Ukrainian].

44. Likhochvor V.V., Petrichenko V.F. (2006). Suchasni intensyvni tekhnolohii vyroshchuvannia osnovnykh polovykh kultur. [Crop production. Modern intensive technologies for growing major field crops (pp. 346–347)]. Lviv : SPF "Ukrainian Technologies" [in Ukrainian].

45. Lukin S.V., Avramenko P.M., Korneyko N.I. (2008). Kobalt i molibden v pochvah Belgorodskoy oblasti. Ahrohimicheskii vestnik. [Cobalt and molybdenum in the soils of the Belgorod region. Agrochemical Bulletin], 2, 12, doi: 10.24411/0235-2451-2018-10603 [in Belarusian].

46. Wildflush I.R., Mishura O.I., Mamashevskaya O.V. (2016). Ahroekonomicheskaya otsenka primeneniya novykh form udobreniy i reguliatorov rosta pri vozdeleyivani goroha. Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy selskohozyaystvennoy akademii. [Agroeconomic assessment of the use of new forms of fertilizers and growth regulators in the cultivation of peas. Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy], 1, 76–77, doi: 10.14322/5432-1424-2016.02(1) [in Belarusian].

47. Nadkernichnaya E.V., Kovalevskaya T.M. (2001). Vliyanie svobodnozhivuschih azotfiksiruyuschih bakteriy na formirovanie i funktsionirovanie bobovo-rizobialnogo simbioza u nekotorykh selskohozyaystvennykh kultur. Fiziologiya i biokhimiya kulturnykh rasteniy. [Influence of free-living nitrogen-fixing bacteria on the formation and functioning of legume-rhizobialsymbiosis in some crops. Physiology and biochemistry of cultivated plants], 4, 355–362 [in Ukrainian].

48. Alekseyevych M.A., Vanyk M.S., Kononchuk O.M. (2013). Optyimizatsiia fiziolooho-biolohichnykh protsesiv u soi z vykorystanniam rehuliatoriv rostu roslin ta molibdenu. Materialy IKh Vseukrainskoi naukovoi konferentsii:

Problemy ta perspektyvy nauky v umovakh hlobalizatsii. [Optimization of physiological and biological processes in soybeans using plant growth regulators and molybdenum. Proceedings of the IX All-Ukrainian Scientific Conference: Problems and prospects of science in the context of globalization]. Kyiv [in Ukrainian].

49. Kovalenko O.A. (2021). Zastosuvannia mikrodo-bryv ta biopreparativ v zoni pviddenoho stepu Ukrainy za vyroshchuvannia horokhu. Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo. [Application of microfertilizers and biological products in the southern steppe zone of Ukraine for pea cultivation. Agriculture and forestry], 22, 22–23, doi: 10.37128/2707-5826-2021-3-2 [in Ukrainian].

50. Chomu ukrainski fermery niaak ne poviriat v mikrodo-bryva. [Why Ukrainian farmers do not believe in microfertiliz-ers]. Retrieved from com/uk/posts/show/goduvati-cerez-lis-ta-comu-ukrainski-fermeri-niaak-ne-povirat-v-mikrodobryva [in Ukrainian].

Вуйко О.М. Вплив мікродобрив та біопрепаратів на формування врожайності гороху посівного

Горох в Україні є переважно експортно-орієнтованою культурою, оскільки лівова частка врожаю постачається на зовнішні ринки, в той час як внутрішнє споживання, як і в інших сегментах, знаходиться в стагнації. Тривалий час ринок гороху в Україні любився і стрімко набрав обертів, спонукаючи аграріїв робити ставки на нього, тим більше що культура є досить рентабельною і добре себе зарекомендувала в сівозміні. Однак в останні роки відмічається порівняно невисокі темпи росту урожайності і низький рівень стабільності продуктивності ценозів зернобобових культур. Якщо у 1992 році посівна площа гороху в Україні перевищувала мільйон гектарів, то в 2020 році не було засіяно навіть половини від цього показника. Проте для підвищення прибутковості необхідно впроваджувати **технології вирощування гороху**, які б забезпечували значно вищу врожайність, ніж та, яку аграрії отримують в останні роки. Цілком реально підвищити її до 50 ц/га і більше, про що свідчить досвід країн Європи. Обумовлено це насамперед тим, що горох в значній мірі знижує свою продуктивність за несприятливих погодних умов та не збалансованості елементів живлення. Оптимальні умови живлення у свою чергу забезпечують формування досить високої урожайності та якості зерна і при цьому, в значній мірі, знижують негативний вплив погодних умов. Вирощування продукції зернобобових культур є надзвичайно важливим чинником у створенні ефективного механізму підвищення родючості ґрунтів на основі акумуляції атмосферного азоту та накопичення органічної речовини з метою посилення процесів гуміфікації. В технології вирощування кожної культури важливе значення має кожен її елемент. В огляді наведено сучасний аналіз даних літературних джерел щодо особливостей гороху, його врожайності та структури посівних площ. Описано особливості формування та функціонування симбіотичного апарату гороху, наведено деякі сучасні біологічні препарати та мікродобрива. Розглянуто вплив біопрепара-

тів та мікродобрив на формування врожайності, їх значення у проходження фізіологічних процесів у рослинах гороху. Визначено ключові фази росту та розвитку рослин у яких вони найбільше потребують мікроелементів. Відмічається, перспективність підвищення продуктивних посівів гороху за створення оптимальних збалансованих за всіма елементами умов живлення та стимуляції азотфіксації.

Ключові слова: горох, мікроелементи, врожайність, біопрепарати, мікродобрива, азотфіксація.

Vuiko O.M. Influence of biological products and microfertilizers in formation of yield of pea seeds

Peas in Ukraine are mainly export-oriented crops, as the largest share of the crop is supplied to foreign markets, while domestic consumption, as in other segments, is stagnant. For a long time the pea market in Ukraine lobbied and gained momentum, encouraging farmers to bet on it, especially since the crop is quite profitable and has proven itself well in crop rotation. However, in recent years there has been relatively low growth rates and low stability of productivity of cenoses of legumes. If in 1992 the sown area of peas in Ukraine exceeded one million hectares, in 2020 not even half of this figure was sown. However, in order to increase profitability, it is necessary to introduce pea growing technologies that would provide much higher yields than those obtained by farmers in recent years. It is quite possible to increase it to 50 centers' per hectare and more, as evidenced by the experience of European countries. This is primarily due to the fact that peas significantly reduce their productivity in adverse weather conditions and unbalanced nutrients. Optimal feeding conditions, in turn, ensure the formation of a fairly high yield and grain quality and, at the same time, significantly reduce the negative impact of weather conditions. Growing legumes is an extremely important factor in creating an effective mechanism for increasing soil fertility based on the accumulation of atmospheric nitrogen and the accumulation of organic matter to enhance humification processes. In the technology of growing each crop, each of its elements is important. The review presents a modern analysis of data from literature sources on the characteristics of peas, their yield and structure of sown areas. The peculiarities of the formation and functioning of the symbiotic apparatus of peas are described; some modern biological preparations and microfertilizers are given. The influence of biological products and microfertilizers on yield formation, their importance in the course of physiological processes in pea plants is considered. The key phases of growth and development of plants in which they need micronutrients the most have been identified. It is noted that the prospect of increasing productive pea crops to create optimal balanced for all elements of the nutritional conditions and stimulate nitrogen fixation.

Key words: peas, microelements, yield, biological products, microfertilizers, nitrogen fixation.

ПІДВИЩЕННЯ АДАПТИВНОСТІ МІКРОКЛОНІВ ВІНОГРАДУ В УМОВАХ *IN VITRO*

ЗЕЛЕНЯНСЬКА Н.М. – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник

orcid.org/0000-0002-9303-8686

Національний науковий центр «Інститут виноградарства і виноробства імені В.Є. Таїрова» Національної академії аграрних наук України

САМОФАЛОВ М.О. – аспірант

orcid.org/0000-0002-8785-0651

Національний науковий центр «Інститут виноградарства і виноробства імені В.Є. Таїрова» Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Роботи по розмноженню винограду в культурі тканин і органів *in vitro* активно проводяться з початку 80-х років минулого століття. У результаті було встановлено, що даний метод можна використовувати в виноградарстві у двох напрямках. Перший напрямок – це селекція, для отримання різноманітності вихідного матеріалу, другий – це розсадництво, для прискореного розмноження цінних, перспективних форм, сортів, клонів винограду [1].

Технологія прискореного розмноження винограду *in vitro* відома. Вона складається з етапів: введення ініціальних експлантів в культуру *in vitro*, розмноження пагонів у культурі *in vitro*, одержання рослин із коренями та їх попередня адаптація до умов відкритого ґрунту, висаджування рослин [2].

Згідно аналізу літературних джерел та результатів власних досліджень показано, що найвідповідальнішим і проблематичним етапом залишається адаптація мікроклональних рослин до умов *in vivo*. Саме на цьому етапі гине до 75–80 % рослин. Цей факт пояснюється недосконалими анатомічними і фізіологічними характеристиками мікроклонів, які формуються в умовах *in vitro*: недорозвинена або неактивна воскова кутикула листка, пошкоджений продиховий апарат, слабка фотосинтетична активність, вітрифікація, слабкий судинний зв'язок між коренем і пагоном, недорозвинені (а часто і відсутні) кореневі волоски, зневоднення і вплив патогенної інфекції [3].

Успішно акліматизувати такі мікроклони можливо тільки у сучасних кліматичних камерах, теплицях з регульованим гідротермічним режимом. Останні, в силу своєї занадто високої вартості є практично недоступними. Тому питання підготовки мікроклонів винограду до переведення в неконтрольовані умови *in vivo* залишаються на сьогодні надзвичайно актуальними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вітчизняними та зарубіжними вченими запропоновано чимало способів підвищення адаптаційного потенціалу рослин в період *in vitro-ex vitro* [5, 6, 7]. За їх використання робиться спроба врахувати фізіолого-анатомічні особливості мікроклональних рослин, стан їх розвитку, проведення підготовчих процесів до пересаджування *ex vitro* [8].

Ефективність постасептичної адаптації значною мірою залежить від біометричних показників розвитку мікроклональних рослин, ризогенезу регенерантів, здат-

ності швидкого відновлення водообміну, стійкості до біотичних факторів. Велика увага при цьому приділяється процесу ризогенезу регенерантів. Враховуючи те, що умови *in vitro* контрольовані, рослини не мають гострої потреби формувати розвинену кореневу систему, оскільки вони і так забезпечені легкодоступними вологою та елементами живлення [9, 10].

Індукувати ризогенез рекомендують на основі зміни фітогормонального складу поживних середовищ. У дослідженнях з асептичною культурою хости встановлено індукуючий вплив на ризогенез регенерантів культивування на поживних середовищах з високим вмістом ауксинів. Регенеранти вирощені за довшого фотоперіоду також швидше утворювали корені та мали більшу їх кількість [9].

Оверченко О. В. довів, що для масового одержання пагонів агрусу (*Grossularia reclinata* L.) в культурі *in vitro* найефективнішим є поживне середовище Мурасіге і Скуга з додаванням 0,5 мг/л БАП та 1,0 мг/л ТДЗ. А додавання до поживного середовища 0,25 мг/л кінетину стимулювало регенерацію кореневої системи [11].

Окрім відомих детермінантів ризогенезу сьогодні успішно використовують додавання до поживного середовища активованого вугілля. Припускають, що це пов'язано зі зв'язуванням інгібіторів гормонів, затіненням та додатковою аерацією поживного середовища. У субстрати для адаптації вводять мікоризу, яка загалом виконує функцію корневих волосків у ценозі, сприяє обміну вуглеводів, активізує діяльність ферментних систем вищих рослин. Вона сприяє не тільки активній асиміляції, але й зменшує стрес, пов'язаний із пересадкою, підвищуючи приживлюваність рослин [4].

Позитивні результати по адаптації павловнії з використанням нетривалого дорощування *ex vitro* та введення його в стан спокою були отримані Подгаєцьким А. А. та Мацкевич О. В. [9].

Отже, короткий літературний аналіз свідчить, що існує багато підходів та способів адаптації рослин до умов *in vivo*. Проте вони мають ряд технологічних і економічних особливостей. Щодо винограду вони не завжди доступні та прості у виконанні. Крім того, сьогодні на ринку України, з'являється велика кількість біологічно активних препаратів, застосування яких у культурі тканин і органів *in vitro* не досліджено, хоча у технології вирощування щеплених саджанців винограду вони дають позитивні результати.

З огляду на вищенаведене, **метою** нашої роботи було визначити вплив різного складу агаризованого поживного середовища на ріст і розвиток вегетативної маси та кореневої системи мікроклонів винограду.

Матеріали та методика досліджень. Робота проводилась у відділі розсадництва, розмноження та біотехнології винограду ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова» протягом 2019–2020 рр.

Матеріалом для досліджень були одновічкові чубуки, мікроклони підщепних сортів винограду – Добриня, Гарант та технічних – Ярило, Загрей.

Усі роботи, пов'язані з розмноженням винограду в культурі тканин і органів *in vitro*, здійснювали в асептичних умовах ламінарних та культуральних боксів, обладнаних ультрафіолетовими опромінювачами.

Температура повітря в культуральному боксі дорівнювала 24–25 °С, фотоперіод – 16 год., освітлення 2500–3000 лк., вологість повітря 60–70 % [2].

Мікроклони винограду культивували на поживних середовищах Мурасіге і Скуга (MS), які містили різну кількість фітогормонів (індолілоцтової кислоти (ІОК) та 6–бензиламінопурина (БАП)), біологічно активні препарати та мінеральні субстрати.

Схема досліджу була наступною:

Контроль 1 – MS + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л БАП;

Контроль 2 – MS + 0,6 мг/л ІОК, 0,5 мг/л БАП;

Варіант 1 – MS + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л БАП + Радіфарм 2,5 мл/л;

Варіант 2 – MS + 0,6 мг/л ІОК, 0,5 мг/л БАП + Радіфарм 2,5 мл/л;

Варіант 3 – MS + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л БАП + Clonex gel;

Варіант 4 – MS + 0,6 мг/л ІОК, 0,5 мг/л БАП + Clonex gel;

Варіант 5 – MS + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л БАП + агроперліт;

Варіант 6 – MS + 0,6 мг/л ІОК, 0,5 мг/л БАП + агроперліт;

Варіант 7 – MS + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л БАП + вермікуліт;

Варіант 8 – MS + 0,6 мг/л ІОК, 0,5 мг/л БАП + вермікуліт;

Варіант 9 – MS + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л БАП + (агроперліт + вермікуліт);

Варіант 10 – MS + 0,6 мг/л ІОК, 0,5 мг/л БАП + (агроперліт + вермікуліт).

Поживне середовище MS готували за прописом, після чого додавали інші компоненти. Препарат Clonex gel застосовували шляхом обробки базальної частини одновічкового чубука перед висаджуванням його на поживне середовище.

Для желювання середовищ використовували агар-агар у кількості 7,0 г/л (для першого – четвертого варіантів) та 6 г/л (для п'ятого – десятого варіантів). Усі поживні середовища стерилізували шляхом автоклавування під тиском 1 атм. протягом 15 хв.

Після автоклавування і застигання середовищ у культуральних ємностях утворювалося двошарове середовище (п'ятий – десятий варіанти): – для перліту: верхній шар – перліт, просякнений середовищем, нижній – агарове середовище з крапленням перліту; – для вермікуліту: верхній шар – поживне середовище, нижній – вермікуліт.

Оптимальним співвідношенням поживне середовище : мінеральні субстрати було 1,0 : 0,5.

Після 90 діб культивування мікроклонів винограду проводили обліки біометричних показників розвитку вегетативної маси та кореневої системи. Зокрема визначали: висоту рослин (см), кількість листків (шт.), площу литкової пластинки (см²), площу листової поверхні рослин (см²), облист'яність рослин (дм²/м), масу вологого та сухого приросту (г); кількість коренів I та II порядків (шт.); загальну довжину коренів та довжиною одного кореня, в т. ч. за градаціями (см).

Радіфарм – це витяжка рослинного походження, що містить полісахариди, стероїди, глікозиди, амінокислоти, бетаїн, мікроелементи та вітаміни. Препарат зменшує стрес, спричинений пересадкою (висаджуванням) рослин і сприяє їх швидкому укоріненню, рівномірному росту, розвитку вегетативної та кореневої систем. **Clonex gel** – це комплекс ризогенноактивних речовин, до складу якого входять індолілмасляна кислота, гормони, вітаміни, а також повний спектр мікроелементів і поживних речовин, необхідних для потужного розвитку кореневої системи рослин.

Результати досліджень. Через три місяці культивування мікроклонів винограду різних сортів на модифікованих поживних середовищах показало, що у всіх варіантах, де вміст фітогормонів у поживному середовищі був більшим і дорівнював 0,6 мг/л ІОК та 0,5 мг/л БАП вегетативна маса мікроклональних рослин була менш розвинена. Рослини характеризувалися меншою висотою, кількістю листових пластинок, меншою площею листків та загалом облист'яністю [12].

У обох контрольних варіантах рослини добре розвивались і це зрозуміло, оскільки попередніми нашими дослідженнями вже встановлено, що ці поживні середовища (особливо MS + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л БАП) є оптимальними для культивування винограду *in vitro*. Але при переведенні таких мікроклонів винограду в умови *in vivo* приживлюваність була невисокою і знаходилась у межах 25–35 %. Тому у своїй роботі нам необхідно було оптимізувати умови культивування таким чином, щоб підвищити адаптаційний потенціал мікроклональних рослин і збільшити їх приживлюваність в умовах *in vivo*.

Аналіз розвитку вегетативної маси мікроклонів винограду в контрольних варіантах показав, що за висотою рослин та кількістю листових пластинок вони переважали всі дослідні варіанти. При цьому висота підщепних мікроклональних рослин у контролі 1 дорівнювала 12,0 см, у контролі 2 – 11,4 см, висота прищепних мікроклональних рослин – відповідно дорівнювала 10,2 см (К. 1) і 9,8 (К. 2) см. Ці рослини мали у середньому по 7,2–8,0 шт. листових пластинок (табл. 1).

У варіантах, де до поживного середовища додавали мінеральні субстрати (п'ятий, шостий, сьомий, восьмий, дев'ятий та десятий) висота рослин зменшувалася у середньому на 12,6 % у підщепних сортів винограду та на 17,7 % у технічних сортів винограду. У варіантах, де до поживного середовища додавали препарат Радіфарм (перший та другий) висота рослин зменшувалася у середньому на 10,6 % у підщепних сортів винограду та на 17,7 % – у технічних сортів винограду.

Таблиця 1

Біометричні показники розвитку вегетативної маси мікроклонів винограду підщепних і технічних сортів (середнє за 2019–2020 рр.)

Варіанти досліду	Висота рослин, см	Площа листка, см ²	Кількість листків, шт.	Площа листової поверхні, см ²	Облиств'яність, дм ² /м
Добриня					
К. 1	12,1	2,30	7,0	18,05	1,49
К. 2	11,6	2,37	6,4	17,64	1,50
1	10,5	3,60	6,0	25,01	2,38
2	10,4	3,14	6,0	21,98	2,09
3	10,2	3,64	6,2	26,28	2,56
4	9,3	3,13	6,7	24,39	2,61
5	10,3	3,15	6,0	22,05	2,13
6	9,7	3,00	6,0	21,33	2,19
7	10,3	3,60	6,5	27,20	2,63
8	9,0	3,27	6,0	23,30	2,57
9	10,8	2,82	7,2	23,18	2,13
10	10,9	2,66	6,7	20,68	1,88
НІР05		0,56		1,02	0,46
Ярило					
К. 1	10,3	2,10	6,0	14,31	1,38
К. 2	9,7	2,28	5,0	13,42	1,38
1	8,0	3,10	5,0	18,40	2,30
2	8,9	2,74	6,0	19,18	2,13
3	9,0	2,98	5,6	19,86	2,19
4	8,7	2,83	5,8	19,29	2,20
5	9,0	2,90	5,9	20,17	2,21
6	6,5	2,61	5,0	15,66	2,40
7	9,6	3,49	6,1	25,01	2,60
8	7,8	3,00	5,2	18,66	2,36
9	9,8	2,54	6,1	18,08	1,84
10	8,2	2,37	5,6	15,80	1,91
НІР05		0,60		1,00	0,44

І у третьому та четвертому варіантах (де базальну частину мікрочубків перед висаджуванням на поживне середовище обробляли Clonex gel) вона зменшувалася на 3,0 та 17,2 % відповідно у підщепних і технічних сортів винограду. За кількістю листових пластинок у дослідних варіантах вірогідної різниці з контролем не відмічали.

Проте, мікроклональні рослини у дослідних варіантах характеризувалися більшою площею листової пластинки, відповідно і кращими показниками площі листової поверхні та облиств'яності. Ці показники дають змогу оцінити фотосинтетичний потенціал і функціональну активність рослин, що безпосередньо пов'язано з подальшими формоутворюючими процесами. Тому покращення цих показників є важливим фактором при переведенні рослин *in vitro* в неконтрольовані умови з подальшим культивуванням.

Найбільшою площею листової пластинки та загалом площею листової поверхні мікроклонів винограду характеризувалися рослини підщепних сортів у першому, третьому, сьомому, восьмому та дев'ятому варіантах. Аналогічну закономірність було відмічено і для рослин технічних сортів винограду, але в абсолютних одиницях ці показники були меншими. Після застосування біологічно активних препаратів Радіфарм і Clonex

gel площа листової поверхні у сортів Добриня і Гарант дорівнювала 25,53 см², що на 63,4 % більше за контрольні значення, у сортів Ярило і Загрей вони дорівнювали 17,79 см², що на 57,4 % більше контролю. Після культивування мікроклонів винограду на структурованих поживних середовищах з мінеральними субстратами площа листової поверхні мікроклонів винограду дещо зменшувалася, порівняно з першим та третім варіантами, і дорівнювала 23,23 см² для підщепних сортів та 18,34 см² – для технічних. Але порівняно з контролем ці показники збільшувалися на 48,9 та 62,3 % відповідно для підщепних та технічних сортів винограду.

Оцінюючи загалом ступінь розвитку приросту рослин визначають і такий показник як облиств'яність. При цьому враховується площа листової поверхні рослини та її висота (довжина пагону). Таким чином, при збільшенні цього показника у розрахунку на один мікроклон (пагін) буде синтезуватися більше пластичних речовин (асимілятів). У наших дослідженнях було встановлено, що найменшою облиств'яністю пагонів характеризувалися мікроклони у контрольних варіантах – 1,33 дм²/м (підщепні сорти) та 1,13 дм²/м (технічні сорти). Після застосування препаратів Радіфарм і Clonex gel вони збільшувалися і дорівнювали 1,93 – 2,17 дм²/м (підщепні сорти) та 1,81 – 1,88 дм²/м (технічні сорти). На структурованих

поживних середовищах облиств'яність мікроклонів підщепних сортів дорівнювала 1,87 дм²/м (MS + агроперліт), 2,22 дм²/м (MS + вермикуліт), 1,80 дм²/м (MS + агроперліт + вермикуліт); облиств'яність мікроклонів технічних сортів дорівнювала 2,00 дм²/м (MS + агроперліт), 2,11 дм²/м (MS + вермикуліт), 1,58 дм²/м (MS + агроперліт + вермикуліт). Порівняно з контролем, у середньому за сортами та варіантами, облиств'яність мікроклонів винограду у дослідних варіантах перевищувала контрольні значення на 54,1–62,8 % після застосування біологічно активних препаратів та на 48,1–65,4 % на структурованих поживних середовищах.

Відомо, що коренева система, сформована *in vitro*, часто характеризується відсутністю корневих волосків та коренів другого порядку. Як наслідок, корені мають невелику площу контакту з поживним середовищем і слабку поглинаючу здатність, що негативно відображається на етапі їх адаптації до нових умов культивування [4]. Тому ми припустили, що додавання до поживного середовища стимуляторів коренеутворення

та мінеральних субстратів сприятиме формуванню більш потужної, розгалуженої кореневої системи.

Отримані результати показали, що у мікроклонів винограду всіх дослідних варіантів коренева система була розвинена краще, що проявлялося утворенні більшої кількості коренів I та, особливо, коренів II порядку (табл. 2).

Згідно з отриманими результатами найбільше коренів формувалося у мікроклонів після їх обробки Cloplex gel (третій, четвертий варіанти) та культивування на поживних середовищах із мінеральними субстратами (п'ятий – десятий варіанти). Застосування Cloplex gel забезпечувало утворення 8,2 – 10,7 шт. коренів I порядку у мікроклонів підщепних сортів та 6,2 – 8,9 шт. – у мікроклонів технічних сортів. Поживні середовища з мінеральними субстратами забезпечували утворення 6,9 – 8,3 шт. коренів I порядку у мікроклонів підщепних і технічних сортів. У мікроклонів контрольних варіантів формувалося, у середньому за сортами, 5,1 шт. коренів I порядку.

Таблиця 2

Біометричні показники розвитку кореневої системи мікроклонів винограду підщепних і технічних сортів (середнє за 2019–2020 рр.)

Варіанти досліду	Загальна кількість коренів, шт.	Кількість коренів I порядку, шт.	Кількість коренів II порядку, шт.	Довжина одного кореня I порядку, см	Довжина одного кореня II порядку, см	Загальна довжина коренів I порядку, см	Загальна довжина коренів II порядку, см
Добриня							
К. 1	23,6	5,0	18,6	10,3	2,3	51,6	44,3
К. 2	22,6	5,0	17,6	9,62	2,3	48,1	41,2
1	27,9	5,5	22,4	10,2	1,5	56,9	34,1
2	27,8	7,8	20,0	6,2	1,4	49,2	28,5
3	45,4	10,7	34,6	5,4	1,0	58,3	37,9
4	37,8	8,3	29,5	6,2	1,1	51,7	35,1
5	34,6	8,6	26,0	4,3	1,1	37,5	30,4
6	32,3	7,1	25,2	5,1	1,1	36,4	28,3
7	33,2	8,9	24,2	3,6	1,2	32,3	29,2
8	34,8	8,0	26,8	4,0	1,0	32,6	27,4
9	39,7	10,3	29,4	3,2	1,0	33,4	32,3
10	39,6	8,5	31,1	4,0	1,0	34,5	32,4
НІР05	5,0	1,0	6,2	2,5	2,0	10,0	8,6
Ярило							
К. 1	21,0	5,0	16,0	10,0	3,0	50,0	48,6
К. 2	19,0	5,0	14,0	9,3	3,1	46,8	44,3
1	25,8	6,9	18,9	6,1	1,7	42,8	32,9
2	23,1	5,8	17,2	6,6	1,6	39,3	29,1
3	42,1	9,8	32,2	4,3	0,9	43,4	29,2
4	34,2	7,3	26,8	5,6	1,1	41,5	30,5
5	33,1	8,6	24,4	3,0	1,1	26,8	28,7
6	28,7	5,2	23,5	4,6	0,9	24,1	22,0
7	31,5	6,7	24,7	3,6	1,0	24,7	25,1
8	32,2	6,4	25,7	4,0	0,9	26,3	24,1
9	38,3	8,4	29,8	3,4	0,9	29,2	28,4
10	36,1	6,3	29,7	3,8	0,9	24,2	28,3
НІР05	5,4	1,0	6,7	2,0	2,0	11,1	7,5

Визначення загальної довжини коренів I порядку показало, що найбільшою вона була у мікроклонів контрольних варіантів – 49,1 см та після застосування Clonex gel – 48,0 см. У мікроклонів, які культивували на структурованих поживних середовищах загальна довжина коренів I порядку зменшувалася майже на 40,0 % і дорівнювала 29,5 см. Відповідно змінювалася і довжина одного кореня I порядку. У мікроклонів контрольних варіантів вона становила 9,5 см, після застосування Clonex gel – 5,4 см, а на структурованих поживних середовищах – 3,9 см.

Протилежно відбувалося формування коренів II порядку, які, згідно літературних даних збільшують площу контакту з поживним середовищем та поглинають здатність, що важливо для акліматизації рослин *in vitro*. У мікроклонів контрольних варіантів та після застосування препарату Радіфарм кількість коренів II порядку знаходилася у межах 15,0 – 21,1 шт., їх загальна довжина – 44,0 см, а довжина одного кореня – 2,4–3,0 см.

Після застосування Clonex gel та культивування мікроклонів на поживних субстратах з мінеральними субстратами кількість коренів II порядку збільшувалася, їх загальна довжина і довжина одного кореня навпаки зменшувалися. Такі параметри свідчать про краще розгалуження кореневої системи. Порівняно з контролем, першим і другим варіантами Clonex gel інтенсифікував утворення коренів II порядку на 77,0 % у мікроклонів підщепних сортів та на 90,0 % – у мікроклонів технічних сортів, поживні середовища з мінеральними субстратами (особливо дев'ятий і десятий варіанти) – на 42,2–67,2 % у мікроклонів підщепних сортів та на 58,6 – 96,0 % у мікроклонів технічних сортів.

Для підготовки мікроклонів винограду до переведення в неконтрольовані умови *in vivo* важливого значення набуває структура тканин листків, пагонів, коренів мікроклонів, яку прийнято оцінювати за накопиченням сухої речовини або загального обводнення тканин. Визначення вологості і сухої маси приросту та коренів свідчить про накопичення більшої кількості сухих речовин у мікроклонів на двошарових поживних середовищах із агроперлітом і вермикулітом (MS + агроперліт + вермикуліт), окремо агроперлітом (MS+агроперліт) чи вермикулітом (MS + вермикуліт). Загальне обводнення приросту мікроклонів підщепних сортів, у цих варіантах, дорівнювало 84,4–85,2 %, коренів – 87,0 %, мікроклонів технічних сортів – відповідно 84,0–85,5 % та 86,2–87,8 %. Загальне обводнення приросту мікроклонів після застосування Clonex gel дорівнювало 84,9 %, коренів – 87,8–89,0 %, у контролі ці показники відповідали 90,0 і 92,8 %.

Висновки.

1. Для культивування винограду *in vitro* за основу доцільно брати поживне середовище Murasige і Скуга з мінімальним вмістом фітогормонів – 0,3 мг/л ІОК та 0,2 мг/л БАП.

2. Для формування вегетативної маси з добре розвиненим листовим апаратом та розгалуженою кореневою системою мікроклони винограду рекомендовано культивувати на структурованих поживних середовищах (MS+агроперліт+вермикуліт, MS+агроперліт,

MS+вермикуліт) або застосовувати стимулятор ризогенезу – Clonex gel (обробка базальної частини чубуків перед висаджуванням на поживне середовище).

3. На вказаних поживних середовищах (порівняно з контролем) мікроклони винограду характеризувалися більшою площею листової пластинки, площею листової поверхні та облиств'яністю. А також мали достатньо розгалужену кореневу систему, що проявлялося у більшій кількості коренів I та II порядків, зменшені їх довжини та довжини одного кореня певної градації.

4. Перспективним напрямком досліджень є визначення основних фізіолого-біохімічних показників у тканинах листків та пагонів мікроклонів винограду на вищенаведених типах поживних середовищ та після застосування біологічно активних препаратів – Радіфарм і Clonex gel.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Зеленянська Н. М. Наукове обґрунтування та розробка сучасної технології вирощування садивного матеріалу винограду : автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук : 06.01.08. Одеса, 2016. 47 с.
2. Зеленянская Н. Н., Джабурия Л. В., Теслюк Н. И. Технология размножения винограда с использованием методов культуры тканей *in vitro*. *Виноград*. 2009. № 3 (14). С. 50–53.
3. Медведєва Т. В. Проблеми акліматизації культивованих *in vitro* рослин. *Фізіологія і біохімія культурних рослин*. 2008. Т. 40. № 4. С. 299–308.
4. Адаптивність рослин на етапі *in vitro-ex vitro* / Подгаєцький А. А. и др. *Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe (East European Scientific Journal)*. № 4 (56). 2020. Р. 25–33.
5. Иванова М. А., Баландина И. М. Влияние размера посадочного материала на выращивание микроклональных растений осины в условиях *ex vitro*. *Труды Белорусского государственного технологического университета*. 2009, Вып. 17. С. 161–164.
6. Морфологические параметры микроклонального размножения растений осины и березы при выращивании в условиях закрытого грунта / Иванова М. А. и др. *Труды Белорусского государственного технологического университета*. 2010. Вып. 18. С. 235–238.
7. Acclimatization of micropropagated plants of fox grape cv. Bordo (*Vitis labrusca* L.) in different substrates / Mariane Ruzza Schuck et al. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*. 2012. Vol. 3 (4). Р. 206–212.
8. Жизнеспособность пробирочных микроклонов картофеля и перспективы повышения их качества / Реуцкий В. Г. и др. *Актуальные проблемы защиты картофеля, плодовых и овощных культур от болезней, вредителей и сорняков* : международная научно-практическая конференция, посвященная 100-летию со дня рождения Н. А. Дорожкина, г. Минск, 9–12 августа 2005 г. Минск, 2005. С. 27–32.
9. Подгаєцький А. А., Мацкевич В. В., Подгаєцький А. А. Особливості мікроклонального розмноження видів рослин. Біла Церква : Білоцерківський національний аграрний університет, 2018. 209 с.
10. Деменко В. И., Лебедева В. А. Адаптация растений, полученных *in vitro*, к нестерильным условиям. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2011. Вып. 1. С. 60–70.

11. Размножение сортов крыжовника (*Grossularia reclinata* L.) в культуре *in vitro*. Оверченко О. В. и др. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2014. Вип. 24(8). С. 87–93.

12. Розробка структурованого поживного середовища для адаптації вегетативної маси і кореневої системи мікроклонів винограду до умов *in vitro* / Зеленянська Н. М. та ін. Херсон : *Таврійський науковий вісник: сільськогосподарські науки*. 2020. Вип. 116. С. 64–75.

REFERENCES:

1. Zelenianska, N. M. (2016). *Naukove obgruntuvannya ta rozrobka suchasnoi tekhnologii vyroshchuvannya sadyvnoho materialu vynohradu* [Scientific substantiation and development of modern technology of growing grape planting material]. Odessa. [in Ukrainian]. Demenko, V. I., Lebedeva, V. A. (2011). Adaptaciya rastenij, poluchennyh *in vitro*, k nesteril'nym usloviyam [Adaptation of plants obtained *in vitro* to non-sterile conditions]. *Izvestiya TSHA [The Buklet of Timiryazev Agriculture Academy]*, no. 1, 60–70 [in Russian].

2. Zelenianskaya, N. M., Dzhaburii, L. V., Tesliuk, N. I. (2009). Tekhnologiya razmnozheniya vinograda s ispol'zovaniem metodov kul'tury tkanej *in vitro* [Grape propagation technology using *in vitro* tissue culture methods]. *VinoGrad [Grape]*, no. 3(14), 50–53 [in Russian].

3. Medvedieva, T. V. (2008). Problemy aklimatyzatsii kulturyvanykh *in vitro* Roslyn [Problems of acclimatization of cultivated *in vitro* plants]. *Fiziologiya i biohimiya kul'turnykh rastenij [Physiology and biochemistry of cultivated plants]*, no. 40(4), 299–308.

4. Podhaietskyi, A. A., Matskevych, V. V., Filipova, L. M., Kravchenko, N. V. (2020). Adaptivnist roslin na etapi *in vitro* ex vitro [Adaptability of plants at the *in vitro* ex vitro stage]. *East European Scientific Journal*, no. 4(56), 25–33. [in Ukrainian].

5. Ivanova, M. O., Balandina, I. M. (2009). Vliyanie razmera posadochnogo materiala na vyrashchivanie mikroklonal'nykh rastenij osiny v usloviyah ex vitro [Influence of planting material size on the cultivation of aspen microclonal plants in ex vitro conditions]. *Trudy Belorusskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta [Proceedings of BSTU]*, no. 59, 161-164. [in Russian].

6. Ivanova, M. O., Boginskaya, L. O., Bielandina, I. M. et al. (2010). Morfolozhicheskie parametry mikroklonal'nogo razmnozheniya rastenij osiny i berezy pri vyrashchivanii v usloviyah zakritogo grunta [Morphological parameters of microclonal propagation of aspen and birch plants when grown in greenhouse conditions]. *Trudy Belorusskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta [Proceedings of BSTU]*, no. 18, 235–238. [in Russian].

7. Schuck, M., Lipski, B., Lopes da Silva, A. L. (2012). Acclimatization of micropropagated plants of fox grape cv. Bordo (*Vitis labrusca* L.) in different substrates. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, no. 3(4), 206–212 [in English].

8. Reuckij, V. G., Banadysev, S. A., Rodionov, P. A. & Konovalova, G. I. (2005) Zhiznesposobnost' probirochnykh mikroklonov kartofelya i perspektivy povysheniya ih kachestva [Viability of tube potato microclones and prospects for improving their quality]. *Aktual'nye problemy zashchity kartofelya, plodovykh i ovoshchnykh kul'tur ot boleznej,*

vreditelej i sornyakov: mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya, posvyashchennaya 100-letiyu so dnya rozhdeniya N.A. Dorozhkina (9–12 avgusta 2005 g., g. Minsk). [Actual problems of protecting potatoes, fruit and vegetable crops from diseases, pests and weeds: international scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of N. A. Dorozhkin (August 9–12, 2005, Minsk)], 27–32. [in Russian].

9. Podhaietskyi, A. A., Matskevych, V. V., Podhaietskyi, A. A. (2018). Osoblyvosti mikroklonalnoho rozmnozhennia vydiv roslin [Features of microclonal reproduction of plant species]. Bila Tserkva. BNAU [in Ukrainian].

10. Demenko, V. I., Lebedeva, V. A. (2011). Adaptaciya rastenij, poluchennyh *in vitro*, k nesteril'nym usloviyam [Adaptation of plants obtained *in vitro* to non-sterile conditions]. *Izvestiya TSHA [The Buklet of Timiryazev Agriculture Academy]*, no. 1, 60–70 [in Russian].

11. Overchenko, O. V., Klyuvadenko, A. A., Lihanov, A. F., Kostenko, S. N., Mel'nichuk, M. D. (2014). Razmnozhenie sortov kryzhovnika (*Grossularia reclinata* L.) v kul'ture *in vitro* [Propagation of gooseberry varieties (*Grossularia reclinata* L.) *in vitro* culture]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy [Scientific Bulletin of UNFU]*, no. 24(8), 87–93 [in Russian].

12. Zelenianska, N. M., Tesliuk, N. I., Hohulinska, O. I., Podust, N. V. (2020). Rozrobka strukturovanoho pozhyvnoho seredovyshcha dlia adaptatsii vehetatyvnoi masy i korenevoi systemy mikrokloniv vynohradu do umov *in vitro* [Development of a structured nutrient medium for the adaptation of vegetative mass and root system of grape microclones to *in vitro* conditions]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk: silskohospodarski nauky [Taurida Scientific Herald. Series: Rural Sciences]*, no. 116, 64–75 [in Ukrainian].

Зеленянська Н.М., Самофалов М.О. Підвищення адаптивності мікроклонів винограду в умовах *in vitro*

У статті наведено результати досліджень щодо отримання мікроклонів винограду з високим адаптаційним потенціалом. **Мета** – визначити вплив різного складу агаризованого поживного середовища на ріст і розвиток вегетативної маси та кореневої системи мікроклонів винограду. **Методи**. Під час виконання роботи використували біотехнологічні, лабораторні та розрахунково-порівняльні методи. **Результати**. Показано, що для одержання мікроклонів винограду з добре розвиненою вегетативною масою та кореневою системою доцільним є застосування біологічно активних препаратів Радіфарм, Слонех gel та структуроване поживне середовище. На таких поживних середовищах було отримано рослини з найбільшою площею листової пластинки, площею листової поверхні та загальною облиств'яності. Ці показники були більшими за контрольні значення, у середньому, на 50,0–90,0%. У мікроклонів винограду, отриманих у цих варіантах, формувалася більш розгалужена коренева система, що проявлялося у більшій кількості коренів різних градацій. У середньому, за сортами та варіантами, у рослин утворювалося від 5,5 до 10,7 шт. коренів I порядку та від 18,9 до 34,6 шт. коренів II порядку. Загальна довжина коренів I порядку зменшувалася на 6,2–31,8%, довжина одного кореня I порядку на 37,7–63,8%, загальна довжина коренів II порядку – відповідно на 11,3–35,9%, а довжина одного кореня II порядку відповідно на 34,7–56,5%. **Висновки**. Для культивування винограду *in vitro* за основу доцільно брати поживне

середовище MS із мінімальним вмістом фітогормонів – 0,3 мг/л ІОК та 0,2 мг/л БАП. Для формування вегетативної маси з добре розвиненим листовим апаратом та розгалуженою кореневою системою мікроклони винограду рекомендовано культивувати на структурованих поживних середовищах (MS+агроперліт+вермикуліт, MS+агроперліт, MS+вермикуліт) або застосовувати стимулятор ризогенезу – Clonex gel (обробка базальної частини чубуків перед висаджуванням на поживне середовище).

Ключові слова: виноград, *in vitro*, вегетативна маса, коренева система, адаптація.

Zelenianska N.M., Samofalov M.O. Increasing the adaptability of grape microclones in vitro

The article presents the results of research on obtaining microclones of grapes with high adaptive capacity. Purpose – To determine the influence of different compositions of growth medium on the growth and development of vegetative mass and root system of grape microclones. **Methods.** Biotechnological, laboratory, computation and comparative methods were used during the work. **Results.** It is shown that the use of biologically active preparation Radipharm, Clonex gel, and structured growth medium is expedient for obtaining microclones of grapes with well-developed vegetative mass and root system. Plants with the largest

area of leaf blades, and total foliage were obtained on such growth media. These indicators were higher than the control values, on average, by 50.0–90.0 %. The grape microclones obtained in these variants formed more virtue of their deep root systems, which manifested themselves in a larger number of roots of different gradations. On average, according to varieties and variants, the plants formed from 5,5 to 10,7 pcs. roots of the first order and 18,9 to 34,6 pcs. roots of the second order. The total length of the roots of the first order decreased by 6,2–31,8%, the length of one root of the first order by 37,7–63,8%, the total length of the roots of the second-order – by 11,3–35,9%, and the length of one root of the second-order by 34,7–56,5%. **Conclusions.** For *in vitro* grape cultivation, it is advisable to use the growth medium MS with a minimum content of phytohormones – 0.3 mg/l IOC and 0.2 mg/l BAP. To form a vegetative mass with a well-developed crop's foliage and a root system, it is recommended to cultivate grape microclones on structured growth media (MS + agropelite + vermiculite, MS + agropelite, MS + vermiculite) or to use rhizogenesis stimulator – Clonex gel (treatment of the basal part of the cuttings before planting on a growth medium)

Key words: grape, *in vitro*, vegetative mass, root system, adaptation.

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ КОРОТКОСТРОКОВОГО ЗБЕРІГАННЯ СПАРЖІ ЗЕЛЕНОЇ

ІВЧЕНКО Т.В. – доктор сільськогосподарських наук

orcid.org/0000-0003-4316-362X

Інститут овочівництва і баштанництва Національної академії аграрних наук України

ЛЯЛЮК О.С. – аспірантка

orcid.org/0000-0002-5197-6586

Інститут овочівництва і баштанництва Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Спаржа лікарська (*Asparagus officinalis* L.) – традиційна овочева культура для більшості країн Західної Європи. Її молоді пагони (списи) містять вітаміни, цукри, а також до 20 різних амінокислот [1], серед яких лідирує аспарагін – важлива речовина для обміну аміаку, триптофан – незамінна амінокислота, яка в людському організмі не синтезується, тому її необхідно отримувати з їжею [2, 3]. Завдяки цінним біохімічним властивостям спаржа відноситься до делікатесних овочів і на сьогодні вважається овочем номер один для прихильників здорового способу життя [4]. Тому за оцінкою провідних українських експертів культура має один з найвищих експортних потенціалів у плодоовочевому бізнесі України для реалізації як у свіжому, так і замороженому та консервованому вигляді. Особливістю виробництва спаржі на українському та глобальних ринках є нерівномірне надходження товарної продукції впродовж сезону її збирання через високу вимогливість культури до температури і вологості ґрунту під час відростання її списів та не тривале збереження продукції (до 2-х діб) за стандартних умов. З цієї причини у квітні-червні спостерігається суттєве коливання ціни, а їх максимум щорічно припадає на кінець сезону. Для підвищення рентабельності й ефективності виробництва цієї високомаржинальної продукції в умовах зростаючої конкуренції на внутрішньому ринку необхідно оптимізувати умови короткострокового зберігання спаржі зеленої. Для зниження втрат продукції важливо забезпечити безперервне протікання фізіологічних і біохімічних процесів обміну речовин, оскільки їх спрямованість безпосередньо впливає на її збереженість. С фізіологічної точки зору обмін речовин у продукції під час зберігання є продовженням тих процесів, які відбуваються з рослиною під час вирощування в ґрунтових умовах, із тією лише різницею, що після збирання списів розривається біологічний зв'язок із материнською рослиною, через що порушуються компенсаторні механізми і як наслідок відбуваються надмірні витрати органічних речовин та вологи.

Аналіз останніх досліджень. Молодий спис є активною частиною рослини, який продовжує свій ріст і розвиток навіть після збирання врожаю, через що характеризується високою інтенсивністю дихання, під час якого виділяється тепло і запасні речовини у продукції швидко розкладаються [5]. Через високу інтенсивність дихання (60 мг CO₂/кг/год за 5 С [6, 7]. зелена спаржа за стандартних температур має надзвичайно короткий термін зберігання. З метою сповільнення цього процесу

існують рекомендації щодо регулювання температури короткострокового зберігання впродовж спаржі зеленої, а також використання у сховищах модифікованого газового середовища [8, 9].

Оптимальними умовами для зберігання спаржі вважають температуру від 0 до 2 С і відносну вологість повітря понад 95 %. Під час зберігання та транспортування списів за більш високої температури або нижчої відносної вологості повітря їх якість різко погіршується, що призводить до загнивання, виникнення огрублості та старіння продукції. Питома теплоємність спаржі становить 3767 Дж/кг / × С [10, 11]. Ця кількість енергії є необхідною для зниження температури на 1 С у 1 кг списів. За організації короткострокового зберігання продукції у холодильній камері також слід враховувати, що спаржа завдяки своїй метаболічній діяльності впродовж зберігання також виробляє тепло. Його кількість збільшується з 0,08 до 0,2 кВт/т (впродовж зберігання продукції за температури 0 °С) до 0,16–0,3 кВт/т [12, 13] при підвищенні температури в холодильній камері до 5 °С. Порівняно з іншою овочевою продукцією спаржа охолоджується швидше, оскільки окремі списи тонкі і тепло швидко рухається від центру списа до поверхні. І навпаки, охолоджені списи дуже швидко нагріваються, тому переваги попереднього охолодження можна легко втратити, якщо охолоджений продукт хоч на короткий час залишати поза прохолодною кімнатою.

Виявлено, що головна причина швидкого погіршення стану якості спаржі криється у так званих теплових одиницях – градусних годинах, які продукція розпочинає накопичувати/акумуляувати з моменту збирання врожаю [14, 15]. Градусна година це одна година зберігання спаржі за температури один градус Цельсія вище нуля. Це означає, що швидкість псування завжди пропорційна інтенсивності дихання та температурі. Тому з метою уповільнення втрати якості, зібрану у полі спаржу охолоджують якомога швидше.

Під час зберігання погіршення якості спаржі проявляється фізіологічними розладами, які отримали назву тіпрот (tiprot), або танення кінчиків списів. Це пошкодження, як правило, є одним із основних факторів, який обмежує тривалість зберігання продукції [16]. Встановлено, що його прояв спостерігається після двох тижнів зберігання спаржі зеленої і проявляється він наявністю на списках м'яких і вологих лусок, на яких у подальшому колонізуються різноманітні сапрофітні мікроорганізмами, такі як фузаріоз та ін. хвороби. Незважаючи на те, що ушкодження завершується загниванням тканин, воно

на має патогенного характеру, а пояснюється змінами у фізіології кінчика списа [17], які пов'язані з вуглеводним голодуванням наконечника списа [18-20]. На списках завдовжки 20-25 см цей фізіологічний розлад спостерігається частіше, ніж на коротких. Відзначено, що списи, зібрані за підвищених температур повітря, частіше отримують тіпрот, проти вирощених у прохолодних умовах. Дослідження свідчать, що він може розвиватися через надмірні фізичні uszkodження списів під час сортування і пакування [21]. Вже на пізній стадії розвитку тіпроту сапрофітні види мікроорганізмів активно розмножуються на продукції, що зберігається та розпадається, і відповідають за неприємний запах уражених кінчиків [22].

Відомо, що під час дихання овочева продукція витрачає сухі речовини та вологу, що призводить до природних втрат її ваги. Зменшити випаровування води і, як наслідок, подовжити термін зберігання продукції можна і за рахунок пакування продукції у спеціальний пакувальний матеріал, який характеризується еластичністю, стійкістю до світла, має низьку водо- та паропроникність. Загалом, зберігання списів спаржі у холодильній камері з використанням спеціальних плівок є пасивним способом генерації модифікованого газового середовища (МГС). Зберігання спаржі зеленої за використання індивідуального пакування дозволяє контролювати рівень CO₂ від 6 до 12 %, забезпечує зниження швидкості дихання та протікання метаболічних процесів у списках до високого рівня збереженості сахарози [23]. Це, у свою чергу, дозволяє затримати проходження каскаду метаболічних подій, які спричиняють погіршення якості списа [24, 25]. Застосування МГС ефективно за використання вдало підібраних плівок, у протилежному випадку її застосування може спровокувати негативні наслідки через анаеробне дихання та поширення мікробів. Перевага МГС полягає в тому, що у товщі запакованої спаржі створюється висока відносна вологість повітря і, як наслідок, знижується втрата маси, затримується її затвердіння, зберігається колір списів. На внутрішньому та зовнішніх ринках максимальна ціна на спаржу зелену спостерігається на початку й після закінчення сезону збирання, тому дослідження способів її короткострокового зберігання є надзвичайно актуальним як для крупнотоварного, так і дрібного виробника.

Мета досліджень – дослідити ефективності короткострокового зберігання спаржі зеленої у холодильній камері залежно від виду пакування, та визначити економічну ефективність розробленого способу.

Матеріали і методи досліджень. Товарну обробку зелених пагонів здійснювали з урахуванням вимог стандарту ЕСК ООН FFV-04. На зберігання заклали стандартну продукцію згідно ДСТУ 293-91. Напередодні списи спаржі зеленої охолоджували до температури 2-4 ± 0,5 °С. Зберігали продукцію згідно з «Методическими рекомендаціями по храненію плодів, овочей и винограда» [26] у холодильній камері з сандвіч-панелей та обладнанням ВОСК за температури 1±2 °С і відносної вологості повітря 90-95 % у ящиках полімерних №6 (ОСТ 10-15-86).

Маса середнього зразка становила 5,0 кг (10 пучків по 0,5 кг). Пучки спаржі розташовували в ящиках вертикально. Досліджували 13 варіантів пакування на

збереженість спаржі зеленої, серед яких було використано плівки – поліетиленова і стрейч-плівка та спеціальні пакети на 0,5 та 1,5 кг виробництва компаній ФрекенБок та Левіпак (Україна), Кеер-іт-Fresh (Індія), StePak (Ізраїль). Продукція зберігалась із додаванням і без додавання етилен адсорбуючих пакетів (ЕАП). Контролем слугував варіант без упакування. На зберігання закладали стандартні пагони діаметром від 1,0 до 2,0 см і завдовжки 22 ± 5 см. Повторність чотирихкратно. Впродовж зберігання визначали природні втрати маси, які відбуваються за рахунок хвороб і фізіологічних розладів. Для аналізу збереженості спаржі зеленої аналізували якість продукції за використанням розробленої нами оригінальної 5-бальної шкали, згідно з якою балу 5 відповідають списи вищого ґатунку, а балу 1 продукція не придатна для споживання. Добирали і готували проби до аналізів згідно методичних рекомендацій [27]. Спостерігали за збереженістю продукції у динаміці – через кожні 7-10 діб. Зразок вилучали зі зберігання, якщо загальні втрати маси перевищували 10% та продукція мала бал збереженості 1.

Хімічний склад продукції впродовж зберігання визначали в лабораторії аналітичних вимірювань ІОБ НААН. Визначали суху речовину, загальний цукор, аскорбінову кислоту [27]. Аналіз експериментальних даних проводили із використанням методу ANOVA. Відмінності між значеннями визначали за використання тесту Тьюкі розрахованого з урахуванням корекції Бонферроні (Armstrong, 2014) [28], згідно з яким відмінності вважалися суттєвими при P < 0,05.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Спаржа зелена вже через 7 діб зберігання в холодильній камері без пакування виявилась значно деформованою і зазнала суттєвої втрати маси – 14,1 % (табл. 1). У ящиках, вистелених плівкою поліетиленовою (контроль) (вар. 4) та з пакетами ФрекенБок із зіп-застібкою (вар. 5), маса пагонів знизилась на 6,3 й 7,5 % за збереженості 1,25 і 3 бали відповідно. Продукція з вар. 1 і 4 через непридатність до подальшого зберігання була вилучена із дослідів. В усіх інших варіантах втрати маси виявились незначними, збереженість списів становили 85,9-100 % і відповідала вищому ґатунку.

Через 12 діб зберігання спаржі зеленої мінімальну втрату маси списів мали за використання стрейч-плівки завтовшки 8 мм (вар. 2 і 3) – 1,2 і 1,1% відповідно. Бал збереженості при цьому дорівнював 5 і відповідав вищому ґатунку. Високі показники гарантували спеціальні пакети українського виробництва (вар. 10-12), в яких продукція мала чудовий темно-зелений колір і бездоганний зовнішній вигляд списів. Втрата маси не перевищувала 1,5-2,0 %, збереженість спаржі зеленої оцінено в 4,0-4,5 бала.

Спаржу в пакетах ФрекенБок (вар. 5), яка втратила товарні характеристики, вилучали з дослідів. Використана плівка поліетиленова та пакети ФрекенБок мали найменшу газопроникну здатність (5,43 O₂/дм² за 24 год) порівняно із стрейч-плівкою (9,0 O₂/дм² за 24 год.), тому у такій упаковці накопичувалось більше CO₂, що негативно вплинуло на процеси газообміну продукції та її збереженість.

Спаржа в пакетах Степак (вар. 13, 14) забезпечувала найвищий показник збереженості – 5 балів та незначну втрату маси, від 2,4 до 3,5 %.

Пакети індійської компанії Кеер-іт-Фреш мали досить різні характеристики, насамперед, наявність та розміри перфорації, та неоднаково впливали на природну втрату маси списів. Загалом, показники збереженості товарної продукції впродовж 12 діб були високими, зелені списи були щільні, з незначним здерев'янінням на місцях різку та типовим для культури приємним запахом і відповідали вищому ґатунку (бал. 4). Найбільшу втрату маси (понад 10 %) і товарні властивості втратила спаржа в пакетах ФрекенБок (вар. 5), тому була вилучена з подальших досліджень.

Найбільш суттєві відмінності у показниках збереженості спаржі зеленої виявились через 18 діб зберігання. За цього строку вдалось чіткіше диференціювати вплив різних пакувальних матеріалів на якісь закладеної на зберігання продукції. Збереженості продукції на 96,3 і 98,2 % забезпечила стрейч-плівка ПВХ (вар. 2, 3) з використанням ЕАП і без нього.

У пакетах Кеер-іт-Фреш на 0,5 кг із дрібною перфорацією +ЕАП (вар. 7) усі списи спаржі були в'ялими і деформованими (бал 1). У аналогічних пакетах Кеер-іт-Фреш на 1,5 кг із великою перфорацією (вар. 6) списи втратили блиск, мало місце незначна зміна кольору, ребристість, яка з'явилась в результаті пошкодження продукції накопиченим у процесі дихання CO₂. Зберігання спаржі в пакетах Левіпак на 0,5 кг без перфорації з додаванням ЕАП (вар. 11) під час обліку виявило непридатність усіх списів (див. табл. 1) для подальших досліджень (бал 1,5). Продукцію з цього варіанту вкривали руді плямами, до того ж у пакеті було багато вологи, через що спаржа мала неприємний запах. За аналогічних умов, але без додавання ЕАП (вар. 12) збереженість маси на момент обліку була високою – 98,0 %.

Високі параметри збереженості спаржі зеленої через 18 діб забезпечили й ізраїльські пакети (вар. 13, 14). Однак на момент обліку була можливість спостерігати на списках під листочками утворення темних дрібних плям, які можна видалити зняттям зовнішньої шкірки.

Таблиця 1

Вплив різних видів пакування спаржі зеленої на збереженість продукції під час зберігання в контрольованих умовах (середнє, 2019–2021 рр.)

№ вар	Варіанти пакування	Країна виробник	Збереженість продукції									
			7 діб		12 діб		18 діб		28 діб		36 діб	
			%	Балів	%	Балів	%	балів	%	балів	%	балів
1	Без упаковки (контроль)		85,9	1	0	0	0,0	0	0	0	0	0
Плівки												
2	Стрейч-плівка ПВХ	Україна	100	5	98,8	5	96,3	4,25	95,6	1,25	0	0
3	Стрейч-плівка ПВХ + ЕАП*(1 шт)	Україна	100	5	98,9	5	98,5	4,25	96,6	1,75	0	0
4	Поліетиленова плівка	Україна	93,7	1,25	0	0	0,0	0	0	0	0	0
Спеціальні пакети для зберігання												
5	ФрекенБок із зіп-застібкою	Україна	92,5	3	90,2	1	0,0	0	0	0	0	0
6	Кеер-іт-Фреш на 1,5 кг +ЕАП (3 шт)	Індія	100	5	99,5	4,75	99,3	4,25	96,3	1,2	0	0
7	Кеер-іт-Фреш на 0,5 кг із дрібною перфорацією +ЕАП (1 шт)	Індія	99,1	5	94,5	4	90,6	1	0	0	0	0
8	Кеер-іт-Фреш на 1,5 кг із великою перфорацією + ЕАП (3 шт)	Індія	100	5	98,8	4,25	94,1	2,5	93,8	1,5	0	0
9	Кеер-іт-Фреш на 1,5 кг із дрібною перфорацією +ЕАП (3 шт)	Індія	98,3	5	97,8	4	97,4	2,5	92,4	1	0	0
10	Левіпак на 1,5 кг з перфорацією + ЕАП (3 шт)	Україна	98,8	5	98,0	4	97,3	3,75	92,8	2,75	33,1	1
11	Левіпак на 0,5 кг без перфорації +ЕАП (1 шт.)	Україна	100	5	99,2	4,25	94,7	1,5	0,0	0	0	0
12	Левіпак на 0,5 кг без перфорації	Україна	100	5	99,5	4,5	98,0	3,25	94,8	1,5	0	0
13	Степак 860-СН 104 на 1,5 кг +ЕАП (3шт.)	Ізраїль	99,4	5	97,6	5	96,2	3,25	94,5	2,25	33,3	1
14	Степак 885-В1 на 1,5 + ЕАП (3шт.)	Ізраїль	99,1	5	96,5	5	94,5	3,5	93,3	3,25	33,4	1
Середнє			97,6	4,3	83,5	3,6	75,5	2,4	60,7	1,2	7,1	0,2

Примітки: * – ЕАП – етилен адсорбуючий пакет; числові дані в таблиці представлені у вигляді $x \pm SD$ (n = 10).

Через це продукція з даних пакетів одержала 3 бали, що відповідає першому ґатунку спаржі зеленої.

Через 28 днів після зберігання спаржі зеленої виявлено, що у більшості варіантів продукція вже втратила свою лежкоздатність. Завершено зберігання списів у стрейч-плівці ПВХ без ЕАП (вар. 2) через ознаки ураження їх грибною інфекцією та потемнінням покривних листків. За використання стрейч-плівки ПВХ з ЕАП (вар. 3) списи за збереженістю також отримали 1 бал, оскільки вони були переважно в'ялими.

За використання індійських пакетів (вар. 6, 8, 9) спостерігали типові ознаки тіпроту – загнивання верхівок списів і значну деформацію основи пагонів через що вони були вилучені з подальшого дослідження.

Не погані результати через 28 днів зберігання забезпечували українські пакети на 0,5 кг, без перфорації та ЕАП (вар. 12) (зниження маси склало 5,2 %). До того ж пагони були без ознак патогенної мікрофлори, але на даному етапі зберігання задовільну форму списів у пучках забезпечували дворазовою фіксацією резинками.

Під час зберігання продукції в ізраїльських пакетах за аналогічний проміжок часу спостерігали особливість, яка проявлялась у відкриванні головок спаржі. При цьому втрата маси у пакетах 860–СН 104 на 1,5 кг + 3 шт. ЕАП становила 5,5 %, у пакетах 885–В1 на 1,5 + 3 шт. ЕАП – 6,7 %, бал збереженості дорівнював відповідно 2 і 3. Характерно, що впродовж експериментів не спостерігали ознак хвороб у списів, що підтверджує високі антибактеріальні властивості досліджених спеціальних пакетів для зберігання овочів.

Нами не встановлено суттєвий позитивний вплив на збереженість списів спаржі додавання у пакувальні пакети етилен адсорбуючих пакетів, хоча згідно із літературою [29, 30], використання ЕАП є одним із найефективніших способів зниження втрати ваги овочевою продукцією, поліпшення якості та подовження терміну її зберігання.

Проведений через 36 днів облік зразків засвідчив, що спаржа в усіх варіантах, де тривало її зберігання, повністю втратила всі основні споживчі якості.

Застосування холододового ланцюга не дозволяє цілком вирішити проблему тривалого зберігання і повністю запобігти втраті продукції, оскільки за низьких температур не вдається повністю зупинити протікання окислювально-відновлювальних процесів, але швидкість їх протікання можна аналізувати шляхом моніторингу змін основних компонентів хімічного складу. Аналізами вмісту сухої речовини в продукції впродовж періоду зберігання засвідчено в усіх варіантах його підвищення (рис. 1). Найкращу лежкоздатність спаржі зеленої забезпечили пакети Левіпак на 0,5 кг без перфорації і без ЕАП (вар. 12) й пакети Stepak 860–СН 104 на 1,5 кг +ЕАП та Stepak 885–В1 на 1,5 + ЕАП (вар. 13; 14). До того ж продукція характеризувалась мінімальним вмістом сухої речовини на всіх етапах дослідження хімічного складу зразків, порівняно з іншими видами пакувань. Невисокий вміст сухої речовини спостерігали і під час зберігання списів у стрейч-плівці (вар. 2, 3) максимум – 7,15 і 7,31 % відповідно. Встановлено тісний кореляційний зв'язок (табл. 2) між збереженістю ваги списа (%) і вмістом сухої речовини ($r = 0,91$), вмістом загальних і моноцукрів і вмістом сухої речовини ($r = 0,90$).

Вміст цукрів у продукції забезпечує, насамперед, харчову цінність і смакові якості списів спаржі зеленої. Основну частку сухої речовини її складають вуглеводи, представлені у цієї культури переважно моноцукрами.

У рослинних клітинах спаржі зеленої вуглеводи виявлено у вигляді клітковини та напівклітковини, моно- та дисахаридів, органічних кислот. Як відомо, міцність списів залежить від вмісту клітковини, товщини клітинних оболонок, розвиненості покривних тканин, які у комплексі дозволяють отримувати лежкоздатну продукцію [16, 24]. Впродовж короткострокового зберігання спаржі зеленої в усіх варіантах і на всіх етапах

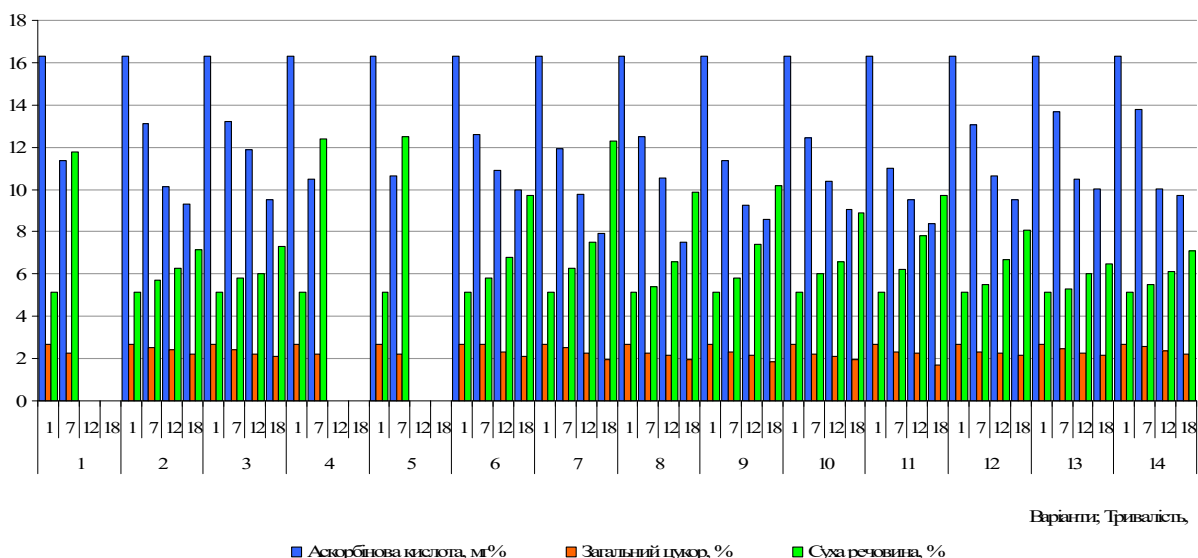


Рис. 1. Динаміка зміни вмісту біохімічних компонентів при короткостроковому зберіганні спаржі зеленої з використанням пакувальних матеріалів (середнє 2020–2021 рр.)

Кореляційний зв'язок між показниками збереженості списів спаржі зеленої та вмістом основних компонентів хімічного складу продукції (середнє за 2020–2021 рр.)

Показник	Аскорбінова кислота	Суша речовина	Загальний цукор	Моноцукри	Збереженість маси	
					%	балів
Аскорбінова кислота	–	0,84*	0,99*	0,97*	0,99*	0,87*
Суша речовина	0,85*	–	0,91*	0,90*	0,92*	0,51
Загальний цукор	0,99*	0,91*	–	1,00*	1,00*	0,80*
Моноцукри	0,99*	0,90*	1,00*	–	1,00*	0,84*
Збереженість маси, %	0,99*	0,91*	1,00*	1,00*	–	0,82*
Бал збереженості	0,87*	0,51	0,63	0,82*	0,80*	–

Примітка. * – коефіцієнт кореляції суттєвий на 0,05 рівні

проведення аналізу зразків встановлено поступове зниження у продукції рівня загальних і моноцукрів через що встановлено дуже тісний кореляційний зв'язок між збереженістю маси списа (%) і вмістом загальних і моноцукрів ($r = 1,00$).

В усіх варіантах відзначено і поступове зниження вмісту аскорбінової кислоти (АК), з 16,31 мг/% на початку зберігання до мінімального рівня 6,74 мг/% (вар. 14) через 18 днів зберігання у вар. 14 (див. рис. 1).

На короткострокове зберігання закладається продукція, вирощена за різних температур повітря і вологості ґрунту, що може значно вплинути на тривалість її зберігання. В умовах значних кліматичних змін, які ми спостерігаємо в останні роки, ці відмінності у якості продукції можуть підвищуватись. Також необхідно враховувати, що тривалість зберігання спаржі зеленої обмежується 1500 градусними годинами [14] і вона може суттєво скорочуватись у випадку накопичення їх на етапі збирання продукції у полі і під час її підготовки до зберігання. Тому перед закладанням і впродовж зберігання необхідно контролювати зміни вміст біохімічних компонентів. Аналіз кореляційних зв'язків уможливив виявити тісний їх рівень між швидкістю зниження АК у продукції та збереженістю маси списів, % ($r = 0,99$), і балом збереженості ($r = 0,83$). Визначені нами дуже тісні кореляції ($r = 1,00$) між збереженістю маси списів і вмістом загальних і моноцукрів, та між збереженістю маси списів та вмістом аскорбінової кислоти ($r = 0,99$) дозволяють прогнозувати максимальну тривалість зберігання продукції високої якості.

Найбільш ефективним виявилось пакування в пакети Stepak 885–B1 на 1,5 + ЕАП (вар. 14) який дозволяє подовжити термін зберігання продукції до 28 днів і реалізувати продукцію за найвищими цінами (300 грн/кг) в момент, коли попит на спаржу найвищий.

Відсоток збереженості продукції за даного способу зберігання становить 93,3%, що дозволяє додатково отримати прибуток на рівні 164 тис. грн в розрахунку на 1 т закладеної продукції, або 140,6 %, за рахунок реалізації спаржі зеленої в кінці сезону, коли ціни на внутрішньому і зовнішніх ринках мають максимальне значення.

Стрейч-плівка полівінілхлоридна є найбільше дешевою і майже не впливала на собівартість продукції. Загалом через низьку вартість цього пакувального матеріалу його можна вважати найбільш економічно вигідним, але враховуючи достатньо високу ціну спаржі

і значні об'єми її реалізацію в преміум сегменті цей варіант пакування спаржі зеленої не можна вважати оптимальним для всіх категорій споживачів. Спеціальні пакети іноземного і вітчизняного виробництва містять в їх складі спеціальні антибактеріальні домішки, які значно уповільнюють розвиток на продукції інфекції. На них можна нанести додаткову інформацію про продукцію, тому вони є найбільш перспективною для використання.

Висновки та перспективи подальших досліджень.

Застосування пакування спаржі зеленої при зберіганні у холодильній камері за температури 1 ± 2 С і відносної вологості повітря 90–95 % дозволяє суттєво подовжити тривалість короткострокового зберігання і запобігти її втрат за рахунок зниження інтенсивності дихання та швидкості протікання окислювально-відновлювальних процесів. Максимальні тривалість зберігання спаржі зеленої у холодильній камері (28 днів) з високим відсотком збереженості продукції (93,3) та прибуток на рівні 164 тис. грн в розрахунку на 1 т закладеної продукції забезпечували пакети Stepak 885–B1 на 1,5 кг (вар. 14), використання яких дозволяє реалізувати продукцію за найвищими цінами. Прогнозувати збереженість закладеної на зберігання у продукції дозволяє моніторинг змін основних компонентів хімічного складу (аскорбінової кислоти, загальних і моноцукрів, сухої речовини).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Chin C.K., Garrison S.A. Functional elements from asparagus for human health. *Acta Horticulturae*. 2008. Vol. 776. P. 233–237. doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.776.27
- Oberbeil K. & Lentz C. Gamtos dovanoti vaistai. Kaunas. 2004. 263 p.
- Kmitienė L., Kmitas A., Žebrauskienė A. Evaluation of biological characteristics and productivity of introduced varieties of asparagus (*Asparagus officinalis* L.). *Žemės ūkio mokslai*. 2007. Vol. 14. № 3. P. 33–40.
- Weihua L., Meijun H., Yongsong C. Determination of 20 Free Amino Acids in Asparagus Tin by High-Performance Liquid Chromatographic Method after Pre-Column Derivatization. *Food Analytical Methods*. 2012. Vol. 5. P. 62–68. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12161-011-9197-1>
- Bhowmik P.K., Matsui T. Postharvest physiology, storage and keeping quality of green asparagus: a review. *Asian J Plant Sci.* 2003. Vol. 2. P. 941–943. doi: 10.3923/ajps.2003.941.943 [in English].

6. Kader A.A. Postharvest biology and technology. *Postharvest Technology of Horticultural Products*. 1992. Vol. 2. P. 15–20.
7. Kadau R., Huyskens-Keil S., Großmann M. Postharvest quality dynamic of fresh-cut asparagus (*Asparagus officinalis* L.) in different film packaging. *ISHS Acta Horticulturae*. 2003. Vol. 599. P. 12. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.599.12>
8. Sam J.D., Mattinson S. Effect of edible coatings on postharvest quality of fresh green asparagus. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2008. Vol. 32. № 6. P. 951–971. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2008.00226.x>
9. Waldron K. Effect of maturation and storage on asparagus (*Asparagus officinalis* L.) cell wall composition. *Physiologia Plantarum*. 2006. Vol. 80. № 4. P. 576–583. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1990.tb05681.x>
10. Anon M. Handling and storage practices for Fresh Produce. *Postharvest Handling of Fruit and Vegetables. A Training Manual, FAO, Training series*. 1989. Vol. 17. № 2. P. 3–19.
11. Varoquaux P., Wiley C. Biological and Biochemical Changes in Minimally Processed Refrigerated. *Fruits and Vegetables*. 2017. Vol. 47. P. 153–186. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7018-6_5
12. Hardenburg R.E., Watada A.E., Wang C.Y. *The Commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks*. United States Department of Agriculture. 1986. 66 p.
13. Chiu K.Y., Sung J.M. Quality of low temperature heat-shocked green asparagus spears during short-term storage. *Afr J Agric Res*. 2013. Vol. 8. P. 3849–3856. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2012.6697>
14. Lipton W.J. Postharvest biology of fresh asparagus. *Horticultural Reviews*. 1990. Vol. 12. P. 69–155.
15. Lee J.S. Quality characteristics, carbon dioxide, and ethylene production of asparagus (*Asparagus officinalis* L.) treated with 1-methylcyclopropene and 2-chloroethylphosphonic acid during storage. *Korean J Hortic Sci Technol*. 2015. Vol. 33. P. 675–686. DOI: <https://doi.org/10.7235/hort.2015.14145>
16. Lallu N., Yearsley C.W., Elgar H.J. Effects of cooling treatments and physical damage on tiprot and postharvest quality of asparagus spears. *New Zeal. J. Crop Hort*. 2000. Vol. 28. P. 27–36.
17. Lee J.W., Heo B.G., Bae J.H. Comparison of plant growth, dormancy breaking, yield, and biological activities of extracts in four asparagus cultivars. *Korean J Hortic Sci Technol*. 2015. Vol. 33. P. 796–804. DOI: <https://doi.org/10.7235/hort.2015.15080>
18. Lill R.E., Borst W.M., Irving D.E. Tiprot in asparagus: Effect of temperature during spear growth. *Postharvest Biol. Technol*. 1996. Vol. 8. P. 37–43.
19. Lill W., Borst M. Spear height at harvest influences postharvest quality of asparagus (*Asparagus officinalis*). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 2001. Vol. 29. P. 187–194. DOI: <https://doi.org/10.1080/01140671.2001.9514177>
20. Liu Z.Y., Jiang W.B. Lignin deposition and effect of postharvest treatment on lignification of green asparagus (*Asparagus officinalis* L.). *Plant Growth Regul*. 2006. Vol. 48. P. 187–193. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10725-005-6112-z>
21. Yoon H.S., Choi I.L., Baek J.P. Effects of 1-MCP and MA storage treatments for long-term storage of asparagus spears. *Protected Hortic Plant Fac*. 2016. Vol. 25. P. 118–122. DOI: <https://doi.org/10.12791/KSBEC.2016.25.2.118>
22. Yang-Gyu K. Temperature effects on dormancy, bud break and spear growth Asparagus (*Asparagus officinalis* L.). *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 2007. Vol. 82. № 3. P. 446–450. DOI: <https://doi.org/10.1080/14620316.2007.11512257>
23. Huyskens-Keil S., Herppich W.B. High CO₂ effects on postharvest biochemical and textural properties of white asparagus (*Asparagus officinalis* L.) spears. *Postharvest Biol. Technol*. 2016. Vol. 75. P. 45–53. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.682.55>
24. Hurst P.L., Cheer V., Sinclair B.K. Biochemical responses of asparagus to controlled atmosphere storage at 20 C. *J. Food Biochem*. 1997. Vol. 20. P. 463–472.
25. Villanueva M.J., Tenorio M.D., Sagardoy M. Physical, chemical, histological and microbiological changes in fresh green asparagus (*Asparagus officinalis* L.) stored in modified atmosphere packaging. *Food Chem*. 2005. Vol. 91. P. 609–619 [in English].
26. Дженеєва С.Ю. Методические рекомендації по хранению плодов, овощей и винограда. Организация и проведение исследований / С.Ю. Дженеєва, В.И. Иванченко. Ялта : Институт винограда и вина Магарач, 1988. 152 с.
27. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві / За ред. Г.Л. Бондаренка, К.І. Яковенка. Харків : Основа, 2001. 369 с.
28. Armstrong, R.A. When to use the Bonferroni correction. *Ophthalmic Physiol*. 2014. Vol. 34. № 5. P. 502–508.
29. Bhowmik P.K., Matsui, T., Keuchi T. Changes in storage quality and shelf life of green asparagus over an extended harvest season. *Postharvest Biology and Technology*. 2002. Vol. 26. P. 323–328.
30. Пузік Л.М., Гайова Л.О. Сохраняемость позднепелых гибридов капусты цветной в зависимости от способа упаковки. *Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад.* БГСХА. Горки. 2018. № 3. С. 125–128.

REFERENCES:

- Chin, C.K. & Garrison, S.A. (2008). Functional elements from asparagus for human health. *Acta Horticulturae*, 776, 233–237. doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.776.27
- Oberbeil, K. & Lentz, C. Gamtos dovanoti vaistai. Kaunas, 2004. 263 p. [in Lithuanian].
- Kmitienė, L. et al. (2007). Evaluation of biological characteristics and productivity of introduced varieties of asparagus (*Asparagus officinalis* L.). *Žemės ūkio mokslai*, 14(3), 33–40
- Weihua, L. et al. (2012). Determination of 20 Free Amino Acids in Asparagus Tin by High-Performance Liquid Chromatographic Method after Pre-Column Derivatization. *Food Analytical Methods*, 5, 62–68. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12161-011-9197-1>
- Bhowmik, P.K. & Matsui, T. (2003). Postharvest physiology, storage and keeping quality of green asparagus: a review. *Asian J Plant Sci.*, 2, 941–943. [doi:10.3923/ajps.2003.941.943](https://doi.org/10.3923/ajps.2003.941.943)
- Kader, A.A. (1992). Postharvest biology and technology. *Postharvest Technology of Horticultural Products*, 2, 15–20.
- Kadau, R., Huyskens-Keil, S & Großmann, M. (2003). Postharvest quality dynamic of fresh-cut asparagus

- (*Asparagus officinalis* L.) in different film packaging. *ISHS Acta Horticulturae*, 599, 12. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.599.12>
8. Sam, J.D. & Mattinson, S. (2008). Effect of edible coatings on postharvest quality of fresh green asparagus. *Journal of Food Processing and Preservation*, 32(6), 951–971. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2008.00226.x>
9. Waldron, K. (2006). Effect of maturation and storage on asparagus (*Asparagus officinalis* L.) cell wall composition. *Physiologia Plantarum*, 80(4), 576–583. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1990.tb05681.x>
10. Anon, M. (1989). Handling and storage practices for Fresh Produce. *Postharvest Handling of Fruit and Vegetables. A Training Manual, FAO, Training series*, 17(2), 19.
11. Varoquaux, P. & Wiley, C. (2017). Biological and Biochemical Changes in Minimally Processed Refrigerated. *Fruits and Vegetables*, 153–186. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7018-6_5
12. Hardenburg, R.E., Watada, A.E. & Wang, C.Y. (1986). *The Commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks*. United States Department of Agriculture. 66 p.
13. Chiu, K.Y. & Sung, J.M. (2013). Quality of low temperature heat-shocked green asparagus spears during short-term storage. *Afr J Agric Res*, 8, 3849–3856. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2012.6697>
14. Lipton, W.J. (1990). Postharvest biology of fresh asparagus. *Horticultural Reviews*, 12, 69–155
15. Lee, J.S. (2015). Quality characteristics, carbon dioxide, and ethylene production of asparagus (*Asparagus officinalis* L.) treated with 1-methylcyclopropene and 2-chloroethylphosphonic acid during storage. *Korean J Hortic Sci Technol*, 33, 675–686. DOI: <https://doi.org/10.7235/hort.2015.14145>
16. Lallu, N., Yearsley, C.W. & Elgar H.J. (2000). Effects of cooling treatments and physical damage on tiprot and postharvest quality of asparagus spears. *New Zeal. J. Crop Hort*, 28, 27–36.
17. Lee, J.W., Heo, B.G. & Bae, J.H. (2015). Comparison of plant growth, dormancy breaking, yield, and biological activities of extracts in four asparagus cultivars. *Korean J Hortic Sci Technol*, 33, 796–804. DOI: <https://doi.org/10.7235/hort.2015.15080>
18. Lill, R.E., Borst, W.M. & Irving, D.E. (1996). Tiprot in asparagus: Effect of temperature during spear growth. *Postharvest Biol. Technol*, 8, 37–43.
19. Lill, W. & Borst, M. (2001). Spear height at harvest influences postharvest quality of asparagus (*Asparagus officinalis*). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 29, 187–194. DOI: <https://doi.org/10.1080/01140671.2001.9514177>
20. Liu, Z.Y. & Jiang, W.B. (2006). Lignin deposition and effect of postharvest treatment on lignification of green asparagus (*Asparagus officinalis* L.). *Plant Growth Regul*, 48, 187–193. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10725-005-6112-z>
21. Yoon, H.S., Choi, I.L. & Baek, J.P. (2016). Effects of 1-MCP and MA storage treatments for long-term storage of asparagus spears. *Protected Hortic Plant Fac*, 25, 118–122. DOI: <https://doi.org/10.12791/KSBEC.2016.25.2.118>
22. Yang-Gyu, Ku. (2007). Temperature effects on dormancy, bud break and spear growth *Asparagus officinalis* L.). *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 82(3), 446–450. DOI: <https://doi.org/10.1080/14620316.2007.11512257>
23. Huyskens-Keil, S. & Herppich, W.B. (2016). High CO₂ effects on postharvest biochemical and textural properties of white asparagus (*Asparagus officinalis* L.) spears. *Postharvest Biol. Technol*, 75, 45–53. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.682.55>
24. Hurst, P.L., Cheer, V. & Sinclair, B.K. (1997). Biochemical responses of asparagus to controlled atmosphere storage at 20 C. *J. Food Biochem*, 20, 463–472
25. Villanueva, M.J., Tenorio, M.D. & Sagardoy, M. (2005). Physical, chemical, histological and microbiological changes in fresh green asparagus (*Asparagus officinalis* L.) stored in modified atmosphere packaging. *Food Chem*, 91, 609–619.
26. Dzhenieva, S.J. & Ivanchenko, V.I. (1988). *Metodicheskie rekomendacii po hraneniju plodov, ovoshnej i vinograda. Organizacija i provedenie issledovanij [Methodical instructions for the storage of fruits, vegetables and grapes. Organization and conduct of research]*. Jalta : Institut vinograda i vina Magarach
27. Bondarenko, G.L. & Yakovenko, K.I. (2001). *Metody`ka doslidnoyi spravy` v ovochivny`cztvi i bashtanny`cztvi [Methods of research in vegetable growing and melon growing]*. Xarkiv: Osnova 369 [in Ukrainian].
28. Armstrong, R. A. (2014). When to use the Bonferroni correction. *Ophthalmic Physiol*, 34(5), 502–508
29. Bhowmik, P.K., Matsui, T. & Keuchi, T. (2002). Changes in storage quality and shelf life of green asparagus over an extended harvest season. *Postharvest Biology and Technology*, 26, 323–328.
30. Puzik, L.M. & Gajova, L.O. (2018). Sohranjaemost' pozdnespelyh gibridov kapusty cvetnoj v zavisimosti ot sposoba upakovki. [Storability of late-ripening cauliflower hybrids depending on the packing method]. *Vestn. Belarusian. state s.-kh. acad*, 3, 125–128 [in Russian].

Івченко Т.В., Лялюк О.С. Оцінка ефективності короткострокового зберігання спаржі зеленої

Мета досліджень – дослідити ефективності короткострокового зберігання спаржі зеленої у холодильній камері залежно від виду пакування, та визначити економічну ефективність розробленого способу.

Методи досліджень: *візуальний* – для ведення фенологічних досліджень; *вимірювально-ваговий* – для визначення зміни кількісних показників продукції; *хімічний* – для визначення якісних показників продукції; *статистичний* – для оцінки даних; *розрахунковий* – для встановлення ефективних пакувальних матеріалів. **Результати.** Молодий спіс *Asparagus officinalis* L. є активно зростаючою частиною рослини який продовжує свій рост і розвиток навіть після збору врожаю, тому через високу інтенсивність дихання має дуже короткий термін зберігання за стандартних температур. Для уповільнення цього процесу досліджували вплив 13 варіантів пакування спаржі зеленої на природні втрати маси, збереженість і динаміку зміни біохімічних компонентів (сухої речовини, загальних і моноцукрів, аскорбінової кислоти) при короткостроковому зберігання в холодильній камері за температури від 2 до 4 °C і відносній вологість повітря > 95%. За рахунок зниження швидкості дихання та протікання метаболічних процесів у запакованій продукції збільшено тривалість зберігання спаржі зеленої з 5 днів (контроль, зберігання без пакування) до 28 днів. Застосування пакування сприяло покращенню газообміну продукції, контролюванню рівня CO₂ сприяло зниженню фізіологічних розладів – тіпроту, що

позитивно вплинуло на якість і збереженість продукції. **Висновки.** Максимальну тривалість зберігання продукції високої якості (перший ґатунок), забезпечило використання ізраїльських пакетів 885-B1. Виявлені тісні кореляційні зв'язки між збереженістю маси списів і вмістом загальних і моноцукрів ($r = 1,00$), та між збереженістю маси списів та вмістом аскорбінової кислоти ($r = 0,99$) дозволяють прогнозувати максимальну тривалість зберігання продукції високої якості.

Ключові слова: збереженість, маса, спис, пакування, фізіологічні розлади, прибуток.

Ivchenko T.V., Lialiuk O.S. Evaluation of efficiency of short-term storage of green asparagus

Aim – to investigate the efficiency of short-term storage of green asparagus in the refrigerator depending on the type of packaging, and to determine the economic efficiency of the developed method.

Methods. *Visual* – is for conducting phenological research; *measuring and weighing* – is to determine the change in quantitative indicators of products; *chemical* – is to determine the quality of products; *statistical* – is for objective evaluation of experimental data; *estimated* – is for the installation of effective packaging materials. **Results.** Spear *Asparagus officinalis* L. is an active growing part of the plant, which continues to grow and develop even after harvest. Therefore, due to the high intensity of respiration, it has a very short shelf life at standard temperatures. To

reduce the speed of this process, we studied the effect of 13 options for packing green asparagus on weight loss, safety and dynamics of changes in biochemical components (dry matter, total and mono sugars, ascorbic acid) during short-term storage at temperatures from 2 to 4 C and humidity > 95 %. Due to the reduction of respiration rate and metabolic processes in packaged products, the duration of storage of green asparagus was increased from 5 days (control, storage without packaging) to 28 days. The use of product packaging helped to improve gas exchange, allowed to control the level of CO₂ and helped reduce physiological disorders – tiprot, due to which it had a positive effect on product quality and safety.

Conclusions. The maximum duration of storage of high quality products (first grade) was ensured by storage of asparagus in packages 885-B1. The percentage of product preservation after 28 days of storage using this type of packaging was 93.3%, which provided an additional profit of 140.6% due to the sale of green asparagus at the end of the season, when prices in domestic and foreign markets are maximum. The close correlations between the preservation of the mass of spears and the content of total and mono sugars ($r = 1.00$), and between the preservation of the mass of spears and the content of ascorbic acid ($r = 0.99$) allow us to calculate the shelf life of high quality products.

Key words: weight, spear, packaging, physiological disorders, profit.

АГРОБІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ РОСЛИН *ERUCA SATIVA* ПРИ ВИКОРИСТАННІ БІОПРЕПАРАТІВ

КОВАЛЬОВ М.М. – кандидат сільськогосподарських наук

orcid.org/0000-0003-4421-8960

Центральноукраїнський національний технічний університет

ВАСИЛЬКОВСЬКА К.В. – кандидат технічних наук, доцент

orcid.org/0000-0002-3524-4027

Центральноукраїнський національний технічний університет

АНДРІЄНКО О.О. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

orcid.org/0000-0003-1982-1151

Центральноукраїнський національний технічний університет

Постановка проблеми. У сучасному агровиробництві все більше значення має застосування біопрепаратів різного генези та механізму дії. При цьому для кожної культури необхідний ретельний підбір препаратів, які стимулювали б максимальне використання рослинами всіх фактів росту і розвитку. Біопрепарати нового покоління найчастіше впливають на рослини в мінімальних дозах, що, поза сумнівом, є фактором зниження антропогенного впливу на навколишнє середовище [1, с. 74; 2, с. 11].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Незважаючи на проведення експериментальних досліджень в умовах захищеного ґрунту, поряд із світловим режимом, на зростання та розвиток рослин впливали й інші фактори. Незважаючи на використання для вирощування дослідних рослин плівкових теплиць, умови мікроклімату в них були частково регульовані, з флуктуаціями основних параметрів у період різких коливань температури в осінньо-зимовий та літній період. Саме тому пошук параметрів, що підвищують адаптивний потенціал культур, є дуже актуальним завданням.

На сьогоднішній день на ринку сільськогосподарських біологічних препаратів з'явилася велика кількість нових, найчастіше з вираженим регуляторним та адаптивним ефектом, рекомендовані їх як добрива [3, с. 315; 4, с. 30]. Незважаючи на їх велику кількість, асортимент препаратів для листових культур є недостатнім [5, с. 174].

Мета. Метою роботи була розробка оптимальних технологічних параметрів вирощування *ErUCA sativa* в умовах геокупольної плівкової теплиці.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводили у науковій лабораторії Гідропонного вирощування овочів в купольній теплиці кафедри загального землеробства Центральноукраїнського національного технічного університету протягом 2020-2021 років.

Агробіологічні особливості та продуктивність рослин дворядника тонколистого при використанні біопрепаратів

Варіанти досвіду:

1. Контроль (вода)
2. EM Агро
3. EM 5M
4. Гумат натрія

Експериментальне вивчення ефективності застосування біопрепаратів (EM Агро, EM 5M та Гумат натрія)

проводили при вирощуванні руколи (*ErUCA sativa*) сорту Колтівата у 6 культозмінах у 2020–2021 вегетаційному році, в умовах плівкової геокупольної теплиці кафедри загального землеробства. Прийнята технологія вирощування передбачала посів насіння на розсаду з наступним висадженням на постійне місце у фазі 1–2 справжнього листа. Вирощування розсади проводили в 144 комірчастих касетах наповнених штучною ґрунтосумішшю на основі EM компосту [6, с. 81]. Терміни посадки розсади залежали не від її віку, а були прив'язані до фази розвитку (1–2 справжнього листа). Висаджування розсади проводили по 6-ти рядковій стрічці при ширині міжрядь 60 см.

Терміни висадження розсади (± 3 дні): 12 вересня, 28 жовтня, 12 січня, 5 березня, 21 квітня, 6 червня.

Розсаду руколи у фазі 1-2 справжнього листа висаджували на постійне місце за схемою $60 + (20 * 5) * 10$ см з площею живлення – 267 см².

Облікова площа ділянки – 4,8 м². Повторність у досвіді – 4-х кратна.

Всі біопрепарати, що вивчаються, застосовували для кореневого підживлення рослин.

EM Агро застосовували дворазово у розсадному відділенні та повторно, через 7 днів відразу після посадки на постійне місце розсади. Норма витрати препарату – 5 мл на 1 літр води при витраті робочого розчину 500–550 мл на 1 м² ґрунту.

EM 5M застосовувався як антистресовий препарат одразу після посадки розсади на постійне місце. Кратність обробок: 2 рази за вегетацію з інтервалом 10 днів. Норма витрати препарату – 2 мл на 1 літр води (400–500 мл робочого розчину на 1 м² ґрунту).

Гумат натрія використовували для стимуляції розвитку кореневої системи та ростових процесів. Кратність обробок: 2 рази за вегетацію з інтервалом 10 днів. Норма витрати препарату – 1,5 мл на 1 літр води (100–150 мл робочого розчину на 1 м² ґрунту). Досліджувані біопрепарати застосовували для кореневого підживлення рослин згідно з рекомендаціями [7, с. 24; 8, с. 121].

Результати досліджень. Нами була вивчена можливість використання різних за механізмом дії та призначення наступних пропонованих добрив з рострегулюючою активністю: EM Агро, EM 5M та Гумату натрія.

Як відомо, одним із головних факторів успішної розсадної культури є мінімізація завдання травм кореневої

системі при пересадці рослин на постійне місце [9, с. 22]. Враховуючи стимулюючі дії EM Агро на розвиток кореневої системи [10, с. 37], нами була вивчена ефективність його застосування при вирощуванні руколи (*Erúca satíva*). Даний біологічний стимулятор комплексної дії сприяє утворенню вторинного коріння рослин. Згідно з даними виробника до складу препарату входять речовини, які не лише стимулюють, а й підтримують формування та розвиток кореневої системи.

Припускаючи, що в осінньо-зимовий період на ріст та розвиток рослин руколи може негативний вплив спричинити зниження температур, нами була вивчена ефективність застосування препарату Гумат натрія. За даними виробника, EM 5M захищає рослини під час несприятливих погодних умов (заморожування, посуха, надлишок вологи). Підживлення препаратом EM 5M при внесенні в прикореневу зону разом з поливом сприяє створенню сприятливого середовища для розвитку кореневої системи та корисної мікрофлори ґрунту, що

дає значний поштовх ростовим процесам, що протікають у рослині [11, с. 21].

Проведений аналіз біометричних показників (див. табл. 1) показав, що біопрепарати, що вивчаються, не надали несприятливого впливу на рослини досліджуваного сорту Колтівата.

Причому ефект застосування біопрепаратів залежав від сівозміни, отже й від умов формування рослин. Це стосувалося використання EM Агро та EM 5M. Застосування препарату Гумат натрія не вплинуло на рослини руколи та залежало від термінів вирощування культури. При вирощуванні в 1 та 6 сівозмінах (посадка розсади відповідно 12 вересня та 6 червня), за відносно сприятливих абіотичних умов, застосування біопрепаратів не мало значного впливу на біометричні характеристики рослин. Відхилення біометричних показників дослідних рослин від контрольних були незначними. Причому, як і слід було очікувати, найбільший ефект від застосування EM 5M був пов'язаний із стимулюванням

Таблиця 1

Біометричні показники дворядника тонколистого на фоні застосування біопрепаратів (сорт Колтівата, 2013–2014 рр.)

Варіантидослідду	Висота рослин, см	Діаметр стебла, мм	Число листків, шт./росл.	Довжина головного кореня, см	Маса кореневої системи, г
1 сівозміна (12 вересня)*					
Контроль (вода)	16,3	5,0	12,8	19,2	14,1
Гумат натрія	16,0	5,1	13,1	19,1	14,2
EM Агро	16,4	5,1	13,3	19,3	15,2
EM 5M	16,3	5,0	13,0	19,7	15,4
2 сівозміна (28 жовтня)					
Контроль (вода)	14,5	4,2	13,1	16,1	12,9
Гумат натрія	14,8	4,2	13,2	16,2	12,9
EM Агро	15,6	4,6	13,7	16,4	13,6
1	2	3	4	5	6
EM 5M	15,8	4,5	13,8	16,5	13,8
3 сівозміна (12 січня)					
Контроль (вода)	12,2	3,7	13,0	15,2	12,1
Гумат натрія	12,1	3,8	13,2	15,3	12,2
EM Агро	12,4	3,9	14,2	15,0	13,8
EM 5M	12,4	4,0	14,4	16,0	14,0
4 сівозміна (5 березня)					
Контроль (вода)	15,2	5,5	15,2	16,5	13,1
Гумат натрія	15,4	5,4	15,4	16,4	13,3
EM Агро	15,7	5,5	16,2	17,2	14,0
EM 5M	15,9	5,6	15,9	17,4	14,2
5 сівозміна (21 квітня)					
Контроль (вода)	16,3	4,9	15,5	19,4	14,4
Гумат натрія	16,2	5,0	15,7	19,6	14,8
EM Агро	16,4	5,0	16,4	19,9	15,4
EM 5M	16,4	5,1	16,2	20,0	15,7
6 сівозміна (6 червня)					
Контроль (вода)	17,5	5,5	11,2	20,3	16,0
Гумат натрія	17,7	5,5	11,4	20,4	16,3
EM Агро	18,1	5,6	12,0	20,5	17,2
EM 5M	18,3	5,6	11,8	20,9	17,6

У дужках – дати посадки розсади на постійне місце

листоутворення, а використання ЕМ Агро більшою мірою стимулювало кореневу систему.

В інших сівозмінах, при погіршенні умов мікроклімату, пов'язаних з осінньо-зимовим та ранньовесняним періодом, застосування біопрепаратів, (ЕМ Агро та ЕМ 5М), мало значний вплив на формування руколи. При чому погіршення абіотичних умов сприяло посиленню ефекту від застосування біопрепаратів. При цьому найбільший стимулюючий вплив ЕМ Агро та ЕМ 5М вплинули на кількість листків рослин руколи облиственість та формування кореневої системи. Так, у 2 та 3 сівозміні рослини дослідних варіантів (застосування ЕМ Агро та ЕМ 5М) мали 13,7--13,8 шт. та 14,2 та 14,4 шт. листя відповідно, при 13,1 та 13,0 шт. у контрольних рослин та 13,2 шт. у оброблених біопрепаратом Гумат натрію. Подібна ситуація простежувалася і за аналізованими параметрами кореневої системи.

Так, наприклад, маса кореневої системи у рослин оброблених ЕМ Агро та ЕМ 5М (2 та 3 сівозміна) дорівнювала 13,6 г – 13,8 г та 13,8 г – 14,0 г відповідно, при 12,9 г та 12,1 г у контрольних та 12,9 г та 10,2 г при обробці біопрепаратом Гумат натрію. Аналогічна ситуація, хоч і менш виражена, була й при вирощуванні руколи (сорт Колтівата) у 4 та 5 сівозмінах (висадка сіяньців 5 березня та 21 квітня). Разом з тим, застосування біопрепаратів не спричинило вагомого впливу на ростові показники, що вивчалися, надземної частини рослин досліджуваного сорту руколи – Колтівата.

Зазначена стимулююча дія біопрепаратів, що вивчалися у досліді, сприяла формуванню рослин руколи з більшою масою однієї рослини (див. табл. 2). Причому найбільшу стимулюючу дію біопрепарати, котрі ми досліджували, виявляли в більш несприятливих умовах у періоди пізньої осені та ранньої весни. У цей період (2–4 сівозміна) маса однієї рослини руколи, оброблюваних ЕМ Агро та ЕМ 5М досягала значень 49,3–50,9 г / росл. та 49,6–51,3 г / росл. при

46,5–47,2 г / росл. у контрольних рослин. В інші терміни вирощування різниця у питомій продуктивності контрольних та рослин, оброблених біопрепаратами коливалася в незначних межах. Аналіз експериментальних даних щодо врожайності (див. табл. 3) підтвердив зазначену тенденцію.

Разом з тим, максимальна врожайність руколи при вирощуванні в осінньо-зимовий та ранньовесняний період (2–4 сівозміни), де вона коливалася в межах від 1,635 до 1,695 кг / м² у контрольних варіантах. Застосування ЕМ Агро та ЕМ 5М в цей період дозволило отримати від 1,785 до 1,853 кг / м² руколи, що на 5,93 – 9,32 % було більше ніж на контролі. При цьому, збільшення врожаю руколи при застосуванні ЕМ Агро та ЕМ 5М була на 5,57 та 3,48 %; 5,93 та 6,23 %; 9,14 та 9,32 %; 11,0 та 11,8 %; 2,72 та 2,86 %; 2,34 та 4,35 % відповідно більше ніж контрольних варіантів в 1–6 сівозмінах.

Економічна ефективність одна із основних критеріїв оцінки будь-якого варіанта досвіду. При цьому найбільш значущими показниками, що значною мірою визначають економічну ефективність вирощування сільськогосподарських культур, є чистий дохід, собівартість та рівень рентабельності.

За результатами проведених у 2010–2014 роках експериментальних досліджень в умовах плівкових культивацийних споруд IV світлової зони нами дана оцінка економічної ефективності вирощування руколи (*Eruca sativa* Mill.) у різних сівозмінах та за різних умов вирощування.

Одним, з основних показників економічної ефективності є собівартість продукції, що вирощується. У структурі собівартості тепличних культур найбільш значущими статтями витрат є опалення, оплата праці, вартість насіння, внесення органічних добрив, комунальні платежі та ін. При цьому визначальним показником рівня собівартості була її врожайність та терміни вирощування культур.

Таблиця 2

Продуктивна маса рослин (г/росл.) руколи при застосуванні біопрепаратів (сорт Колтівата, 2020-2021 роки)

Варіанти досліді	Дата посадки розсади на постійне місце					
	12 вересня	28 жовтня	12 січня	6 березня	21 квітня	6 червня
1. Контроль (вода)	40,4	47,2	47,1	46,5	40,6	41,5
2. Гумат натрію	40,7	47,8	47,6	47,2	40,5	41,2
3. ЕМ Агро	41,2	49,3	50,9	50,1	41,5	42,3
4. ЕМ 5М	40,9	49,6	51,3	50,1	41,2	42,9

Таблиця 3

Врожайність руколи при застосуванні біопрепаратів

Дата посадки розсади на постійне місце	Варіанти досліді				
	Контроль (вода)	Гумат натрію	ЕМ Агро.	ЕМ 5М	НІР ₀₅
1	2	3	4	5	6
12 вересня	1,435	1,445	1,515	1,485	0,025 кг/м ²
28 жовтня	1,685	1,695	1,785	1,790	0,040 кг/м ²
12 січня	1,695	1,715	1,850	1,853	0,018 кг/м ²
5 березня	1,635	1,663	1,826	1,828	0,035 кг/м ²
21 квітня	1,468	1,470	1,508	1,510	0,036 кг/м ²
6 червня	1,493	1,488	1,528	1,558	0,036 кг/м ²

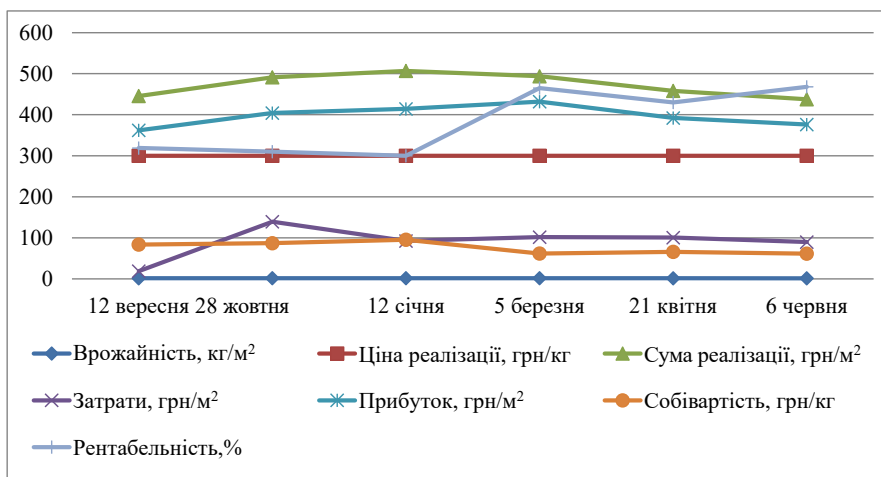


Рис. 1. Економічна ефективність вирощування руколи залежно від строків посадки (2020–2021 вегетаційний рік)

Проведене економічне обґрунтування ефективності вирощування рослин сортів Колтівата за різних термінів посадки рослин показало, що найвищий показник рівня рентабельності був відзначений у 6 сівозміні (у літній період дата посіву 6 червня) – 468 %. Однак варто зазначити, що у цей період спостерігалася найменша врожайність – 1,459 кг/м² (див. рис. 1).

Проте, відзначений високий рівень рентабельності було досягнуто завдяки короткому періоду вирощування рослин руколи в умовах відсутності штучного обігріву та, як наслідок, менших витрат на вирощування культури. Встановлено, що сума витрат, прибуток та собівартість продукції змінювалися протягом усього року і залежали від тривалості вегетаційного періоду та термінів вирощування культури. Так у варіанті, що з максимальною врожайністю руколи (1,689 кг/м² – дата посіву 12 січня) сорту Колтівата витрати склали 148,1 грн/м², прибуток – 414,2 грн/м², собівартість – 92,5 грн/кг.

Таким чином, в ході експериментальних досліджень встановлено високу економічну ефективність вирощування руколи за різних термінів посадки у плівкових культуриваційних спорудах захищеного ґрунту в умовах перехідної смуги між південним Лісостепом та північним Степом України. При цьому встановлено, що максимальна рентабельність складала 468 % у 6 сівозміні (термін посадки розсади 6 червня) при вирощуванні руколи сорту Колтівата.

Висновки. В результаті проведених експериментальних досліджень встановлено високу ефективність застосування ЕМ Агро та ЕМ 5М при вирощуванні руколи сорту Колтівата. При чому ефективність застосування залежить від агробіологічних умов. Найбільшою мірою стимулюючий вплив ЕМ Агро та ЕМ 5М виявилося при їх використанні для обробки рослин руколи сорту Колтівата у відносно несприятливих термо-світлових умовах пізньовесняних та ранньовесняних сівозміні, де збільшення врожайності становило від 6,2 до 11,8 % у порівнянні з контрольними варіантами.

СПИСОК ВИКОРИСТАННОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Білінская О.М., Кулька В.П., Самець Н.П., Голод Р.М. Формування насінневої продуктивності доба-

зового матеріалу картоплі в залежності від способів застосування комплексного препарату Альбіт. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. Вип. 2. 2021. С. 71–79.

2. Василенко М.Г. Органо-мінеральні добрива і регулятори росту рослин в органічному землеробстві. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 2. С. 11–18.

3. Хареба О.В., Позняк О.В. Інду посівний і дворядник тонколистий: перспективи дослідження і освоєння в Україні. *Овочівництво і баштанництво: міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Вип. 61. ВП «Плеяда», 2015. С. 311–319.

4. Бербеков К.З, Езаов А.К. Агробиологическая эффективность выращивания рукколы в условиях защищенного грунта. *Вестник Орловского ГАУ*. 2014. № 1. С. 29–33.

5. Murphy, C.J., Pill W.G. Cultural practices to speed the growth of microgreen arugula (roquette; *eruca vesicaria* subsp. *sativa*). *Journal of horticultural science and biotechnology*. 2010. № 3. P. 171–176.

6. Ковальов М.М. Вирощування огірка козіма F1 на різних типах субстратів у гідропонних купольних теплицях. *Таврійський науковий вісник: Науковий журнал. Сільськогосподарські науки*. Вип. 117. Видавничий дім «Гельветика», 2021. С. 80–89.

7. Методика державного сортопробування сільськогосподарських культур. Вип. 7. Київ, 2000. 144 с.

8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 415 с.

9. Позняк О.В. Стан і перспективи селекційної роботи з інду посівним або дворядником та руколою на ДС «Маяк» ІОБ НААН: мат. Всеукраїнського науково-практичного семінару «Рослинний світ України: нетрадиційні та рідкісні види у наукових дослідженнях та господарськопрактичній діяльності», 27 березня 2015, Крути, 2015. С. 21–23.

10. Ковальов М.М., Васильковська К.В., Резніченко В.П. Вплив ЕМ препаратів та систем ін'єкційного мікророзшення при вирощуванні баклажану у відкритому ґрунті. *Зрошуване землеробство: міжвідомчий тематичний науковий збірник. Видавничий дім «Гельветика»*, 2021, вип. 76. С. 35–39.

11. Улянич О.І. Алексейчук О.М. Сорока Л.В. Урожайність руколи посівної і шпинату городнього

залежно від сорто типу. Вісник Уманського національного інституту садівництва. 2014. № 2. С. 19–23.

REFERENCES:

1. Bilinskaya O.M., & Kul'ka V.P., & Samets' N.P., & Holod R. M. (2021) Formuvannya nasinnyeyovoyi produktyvnosti dobazovoho materialu kartopli v zalezhnosti vid sposobiv zastosuvannya kompleksnoho preparatu Al'bit [Formation of seed productivity of additional material of potatoes depending on the methods of application of the complex preparation Albit]. *Visnyk ahraryoi nauky Prychornomor'ya-Bulletin of Agrarian Science of the Black Sea Coast*. vol.2, pp. 71–79 [in Ukrainian].
2. Vasylenko M.H. (2017). Orhano-mineral'ni dobryva i rehulatory rostu roslyn v orhanichnomu zemlerobstvi [Organo-mineral fertilizers and plant growth regulators in organic farming]. *Visnyk ahraryoi nauky- Bulletin of Agricultural Science*. no. 2. pp. 11–18 [in Ukrainian].
3. Khareba O.V., & Poznyak O.V. (2015). Indau posivnyy i dvoryadnyk tonkolystyy: perspektyvy doslidzhennya i osvoyennya v Ukrayini [Indau sowing and dicotyledonous: prospects for research and development in Ukraine]. *Ovochivnytstvo i bashtannytstvo: mizhvidomchyy tematychnyy naukovyy zbirnyk – Vegetable and melon growing: interdepartmental thematic scientific collection*. vol. 61. VP «Pleyada», pp. 311–319 [in Ukrainian].
4. Berbekov K.Z., & Ezaov A.K. (2014). Ahrobyolohycheskaya efektyvnost' vyrashchuvannya rukokoly v uslovyakh zashchychennoho hrunta [Agrobiological efficiency of arugula cultivation in protected soil conditions]. *Vestnyk Orlovskoho HAU-Bulletin of Orel State Agrarian University*. no. 1. pp. 29–33 [in Russian].
5. Murphy, C.J., & Pill W.G. (2010). Kul'turni pryomy dlya pryskorennya rostu mikrozelenoj rukoly (roketka; eruca vesicaria subsp. sativa) [Cultural practices to speed the growth of microgreen arugula (rocket; eruca vesicaria subsp. sativa)]. *Zhurnal sadivnytstva ta biotekhnolohiyi-Journal of horticultural science and biotechnology*. no. 3. Pp. 171–176.
6. Kovalov M.M. (2021). Vyroshchuvannya ohirka Kozima F₁ na ryznykh typakh substrativ u hidronnykh kupol'nykh teplytsyakh [Growing cucumber F₁ on different types of substrates in hydroponic dome greenhouses]. *Tavriys'ky naukovyy visnyk: Naukovyy zhurnal. Sil's'kohospodars'ki nauky. Vydavnychyy dim «Hel'vetyka» – Tavria Scientific Bulletin: Scientific Journal. Agricultural sciences. «Helvetica» Publishing House*, 117, 80–89 [in Ukrainian].
7. Metodyka derzhavnoho sortovyprobuvannya sil's'kohospodars'kykh kul'tur [Methods of state variety testing of crops]. (2000). Kyiv : Derzhstandart Ukraine [in Ukrainian].
8. Dospikhov B. A. (1979). Metodika polevogo opyta [Field experiment methodology]. Moscow : Kolos [in Russian].
9. Pozniak, O.V., (2015). Stan i perspektyvy selektsiynoi roboty z indau posivnym abo dvoriadnykom ta rukoloiu na DS «Maiak» [State and prospects of breeding Indus sowing or diplotaxis and arugula on the DS "Lighthouse"] IOB NAAS 2015 Math. Ukrainian scientific-practical seminar "The flora of Ukraine: Unconventional and rare in scientific research and economic-practice". Ukraine, 2015, pp. 21–23 [in Ukrainian].
10. Kovalov M. M., & Vasylykova K. V., & Reznichenko V. P. (2021). Vplyv EM preparativ ta system in'yektsiynoho mikrozhennya pry vyroshchuvanni baklazhanu u vidkrytomu grunti [Influence of EM preparations and injectable micro-irrigation systems when growing eggplant in the open ground]. *Zroshuvane zemlerobstvo: mizhvidomchyy tematychnyy naukovyy zbirnyk. Vydavnychyy dim «Hel'vetyka»-Irrigated agriculture: interdepartmental thematic scientific collection. «Helvetica» Publishing House*, vol. 76. pp. 35–39 [in Ukrainian].
11. Ulyanych O.I., & Alekseychuk O.M., & Soroka L.V. (2014). Urozhaynist' rukoly posivnoyi i shpynatu horodn'oho zalezho vid sortotypu [Yields of arugula and spinach depending on the variety]. *Visnyk Umans'koho natsional'nogo instytutu sadivnytstva- Bulletin of the Uman National Institute of Horticulture*, no. 2. pp. 19–23 [in Ukrainian].

Ковальов М.М., Васильковська К.В., Андрієнко О.О. Агробіологічні особливості та продуктивність рослин *Eruca sativa* при використанні біопрепаратів

Пріоритетним напрямком на сучасному етапі розвитку овочівництва є отримання високоякісної, екологічно безпечної продукції в комплексі з розробкою та впровадженням нових агротехнічних прийомів вирощування. При чому перспективними є ті, котрі можуть суттєво розширити асортимент вирощуваних культур, кінцевою метою яких є урізноманітнення харчування населення. В даний час перспективним є пошук нових високоєфективних і екологічно безпечних технологій вирощування овочевих рослин, великого значення набувають біологічні методи впливу на рослинний організм. Одним з таких методів є застосування біопрепаратів. **Метою** досліджу була розробка оптимальних технологічних параметрів вирощування *Eruca sativa* в умовах геокупольної плівкової теплиці. **Методи.** Дослідження проводили в умовах геокупольних плівкових теплиць протягом календарного року. **Результати.** За результатами досліджень в умовах геокупольних плівкових теплиць обґрунтовано ефективність застосування біопрепаратів EM Агро та EM 5М, що залежала від сівозмін, тобто від мікрокліматичних умов формування рослин. В той же час застосування препарату Гумат натрія не вплинуло на рослини руколи та залежало від термінів вирощування культури. При вирощуванні в 1 та 6 сівозмін (посадка розсади відповідно 12 вересня та 6 червня), за відносно сприятливих абіотичних умов, застосування біопрепаратів не мало значного впливу на біометричні характеристики рослин. Відхилення біометричних показників дослідних рослин від контрольних були незначними. При чому, як і слід було очікувати, найбільший ефект від застосування EM 5М був пов'язаний зі стимулюванням листоутворення, а використання EM Агро більшою мірою стимулювало кореневу систему.

Встановлено, що основні економічні показники, а саме сума витрат, прибуток та собівартість продукції змінювалися протягом усього року та залежали від тривалості вегетаційного періоду та термінів вирощування культури. Так у варіанті, де спостерігалась максимальна врожайність руколи сорту Колтівата (1,689 кг/м² – дата посіву 12 січня) витрати склали 148,1 грн/м², прибуток – 414,2 грн/м², собівартість – 92,5 грн/кг.

Отже, під час експериментальних досліджень встановлено високу економічну ефективність вирощування руколи за різних термінів посадки у плівкових культивційних спорудах захищеного ґрунту в умовах перехідної смуги між південним Лісостепом та північним Степом

України. При цьому встановлено, що максимальна рентабельність склала 468 % в 6 сівозміні (термін посадки розсади 6 червня) при вирощуванні руколи сорту Колтівата.

Висновки. В результаті експериментальних досліджень встановлено високу ефективність застосування мікробіологічних препаратів EM Agro та EM 5M при вирощуванні руколи сорту Колтівата. Варто зазначити те, що ефективність застосування EM препаратів залежить від агробіологічних умов. Найбільшою мірою стимулюючий вплив EM Agro та EM 5M ми виявили при їх застосуванні при обробці рослин руколи сорту Колтівата у доволі несприятливих термо-світлових умовах пізньовесняних та ранньовесняних сівозмін, де збільшення врожайності становило від 6,2 до 11,8 % у порівнянні з контрольними варіантами.

Ключові слова: біопрепарати, геокупольну плівкова теплиця, EM компост, економічна ефективність, *Erúca satíva*, ресурсозберігаюча технологія.

Kovalov M.M., Vasilkovskaya K.V., Andrienko O.O. Agrobiological features and productivity of *Erúca satíva* plants when using biological products

The priority trend at present stage of vegetable development is to obtain high-quality, environmentally friendly products in combination with the development and implementation of new agronomic methods of cultivation. Moreover, promising methods are those that can significantly expand the range of crops grown, the ultimate goal of which is to diversify the diet of the population. Currently, the search for new highly efficient and environmentally friendly technologies for growing vegetable plants is promising, and biological methods of influencing the plant organism become increasingly important. One of such methods is the usage of biological products. **The objective** The aim of the experiment was to develop optimal technological parameters for growing *Erúca satíva* in a geo-dome plastic film greenhouse. **Methods.** The experiments were performed in geocoupled film greenhouses during the calendar year. **Results.** According to the results of research in the conditions of geo-dome film greenhouses, the effectiveness of the use of biological products EM Agro and EM 5M, which depended on crop rotation, ie on the microclimatic conditions of plant formation,

is substantiated. At the same time, the use of the drug Sodium Humate did not affect arugula plants and depended on the timing of cultivation. When grown in 1 and 6 crop rotations (planting seedlings on September 12 and June 6, respectively), under relatively favorable abiotic conditions, the use of biological products did not have a significant impact on the biometric characteristics of plants. Deviations of biometric parameters of experimental plants from control were insignificant. However, as expected, the greatest effect from the use of EM 5M was associated with the stimulation of leaf formation, and the use of EM Agro to a greater extent stimulated the root system.

It was found that the main economic indicators, namely the amount of costs, profits and production costs varied throughout the year and depended on the length of the growing season and the timing of cultivation. Thus, in the variant where the maximum yield of Koltivat arugula was observed (1,689 kg / m² sowing date January 12) the costs amounted to 148.1 UAH/m², profit – 414.2 UAH/m², cost – 92.5 UAH/kg.

Thus, during the experimental researches the high economic efficiency of arugula cultivation at different planting dates in film cultivation structures of protected soil in the conditions of the transition zone between the southern Forest-Steppe and the Northern Steppe of Ukraine was established. It was found that the maximum profitability was 468 % in 6 crop rotation (seedling planting date is June 6) when growing arugula variety Koltivata.

Conclusions. As a result of experimental researches high efficiency of application of microbiological preparations of EM Agro and EM 5M at cultivation of arugula of the Koltivata variety is established. It should be noted that the effectiveness of EM preparations depends on agrobiological conditions. The greatest stimulating effect of EM Agro and EM 5M we found when using them in the treatment of plants of arugula cultivar Koltivata in rather adverse thermal and light conditions of late spring and early spring crop rotations, where yield increases ranged from 6.2 to 11.8% compared to control variants.

Key words: biological products, geocouple film greenhouse, EM compost, economic efficiency, *Erúca satíva*, resource-saving technology.

НОРМАЛІЗОВАНИЙ ДИФЕРЕНЦІЙНИЙ ВЕГЕТАЦІЙНИЙ ІНДЕКС І ВІДСОТОК ЗЕЛЕНОГО ПОКРИВУ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ОЗИМОГО РІПАКУ ТА САФЛОРУ

ЛИХОВИД П.В. – кандидат сільськогосподарських наук, докторант
orcid.org/0000-0002-0314-7644

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Сучасний етап розвитку агротехнологій вимагає поступового трансферу від традиційних систем землеробства до інформатизованих систем точного землеробства, що нерозривно пов'язано з масовим впровадженням у виробничий процес засобів і технологічних пристроїв для отримання та інтерпретації даних супутникового моніторингу з їх подальшою інтеграцією в моделі автоматизованого прийняття управлінських рішень, програмування продуктивності агроєкосистем, моніторинг стану довкілля, тощо [1, 2]. Отже, вітчизняна наука повинна дати аграріям алгоритми ефективного зчитування даних супутникового моніторингу та використання інформаційних технологій в практичних реаліях сьогодення, оскільки зараз український агровиробник помітно відстає від західноєвропейського чи американського в плані ефективного використання сучасних технологічних можливостей і засобів у сфері виробництва продукції рослинництва. З одного боку, існує недостатня обізнаність вітчизняного агровиробника з останніми інноваційними винаходами в галузі, а з іншого – вітчизняний ринок не пропонує достатньо якісного та доступного у фінансовому плані обладнання та систем для роботи на засадах точного землеробства. Наприклад, прогнози продуктивності сільськогосподарських культур та моніторинг їх стану можна виконувати за допомогою використання супутникових даних щодо нормалізованого диференційного вегетаційного індексу (NDVI), що є дуже зручним і простим інструментом [3]. Однак, комерційні продукти, що пропонують європейські платформи, часто є надто високовартісними для придбання українським аграрієм. Водночас, безкоштовні сервіси та сервіси для академічних установ (наприклад, Copernicus) не завжди забезпечують належну якість одержуваної інформації, покривають обмежені території з обмеженим часовим параметром (як кратності знімків за період часу, так і тривалості історичного періоду в цілому), можуть потребувати камеральної доробки «сирих» супутникових знімків, а отже, не завжди можуть слугувати якісною альтернативою. Таким чином, постає закономірна потреба у пошуку можливостей одержання даних щодо вегетаційного індексу «на місцях» за мінімальних витрат і з максимально можливою точністю. На допомогу може прийти конвертація площі зеленого покриття (FGCC) в NDVI на основі регресійної моделі. Площа зеленого покриття – доступний індекс, який можна одержати лише в кілька кроків маючи смартфон з камерою. Фотографічний знімок, виконаний паралельно до поверхні поля на висоті 1,5-2,5 м автоматично обраховується в професійному безкоштовному мобільному додатку Saporeo, і вже за

кілька секунд фермер отримує інформацію щодо відсотку покриття сфотографованої ділянки рослинністю [4]. Метод є дуже зручним, інтуїтивно простим, мало витратним, а головне – результати розрахунків можна використовувати як напряму в моделях продуктивності кормових угідь або для визначення біомаси рослин [5], так і для конвертації в більш поширений у системах точного землеробства індекс NDVI [6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженнями було встановлено наявність тісного кореляційного зв'язку між величиною NDVI та FGCC для ряду культурних рослин. Обидва вегетаційні індекси успішно використовувалися в моделях продуктивності та моніторингу стану посівів, втім, до останнього часу перевага та більша вивченість за правом належать супутниковому NDVI. Вивчення взаємозв'язку між NDVI та FGCC протягом останніх десятиліть здійснено для овочевих і садових культур, кукурудзи, сої, пшениці та ячменю. Вища тіснота зв'язку та відповідність між величинами NDVI та FGCC, очевидно, належать культурам суцільного способу сівби. Втім, наразі наявних у науковій літературі результатів недостатньо для того, щоб мати повне уявлення про взаємовідношення між NDVI та FGCC, оскільки спектр досліджених культур не є повним, а моделі часто обмежені лінійним зв'язком [7–10].

Мета. Здійснити аналітичну оцінку взаємозв'язку між супутниковим NDVI та безпосередньо одержаним в полі за допомогою мобільного додатку Saporeo FGCC для надання моделей можливої їх взаємної конвертації під час вирощування культур озимого ріпаку та сафлору.

Матеріали та методика досліджень. Для виконання аналітичної оцінки було використано фотографічні знімки посівів озимого ріпаку та сафлору (дослідні поля Інституту зрошуваного землеробства НААН) в період вегетації 2021 року, виконані на камеру смартфона Sony Xperia XZ2 Premium та оброблені в мобільному додатку Saporeo, розробленому в Університеті Огайо (США), за стандартних налаштувань спектрографічної оцінки. Фотографічні знімки посівів виконували в періоди «початок цвітіння – кінець досягання» ріпаку озимого та «10–12 справжніх листків – кінець досягання» сафлору. За даними геолокації в подальшому фотознімки було асоційовано зі знімками супутникового NDVI з платформи OneSoil AI (роздільна здатність платформи дозволяє виокремлювати в конкретні пікселі квадрати площею 25 м²), таким чином, було одержано по 100 пар даних для кожної з досліджуваних культур, які було проаналізовано методами нелінійного регресійного аналізу [11]. За результатами аналітичних розрахунків було запропоновано моделі-поліноми взаємної

конвертації величин NDVI та площі зеленого покриву для досліджуваних культур. Точність моделей оцінювали за величинами коефіцієнту детермінації та абсолютної середньої похибки у відсотках.

Результати досліджень. У результаті виконаних статистичних розрахунків було розроблено по дві моделі для кожної з досліджуваних культур, які відображають тісноту взаємозв'язку між параметрами NDVI та FGCC, а також слугують у якості «конвертера» між двома вегетаційними індексами.

Величина коефіцієнту детермінації R² вказує на високу якість підгону моделей (>0,90), похибка розрахунків складає 2,87–37,88% для моделей озимого ріпаку та 2,15–4,95% для моделей сафлору, відповідно. Апроксимаційні криві та рівняння моделей наведено на рис. 1.

Максимальну похибку дала модель конвертації площі зеленого покриву ріпаку озимого в NDVI, що може бути пов'язано з особливостями листового апарату культури та спотвореннями величини вегетаційного індексу

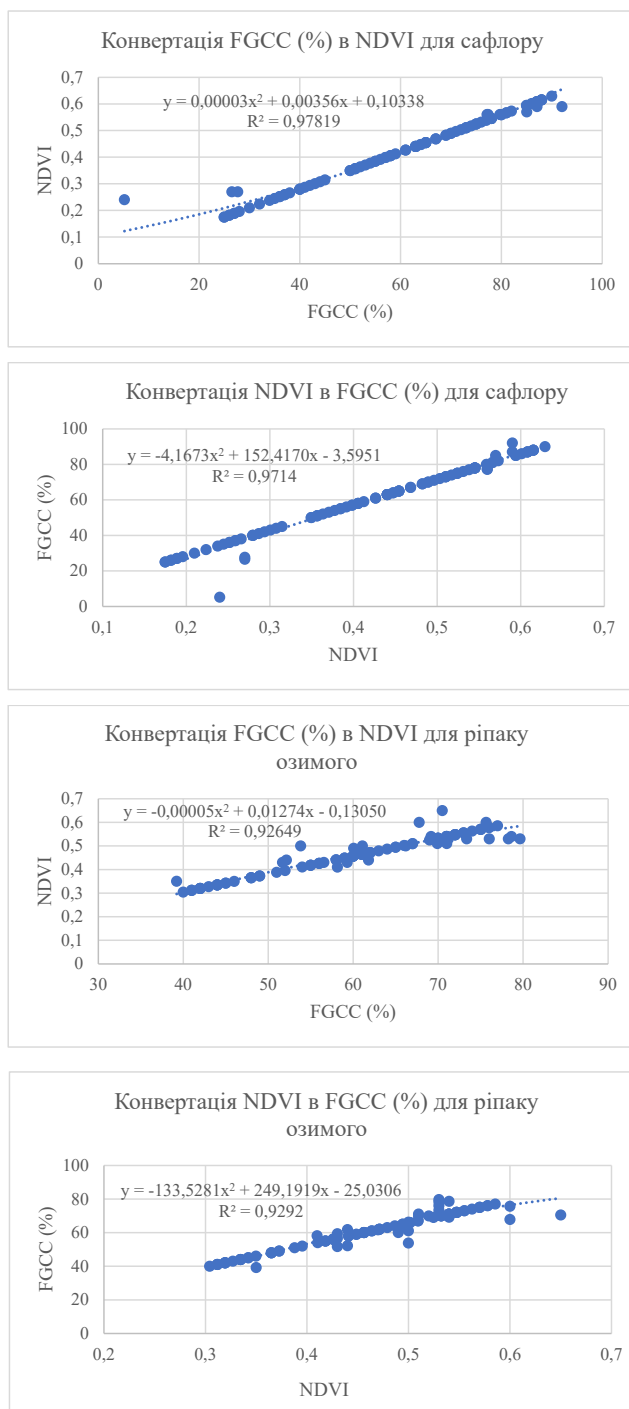


Рис. 1. Моделі для взаємної конвертації між NDVI та FGCC для ріпаку озимого та сафлору

внаслідок яскраво-жовтого кольору квіток у культури під час її масового цвітіння (це дає певний відсоток похибки при супутниковому моніторингу вегетаційного індексу, який розраховується на основі різниці у спектральних відбиттях світла від поверхні посівів) [12]. У той же час, усі моделі конвертації NDVI у FGCC показали відмінну точність із похибкою менше 10%, що дозволяє рекомендувати їх для практичного впровадження у комплексні моделі оцінки стану посівів та їх продуктивності в рамках підходів і систем точного землеробства.

Застосування розробки дозволить будь-якому фермеру, який володіє сучасним смартфоном на базі ОС Android або iOS шляхом простих маніпуляцій у мобільному додатку Сапорео отримати не тільки відсоток покриття культурою земельної ділянки (що само по собі вже цінно та дає змогу опосередковано аналізувати темпи наростання біомаси та прогнозувати вихід кормової продукції в зеленому конвеєрі), але й шляхом перерахунку для конкретної культури одержати актуальні дані щодо величини NDVI на ділянці без додаткових витрат. У майбутньому планується надання подібних рекомендацій щодо взаємної конвертації між FGCC та NDVI для більшості основних сільськогосподарських культур, вирощуваних у зрошуваних та неполивних умовах Півдня України, а також створення для більшої зручності мобільного додатку для швидкої взаємної конвертації вегетаційних індексів.

Висновки. Результатами дослідження доведено високу спорідненість та можливість взаємної конвертації між нормалізованим диференційним вегетаційним індексом, одержуваним за даними супутникового моніторингу, та відсотковим відношенням площі зеленого покриву на посівах озимого ріпаку та сафлору. Результати розробки можуть бути вдосконалені збільшенням вихідного набору даних та впроваджені у системи точного землеробства в науково-теоретичних і практичних цілях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Jones J. W., Hoogenboom G., Porter C. H., Boote K. J., Batchelor W. D., Hunt L. A., Wilkens P. W., Singh U., Gijsman A. J., Ritchie J. T. The DSSAT cropping system model. *European Journal of Agronomy*. 2003. Vol. 18(3–4). P. 235–265.
2. Liaghat S., Balasundram S. K. A review: The role of remote sensing in precision agriculture. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*. 2010. Vol. 5(1). P. 50–55.
3. Shafi U., Mumtaz R., García-Nieto J., Hassan S. A., Zaidi S. A. R., Iqbal N. Precision agriculture techniques and practices: From considerations to applications. *Sensors*. 2019. Vol. 19(17). P. 3796.
4. Patrignani A., Ochsner T. E. Canopeo: A powerful new tool for measuring fractional green canopy cover. *Agronomy Journal*. 2015. Vol. 107(6). P. 2312–2320.
5. Jáuregui J. M., Delbino F. G., Bonvini M. I. B., Berhongaray G. Determining yield of forage crops using the Canopeo mobile phone app. *Journal of New Zealand Grasslands*. 2019. P. 41–46.
6. Reed V., Arnall D. B., Finch B., Bigatao Souza J. L. Predicting Winter Wheat Grain Yield Using Fractional Green Canopy Cover (FGCC). *International Journal of Agronomy*. 2021. Vol. 2021.
7. McGlinch G. J., Jacquemin S. J., Lindsey L. E. Evaluating winter malting barley grain yield with fractional green canopy cover. *Crop, Forage & Turfgrass Management*. 2021. Vol. 7(1), P. e20079.
8. Lukina E. V., Stone M. L., Raun W. R. Estimating vegetation coverage in wheat using digital images. *Journal of Plant Nutrition*. 1999. Vol. 22(2). P. 341–350.
9. De la Casa A., Ovando G., Bressanini L., Martínez J., Díaz G., Miranda C. Soybean crop coverage estimation from NDVI images with different spatial resolution to evaluate yield variability in a plot. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 2018. Vol. 146. P. 531–547.
10. Trout T. J., Johnson L. F., Gartung J. Remote sensing of canopy cover in horticultural crops. *HortScience*. 2008. Vol. 43(2). P. 333–337.
11. Chatterjee S., Hadi A. S. Regression analysis by example. John Wiley & Sons, 2013.
12. Білинський Й. Й., Книш, Б. П. Аналіз характеристик та обґрунтування індексів рослинності. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2021. Вип. (2). С. 7–14.

REFERENCES:

1. Jones, J. W., Hoogenboom, G., Porter, C. H., Boote, K. J., Batchelor, W. D., Hunt, L. A., Wilkens, P. W., Singh, U., Gijsman, A. J., & Ritchie, J. T. (2003). The DSSAT cropping system model. *European Journal of Agronomy*, 18(3–4), 235–265.
2. Liaghat, S., & Balasundram, S. K. (2010). A review: The role of remote sensing in precision agriculture. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 5(1), 50–55.
3. Shafi, U., Mumtaz, R., García-Nieto, J., Hassan, S. A., Zaidi, S. A. R., & Iqbal, N. (2019). Precision agriculture techniques and practices: From considerations to applications. *Sensors*, 19(17), 3796.
4. Patrignani, A., & Ochsner, T. E. (2015). Canopeo: A powerful new tool for measuring fractional green canopy cover. *Agronomy Journal*, 107(6), 2312–2320.
5. Jáuregui, J. M., Delbino, F. G., Bonvini, M. I. B., & Berhongaray, G. (2019). Determining yield of forage crops using the Canopeo mobile phone app. *Journal of New Zealand Grasslands*, 41–46.
6. Reed, V., Arnall, D. B., Finch, B., & Bigatao Souza, J. L. (2021). Predicting Winter Wheat Grain Yield Using Fractional Green Canopy Cover (FGCC). *International Journal of Agronomy*, 2021, 1443191.
7. McGlinch, G. J., Jacquemin, S. J., & Lindsey, L. E. (2021). Evaluating winter malting barley grain yield with fractional green canopy cover. *Crop, Forage & Turfgrass Management*, 7(1), e20079.
8. Lukina, E. V., Stone, M. L., & Raun, W. R. (1999). Estimating vegetation coverage in wheat using digital images. *Journal of Plant Nutrition*, 22(2), 341–350.
9. De la Casa, A., Ovando, G., Bressanini, L., Martínez, J., Díaz, G., & Miranda, C. (2018). Soybean crop coverage estimation from NDVI images with different spatial resolution to evaluate yield variability in a plot. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 146, 531–547.
10. Trout, T. J., Johnson, L. F., & Gartung, J. (2008). Remote sensing of canopy cover in horticultural crops. *HortScience*, 43(2), 333–337.
11. Chatterjee, S., & Hadi, A. S. (2013). *Regression analysis by example*. John Wiley & Sons. [In English]
12. Bilynskyi, Yo. Yo., & Knysh, B. P. (2021). Analiz kharakterystyk ta obgruntuvannia indeksiv roslynnosti

[Analysis of characteristics and justification of vegetation indices]. *Herald of Vinnytsia Polytechnical Institute*, (2), 7–14. [In Ukrainian]

Лиховид П.В. Нормалізований диференційний вегетаційний індекс і відсоток зеленого покриву при вирощуванні озимого ріпаку та сафлору

Мета. Здійснити аналітичну оцінку взаємозв'язку між супутниковим NDVI та безпосередньо одержаним в полі за допомогою мобільного додатку Canopeo FGCC для надання моделей можливої їх взаємної конвертації під час вирощування культур озимого ріпаку та сафлору.

Методи. Польові зйомки фотографічних матеріалів посівів ріпаку озимого та сафлору в періоди «початок цвітіння – кінець досягання» та «10–12 справжніх листків – кінець досягання», відповідно. Обробка фото-знімків у програмному продукті Canopeo для розрахунку величини відсоткового зеленого покриття культурами земельних ділянок (FGCC). Прив'язка за даними геотегінгу місць фотозйомки до величин супутникового нормалізованого диференційного вегетаційного індексу (NDVI) на платформі OneSoil AI. Статистична обробка результатів методом поліноміальної регресії, формування моделей конвертації між вегетаційними індексами та оцінка точності моделей за величиною абсолютної середньої похибки у відсотках.

Результати. Встановлено, що досліджувані вегетаційні індекси мають високу тісноту нелінійного зв'язку, розроблені поліноміальні криві та моделі мають високу якість підгону з коефіцієнтом детермінації понад 0,90, а також відрізняються достатнім рівнем точності (похибка розрахунків для більшості моделей не перевищує 10%). Максимальну похибку (37,88%) дала модель конвертації площі зеленого покриву (FGCC) ріпаку озимого в NDVI, що пов'язано з особливостями листового апарату культури та спотвореннями величини вегетаційного індексу внаслідок яскраво-жовтого кольору квіток у культури під час її масового цвітіння. Перспективною є розробка подібних моделей для всіх основних культур, вирощуваних на Півдні України, та створення спеціального мобільного додатку для автоматизованої конвертації між вегетаційними індексами.

Висновки. Результатами дослідження доведено високу спорідненість та можливість взаємної конвертації між нормалізованим диференційним вегетаційним індексом (NDVI), одержуваним за даними супутникового моніторингу, та відсотковим відношенням площі зеленого покриву (FGCC) на посівах озимого ріпаку та сафлору. Результати розробки можуть бути вдосконалені збільшенням вихідного набору даних та впроваджені у системи точного землеробства в науково-теоретичних і практичних цілях.

Ключові слова: Canopeo, модель, поліном, регресія, точне землеробство.

Lykhovyd P.V. Normalized difference vegetation index and fractional green canopy cover under winter rapeseed and safflower crops

Purpose. Perform an analytical assessment of the relationship between satellite NDVI and FGCC obtained directly in the field using the Canopeo mobile application to provide models of their possible mutual conversion for winter rapeseed and safflower crops.

Methods. Field photography of photographic materials in winter rapeseed and safflower crops during the periods 'beginning of flowering – end of ripening' and '10–12 true leaves – end of ripening', respectively. Processing of photographs in the software product Canopeo to calculate the fractional green canopy cover in the crops (FGCC). Binding, according to geotagging data, of photographic sites to the values of the spatial normalized differentiated vegetation index (NDVI) on the OneSoil AI platform. Statistical processing of the results by the method of polynomial regression, the formation of conversion models between vegetation indices and the assessment of the accuracy of the models by the magnitude of the mean absolute percentage error.

Results. It has been established that the studied vegetation indices have a high tightness of non-linear relationship, the developed polynomial curves and models have a high quality of fitting with a determination coefficient of more than 0.90, and also have a sufficient level of accuracy (the calculation error for most models does not exceed 10%). The maximum error (37.88%) was given by the model for converting the fractional green canopy cover area (FGCC) of winter rapeseed into NDVI, which is associated with the characteristics of the leaf apparatus of the crop and distortions in the value of the vegetation index due to the bright yellow color of the crop flowers during its mass blooming. It is promising to develop such models for all major crops cultivated in the South of Ukraine and create a special mobile application for automated conversion between vegetation indices.

Conclusions. The results of the study showed a high relationship and the possibility of mutual conversion between the normalized differentiated vegetation index (NDVI), obtained from satellite monitoring data, and the fractional green canopy cover area (FGCC) in winter rapeseed and safflower crops. The development results can be improved by increasing the initial data set and implemented in precision farming systems for scientific, theoretical, and practical purposes.

Key words: Canopeo, model, polynomic, regression, precision agriculture.

ОЦІНКА АНТИОКСИДАНТНОГО ПОТЕНЦІАЛУ РОСЛИН УРБОЕКОСИСТЕМ В УМОВАХ АНТРОПОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТУ

МАДАНИ М.М. – кандидат технічних наук, доцент

orcid.org/0000-0001-9386-7364

Одеський національний технічний університет

Постановка проблеми. В останні десятиліття відзначається зростання площ урбанізованих територій, що створює багато кризових екологічних проблем. У межах міст спостерігається сумарний вплив великої кількості негативних факторів, а також максимальна концентрація хімічних речовин, що призводить до погіршення умов життя населення. Так, наприклад, атмосферне повітря м. Одеси за складом забруднюючих речовин є типовим для сучасних міст із розвинутою транспортною інфраструктурою [1].

У спектрі забруднюючих речовин міського середовища значне місце посідають важкі метали (ВМ), особливо свинець та його сполуки. Цей елемент відноситься до токсикантів першого класу екологічної небезпеки, має високу розчинність, біохімічну активність і канцерогенність. Свинець має підвищену тенденцію до біоконцентрування та комплексотворення, може перебувати у навколишньому середовищі у мінеральній та органічній формах [2-4]. В атмосферному повітрі свинець здатний утворювати різноманітні оксиди, вступати в реакції з кислотами та лугами. До основних джерел свинцю як елемента-забруднювача належать вихлопні гази, аерозолі автотранспорту та техногенний пил, який містить велику кількість свинцю у вигляді сполук, погано розчинних у воді, наприклад оксидів та сульфідів [3]. Сумарне надходження свинцю в атмосферу від автотранспорту на території України оцінюється в 30 тис. т щорічно [5].

Сполуки свинцю негативно впливають на мікробіологічну активність ґрунтів та ріст рослин. При надходженні до рослинного організму свинець порушує процеси фотосинтезу та дихання, поділ клітин, поглинання води кореневими системами, обмін речовин загалом, інгібуючи ряд ферментів. Крім того, він може істотно знижувати доступність рослинам багатьох біогенних елементів [3, 4, 6, 7].

Дослідження різних урбоєкосистем показують [1], що для ефективного управління якістю міського середовища необхідно мати достатню інформацію про еколого-фізіологічний стан міських фітоценозів, що дозволяє оцінити функціональний внесок кожного виду в зміну якості середовища в напрямку її поліпшення. У зв'язку з цим оцінка впливу забруднення міських ґрунтів свинцем на стан міських екосистем в даний час набуває винятково важливого значення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед великого числа антропогенних полутантів все більшого значення набуває токсична дія ВМ. Свинець є пріоритетним забруднювачем атмосферного повітря, ґрунту та інших компонентів навколишнього середовища, і його накопичення у середовищі йде найвищими темпами.

Природний вміст Pb у ґрунтах йде від материнських порід. У літературі є велика кількість даних про вміст Pb у ґрунті, проте іноді важко відокремити результати, що характеризують фонові рівні Pb у ґрунтах та пов'язані із забрудненням поверхневого шару ґрунтів [8, 9]. Середній фоновий вміст Pb у верхніх горизонтах ґрунтів коливається в межах від 3 до 189 мг/кг. Високі рівні Pb (вище 100 мг/кг) виявлені лише у ґрунтах Данії, Японії, Великобританії та Ірландії і, очевидно, відображають вплив промислового забруднення [8]. За даними різних авторів [8, 9], кларк Pb у ґрунті становить від 10 до 40 мг/кг. Фоновий вміст у ґрунті України – 15–50 мг/кг [9]. Однак ці дослідження в більшій мірі були спрямовані на визначення вмісту Pb у ґрунті, а не на його вплив на антиоксидантний статус рослин.

Рослини – одні з найчутливіших індикаторів техногенного забруднення міського середовища [1]. Це призводить до накопичення в них ВМ, внаслідок чого спостерігаються значні зміни в інтенсивності та спрямованості багатьох метаболічних реакцій. Найбільш небезпечним наслідком у цьому випадку вважається розвиток у рослинних клітинах окислювального стресу, пов'язаного з надмірною генерацією активних форм кисню (АФК) [4, 10]. Внаслідок підвищеної генерації АФК у клітинах може статися окислення ліпідів, вуглеводів, білків, пошкодження ДНК та РНК, дезорганізація цитоскелету [4, 11].

В екстремальних умовах найважливішим механізмом стійкості рослин є активізація багаторівневої біохімічної системи антиоксидантного захисту, до якої входить велика кількість компонентів. Серед них особливе місце займають низькомолекулярні метаболіти, які виявляють антиоксидантні властивості (аскорбінова кислота, каротиноїди, флавоноїди, поліфеноли та ін.), та антиоксидантні ферменти (СОД, каталаза, пероксидаза) [12–14].

У реалізації адаптаційного потенціалу особлива роль відводиться фенольним та поліфенольним сполукам. Вони відіграють важливу роль в окисно-відновних реакціях та процесах нейтралізації АФК [15–19]. Поліфеноли блокують зв'язування активних форм мутагенів з ДНК, пригнічують вільнорадикальні реакції, підвищують точність репарації ДНК, знижують кількість клітин із хромосомними абераціями [20].

Важливою особливістю чагарникових та деревних рослин є функціональна поліваріантність, здатна сформувати так званий адаптаційний потенціал рослин, що становить основу їх виживання та успішного розвитку, незважаючи на вплив широкого спектру негативних факторів навколишнього середовища [21].

В роботах [22-25] показано, що існує кореляція між генетично детермінованою стійкістю та рівнем антиоксидантної активності. Встановлено, що у стійких сортів та видів вихідний антиоксидантний потенціал, як правило, вищий, ніж у нестійких. Крім того, під впливом стресових факторів у стійких організмів симптоми окислювального стресу проявляються набагато слабше, а також відбувається швидке посилення антиоксидантної захисту.

Гончарук Е. та Хайрулліна В. [26, 27] вважають, що важливим елементом антиоксидантної системи є фенольні сполуки, або поліфеноли, – одні з найпоширеніших у рослинних клітинах речовин вторинної природи. Ці сполуки мають у своїй молекулі ароматичне (бензольне) кільце, а також одну або кілька гідроксильних груп, пов'язаних з атомами карбону ароматичного кільця. Відмінні риси поліфенолів – універсальність розповсюдження, велика кількість сполук (близько 9000) та різноманітність структур [26, 27]. Усі вони утворюються за участю шикіматного та ацетатомалонатного (полікетидного) шляхів. Інша їхня відмінна риса – легке окислення з утворенням високореактивних проміжних продуктів типу семіхінонних радикалів або орто-хінонів, здатність взаємодіяти з білками з утворенням водневих зв'язків, а також схильність до комплексотворення з іонами металів [26, 27]. Відомо, що багато поліфенолів мають високу антиоксидантну активність, яка не поступається аскорбату або токоферолу [15–18]. Вони здатні інактивувати вільні радикали, тим самим захищати клітини від АФК. Проте внесок поліфенолів у загальну активність антиоксидантної системи досліджено ще недостатньо. У зв'язку з цим вивчення особливостей накопичення фенольних сполук та їх вкладу в антиоксидантну систему захисту рослин в умовах екологічного стресу є дуже актуальним.

Мета дослідження – оцінити вплив свинцю в ґрунті на антиоксидантний статус деревних та трав'янистих рослин, який формується фенольними сполуками (на прикладі м. Одеси); виявити види, стійкі до токсичного стресу, які можуть бути рекомендовані для створення санітарно-захисних насаджень та озеленення міського середовища в умовах антропогенного забруднення.

Матеріали та методи досліджень. Накопичення Рв досліджували в акумулятивному горизонті міських ґрунтів основних геохімічних ландшафтів м. Одеси (агроселітебний, селітебний, промислово-комунальний). Як контрольні використовували зони рекреації, що мають мінімальне техногенне навантаження та природний фоновий рівень поллютантів, віддалені на 40–50 км від великих промислових джерел забруднення навколишнього середовища (смт. Овідіополь).

Вміст низькомолекулярних антиоксидантів аналізували у тканинах найбільш поширених у міських ландшафтах видів деревних: береза повисла (*Betula pendula* Roth), липа серцеподібна (*Tilia cordata* Mill.), клен гостролистий (*Acer platanoides* L.), тополя чорна (*Populus nigra* L.), і трав'янистих рослин: грястиця збірна (*Dactylis glomerata* L.), пижма звичайна (*Tanacetum vulgare* L.), подорожник великий (*Plantago major* L.), кульбаба лікарська (*Taraxacum officinale* Wigg.), деревій звичай-

ний (*Achillea millefolium* L.), конюшина лучна (*Trifolium pratense* L.), конюшина біла (*Trifolium repens* L.). З чагарників аналізували: бирючину звичайну (*Ligustrum vulgare* L.), обліпиху крушинову (*Hippophae rhamnoides* L.), таволгу Вангутта (*Spiraea vanhouttei* (Briot.) Zab.), бузок звичайний (*Syringa vulgaris* L.), чубушник вінцевий (*Philadelphus coronarius* L.), сніжноягідник білий (*Symphoricarpos rivularis* Suksdorf.), барбарис звичайний (*Berberis vulgaris* L.), бузину чорну (*Sambucus nigra* L.), смородину альпійську (*Ribes alpinum* L.), калину звичайну (*Viburnum opulus* 'Roseum'), троянду зморшкувату (*Rosa rugosa* Thunb.).

Рослинний матеріал збирали протягом вегетаційного періоду (липень) 2020 р. У кожній функціональній зоні рослинні та ґрунтові проби збирали з трьох дослідницьких ділянок. Зразки відбирали на нижніх гілках дорослих дерев із зазначенням місця відбору, виду, діаметра дерева, висоти взяття проби. Для аналізу використовували змішану пробу листя з дерев та чагарників одного виду, у трав'янистих рослин – вегетативну наземну частину. Виділення середньої проби проводилось у суху погоду відповідно до загальноприйнятих методик [1]. Для складання змішаної проби використовували 3 екз. одного виду ($n = 3$, де n – біохімічна повторність від змішаної проби).

Ґрунтові проби відбирали з верхнього акумулятивного горизонту потужністю від 0 до 10 см методом конверту [3]. Вміст свинцю в пробах визначали методом рентгенофлуоресцентного аналізу на приладі "Спектроскан Макс-G". Зразки ґрунту для аналізу готували у відповідності до методики М049-П/10 [28].

Сумарний вміст фенольних з'єднань (відновлених форм поліфенолів) у досліджуваних рослинах визначали спектрофотометричним методом. Як аналітичну використовували реакцію утворення забарвленого в синій колір розчину берлінської лазурі, що виникає при взаємодії двовалентного заліза та гексоціаноферату калію ($K_3Fe(CN)_6$). Інтенсивність забарвлення одержаного розчину при довжині хвилі 720 нм дозволяє судити про кількість фенольних сполук. Як стандартні зразки використовували розчини галової кислоти. Наважку рослинного матеріалу розтирали до гомогенного стану в присутності підкисленого 96%-ого етанолу (20 : 1), гомогенат центрифугували при 4500 г протягом 30 хв [29]. Оптичну густину розчинів визначали на спектрофотометрі "Shimadzu UV3600" (Shimadzu, Japan).

Сумарний вміст антиоксидантів (водорозчинних відновлених форм) визначали амперметричним методом на приладі "Цвет Яуза-01-АА" за методикою [30]. Сутність цього методу полягає у вимірюванні електричного струму, що виникає при окисленні досліджуваної речовини на поверхні робочого електрода при певному потенціалі. Попередньо будували градувальну залежність сигналу зразка порівняння (кверцетину) від його концентрації та за допомогою отриманого градування розраховували вміст водорозчинних антиоксидантів у досліджуваних зразках в одиницях концентрації кверцетину. Метод має високу селективність визначення СВА в пробі. Чутливість амперметричного детектора (АД) дуже висока ($\sim 10^{-12}$ А). Межа виявлення АД – на рівні нано чи пікограмів [30].

Статистичну обробку даних проводили у програмі Statistica ver. 12 (Statsoft Inc., Thulsa, OK, USA). Для виявлення статистично вірних відмінностей між варіантами експерименту дані обробляли за допомогою однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA). Як критерій достовірності відмінностей використовувався тест множинних порівнянь Тюкі (Tukey's HSD test) за рівня значущості $p < 0,05$. Попередньо було проведено тест Шапіро-Уїлка для перевірки нормальності розподілу даних, який не виявив перешкод для застосування дисперсійного аналізу. Ступінь взаємозв'язку двох змінних оцінювали за допомогою коефіцієнта кореляції Пірсона (r -Пірсона).

Міру подібності реакції антиоксидантної системи рослинних об'єктів при техногенному забрудненні визначали ієрархічним кластерним аналізом у програмі Statistica ver. 12, підтримка bootstrap кластерів при $N = 1000$ здійснена у програмі PAST ver. 3.17 [31]. У кластерному аналізі для об'єднання даних використовувався метод Уорда (Ward's method), відстань об'єднання – евклідова відстань. У ході дослідження було відібрано та проаналізовано 330 рослинних та 45 ґрунтових проб у триразовій повторності. У таблицях наведено статистично опрацьовані дані у вигляді середніх арифметичних значень та їх стандартних помилок.

Результати досліджень

Визначення вмісту свинцю в акумулятивному горизонті ґрунтів. Аналіз вмісту свинцю в акумулятивному горизонті ґрунтів (0–10 см) різних функціональних зон міста показав, що його максимальна кількість спостерігалась у промислово-комунальних та селітебних з підвищеним транспортним навантаженням зонах (75,6–108,4 мг/кг). Максимальна концентрація свинцю у верхньому шарі ґрунту цих ділянок перевищувала його мінімальний фоновий вміст у 5,9 разів. В агроселітебній та селітебній зонах вміст свинцю в акумулятивному горизонті ґрунтів перевищував фон у 1,3–1,6 та 2,6–2,9 рази відповідно (табл. 1). У ході дослідження виявлено надлишкове накопичення свинцю в акумулятивному горизонті міських ґрунтів не лише у відношенні до фону, а й до ОДК металу (32 мг/кг). У пробах ґрунтів селітебних та промислово-комунальних ділянок (42% території міста) перевищення нормативу становило 1,5–3,4 рази (ДСТУ 7875:2015), у пробах агроселітебної зони перевищення екологічного нормативу не виявлено (15% території міста).

Основні причини накопичення Pb у поверхневих ґрунтових горизонтах трансаккумулятивних ландшафтів (ПКтаТЗ) – здатність його сорбуватися мінеральними та органічними компонентами з утворенням стійких сполук та близьке розташування корінних порід [32]. Загалом причини досить сильного забруднення ґрун-

тів урбанізованих екосистем Pb можуть бути різними, але основними є атмотехногенні викиди підприємств та автомобільного транспорту [1]. Ще один фактор, який збільшує акумуляцію свинцю в міських ґрунтах, – це їхнє підлужування. Вже зараз для 88% території м. Одеси характерна слаболужна та лужна реакція ґрунтового розчину (рН 7,5–8,0), і лише 10% міських ґрунтів мають слабокислу (5,5–6,5), а 2% – нейтральну реакцію [1]. У зв'язку з цим винос і міграційна здатність багатьох ВМ, у тому числі й свинцю, сильно порушується, що і призводить до їх акумуляції у верхньому ґрунтовому горизонті, викликаючи трансформацію ґрунтового-геохімічної структури урбоекосистем.

Аналіз вмісту суми фенольних сполук та СВА у листі рослин різних функціональних зон дозволяє зробити висновок, що в умовах забруднення ґрунтів свинцем активність фенольних компонентів антиоксидантної системи деревних, чагарникових та трав'янистих рослин зазнає значних змін, які мають кількісний та якісний характер.

Аналіз вихідного (фонового) сумарного вмісту низькомолекулярних водорозчинних антиоксидантів, а також фенольних сполук у листі деревних, трав'янистих та чагарникових рослин, що проростають у зоні рекреації та відпочинку, показав, що трав'янисті рослини із ЗРВ відрізняються від деревних та чагарникових форм меншим значенням СВА, у тому числі і фенольної компоненти (рис. 1).

Найбільш чутливі до забруднення ґрунту свинцем трав'янисті рослини. Так, у більшості видів трав (6) із збільшенням у ґрунті кількості металу спостерігалось зниження вмісту фенольних сполук у середньому в 1,4–3,1 рази. Виняток становила грядиця збірна – у її листках на забруднених ділянках частка поліфенолів збільшилася порівняно з фоном у 3,5 рази.

Аналіз фонового вмісту поліфенолів та СВА показав відмінності у накопиченні цих з'єднань у різних таксономічних групах. Вміст антиоксидантів у рослинах визначається насамперед конститутивними особливостями виду та таксону та додатково – природою діючого стресора. Отже, поліфеноли або інші групи водорозчинних антиоксидантів у рослинах можуть виступати як хемотаксономічні, екологічні, адаптаційні маркери.

Найбільш чутливі до забруднення ґрунту свинцем трав'янисті рослини. Так, у більшості видів трав (6) із збільшенням у ґрунті кількості металу спостерігалось зниження вмісту фенольних сполук у середньому в 1,4–3,1 рази. Виняток становила грядиця збірна – у її листках на забруднених ділянках частка поліфенолів збільшилася порівняно з фоном у 3,5 рази.

Таблиця 1

Вміст свинцю в акумулятивному горизонті ґрунтів (0–10 см) різних функціональних зон м. Одеси, мг/кг

К*	Тип ландшафту			ПКтаТЗ
	ЗРВ	АС	СЗ	
25,0	18,4–19,2	23,7–29,4	48,6–52,7	75,6–108,4

Примітка: ЗРВ – зони рекреації та відпочинку (фон); АС – агроселітебні зони; СЗ – селітебні зони; ПКтаТЗ – промислово-комунальні та транспортні зони; К* – середній фоновий вміст елемента за даними [8]. У таблиці вказано довірчий (95%-ний) інтервал для середнього значення

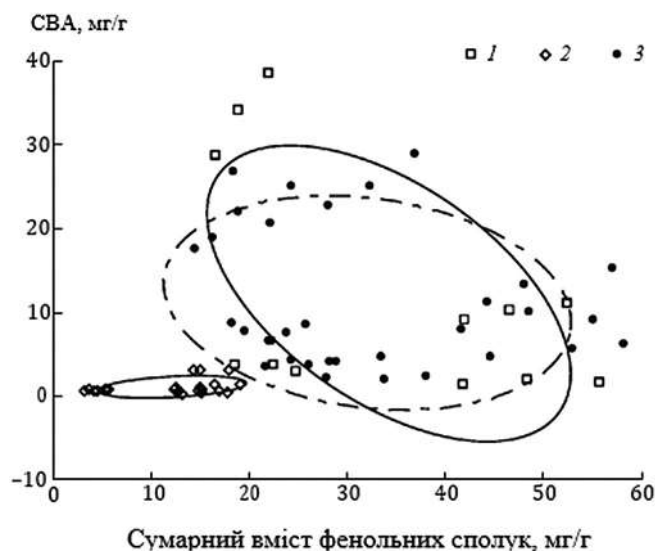


Рис. 1. Діаграма розсіювання сумарного вмісту водорозчинних низькомолекулярних антиоксидантів (CBA) залежно від рівня фенольних сполук у листі деревних, трав'янистих та чагарникових рослин, що проростають у зоні рекреації та відпочинку (фон): 1 – деревні види; 2 – трав'яні рослини; 3 – чагарники

Аналіз фонового вмісту поліфенолів та CBA показав відмінності у накопиченні цих з'єднань у різних таксономічних групах. Вміст антиоксидантів у рослинах визначається насамперед конститутивними особливостями виду та таксону та додатково – природою діючого стресора. Отже, поліфеноли або інші групи водорозчинних антиоксидантів у рослинах можуть виступати як хемотаксономічні, екологічні, адаптаційні маркери.

У чагарників зменшення концентрації поліфенолів під дією поллютанта спостерігалось в листі звичайної калини, бузку звичайного, смородини альпійської, чубушника вінцевого та сніжноягідника білого: у зоні максимального забруднення воно зменшувалося в порівнянні з фоном в 1,3–1,9 рази (табл. 2). У листях бирючини звичайної, обліпихи крушинової та таволги Вангутта збільшення вмісту в ґрунті свинцю стимулювало накопичення фенолів у середньому в 1,3 рази, а в листі барбарису звичайного, бузини чорної та троянди зморшкуватій на різних ділянках воно не мало достовірних відмінностей у порівнянні з фоном. У листі деревних рослин накопичення поліфенолів мало різноспрямований характер: у липи серцеподібної та клена гостролистого (ПКтаТЗ) спостерігалось зниження вмісту поліфенолів у 1,8–2,4 рази, у листі берези повислої та тополі чорної – підвищення їх рівня 1,7–2,8 рази у порівнянні з контролем.

Оцінку антиоксидантної активності рослинних тканин в умовах забруднення міського середовища свинцем наведено в табл. 3. Максимальний вміст водорозчинних антиоксидантів спостерігався у рослин у зоні ЗРВ (фон). Зі збільшенням антропогенного навантаження їхній рівень знижувався, досягаючи мінімальних значень у зоні ПКтаТЗ: у деревних видів зниження

CBA становило від 64,1 до 588%, у листі чагарників – у 1,7–4,5 рази порівняно з фоном. З трав'янистих форм найбільш схильними до впливу свинцю виявилися пижма звичайна, подорожник великий і кульбаба лікарська: зниження вмісту CBA склало 600–1383% від їх фонових значень.

Аналіз даних про сумарний вміст фенольних сполук та водорозчинних антиоксидантів у досліджуваних рослинах з різних функціональних зон, що відрізняються вмістом Pb у ґрунті, виявив види рослин з високою негативною та позитивною кореляцією між цими показниками: у листі тополі чорної, берези повислої, бирючини звичайної, обліпихи крушинової, таволги Вангутта, грестиці збірної між фенольними сполуками та антиоксидантною активністю (АОА) виявлено сильну негативну кореляцію ($r = -0,82 \dots -0,98$); у листі липи серцеподібної, бузку звичайного, чубушника вінцевого, сніжноягідника білого, бузини чорної, смородини альпійської, калини звичайної, пижми звичайної, подорожника великого, кульбаби лікарської, деревію звичайну, конюшини лучної та білої – сильна позитивна кореляційна залежність ($r = 0,85 \dots 0,98$); у листі клена гостролистого, барбарису звичайного, троянди зморшкуватій значущої кореляції між накопиченням цих сполук не виявлено (табл. 4).

Виявлення подібності реакції антиоксидантної системи рослинних об'єктів. Для виявлення подібності реакції антиоксидантної системи рослинних об'єктів при техногенному забрудненні був проведений кластерний аналіз даних за значеннями b_0 - і b_1 -коефіцієнтів регресійних рівнянь залежності рівня реакційної здатності низькомолекулярних антиоксидантів від сумарного вмісту поліфенолів у трав'янистих, чагарникових

Таблиця 2

Сумарний вміст фенольних сполук у листі деревних, чагарникових та трав'янистих рослин різних функціональних зон м. Одеси, мг (у перерахунку на галову кислоту)/г сухої маси

Вид	Тип ландшафту*			
	ЗРВ	АС	СЗ	ПКтаТЗ
Деревні види				
Береза повисла	21,96 ± 2,26 ^b	24,05 ± 2,47 ^b	29,71 ± 3,10 ^{ab}	37,08 ± 3,86 ^a
Липа серцеподібна	48,74 ± 4,92 ^a	42,07 ± 4,32 ^a	38,30 ± 3,94 ^{ab}	27,93 ± 2,84 ^b
Клен гостролистий	47,13 ± 4,79 ^a	44,39 ± 4,52 ^a	30,81 ± 3,21 ^b	19,88 ± 1,92 ^c
Тополя чорна	19,20 ± 2,04 ^c	18,44 ± 1,80 ^c	28,34 ± 2,93 ^b	54,62 ± 5,53 ^a
Трав'янисті рослини				
Грястиця збірна	3,60 ± 0,37 ^c	3,77 ± 0,38 ^c	8,40 ± 0,89 ^b	12,76 ± 1,27 ^a
Пижма звичайна	13,38 ± 1,42 ^a	13,23 ± 1,34 ^a	10,24 ± 1,01 ^b	5,97 ± 0,59 ^c
Подорожник великий	5,12 ± 0,44 ^a	4,68 ± 0,42 ^{ab}	4,05 ± 0,38 ^b	3,68 ± 0,36 ^b
Кульбаба лікарська	15,33 ± 1,62 ^a	14,27 ± 1,43 ^{ab}	11,83 ± 1,16 ^b	8,15 ± 0,82 ^c
Деревій звичайний	14,77 ± 1,48 ^a	12,43 ± 1,18 ^{ab}	10,55 ± 1,07 ^{bc}	9,08 ± 0,95 ^c
Конюшина лучна	15,73 ± 1,42 ^a	13,27 ± 1,26 ^{ab}	10,61 ± 1,02 ^b	5,21 ± 0,48 ^c
Конюшина біла	16,82 ± 1,51 ^a	14,12 ± 1,20 ^{ab}	11,66 ± 1,23 ^b	7,21 ± 0,65 ^c
Чагарники				
Бирючина звичайна	16,55 ± 1,53 ^b	17,34 ± 1,75 ^{ab}	19,67 ± 1,86 ^{ab}	21,35 ± 2,14 ^a
Обліпіха крушинова	52,02 ± 5,18 ^b	50,09 ± 4,69 ^b	55,76 ± 5,47 ^{ab}	68,67 ± 6,56 ^a
Таволга Вангутта	24,85 ± 2,44 ^a	27,64 ± 2,68 ^a	29,33 ± 2,89 ^a	32,49 ± 3,24 ^a
Бузок звичайний	32,50 ± 3,18 ^a	28,46 ± 2,75 ^{ab}	23,44 ± 2,32 ^{bc}	20,25 ± 1,95 ^c
Чубушник вінцевий	22,41 ± 2,19 ^a	23,45 ± 2,28 ^a	18,79 ± 1,71 ^a	12,07 ± 1,16 ^b
Сніжноягідник білий	33,35 ± 3,28 ^a	32,09 ± 3,19 ^a	28,74 ± 2,72 ^a	17,56 ± 1,69 ^b
Барбарис звичайний	21,47 ± 2,13 ^a	24,58 ± 2,39 ^a	20,17 ± 2,18 ^a	24,96 ± 2,45 ^a
Бузина чорна	21,66 ± 2,14 ^a	21,43 ± 2,13 ^a	20,32 ± 1,95 ^a	19,79 ± 1,94 ^a
Смородина альпійська	49,92 ± 4,96 ^a	47,65 ± 4,73 ^a	41,27 ± 4,12 ^a	29,08 ± 2,86 ^b
Калина звичайна	29,65 ± 2,93 ^a	26,91 ± 2,63 ^{ab}	23,17 ± 2,25 ^{bc}	20,16 ± 1,98 ^c
Троянда зморшкувата	48,61 ± 4,75 ^a	46,29 ± 4,08 ^a	54,34 ± 5,65 ^a	49,32 ± 4,08 ^a

* ЗРВ – зони рекреації та відпочинку (фон), СЗ – селітебні зони, ПКтаТЗ – промислово-комунальні та транспортні зони. a, b, c – достовірно розрізнені середні значення згідно з тестом Тьюкі при $p < 0,05$.

Таблиця 3

Сумарний вміст антиоксидантів (СВА) у листі деревних, чагарникових та трав'янистих рослин різних функціональних зон м. Одеси, мг (у перерахунку на кверцетин)/г сухої маси

Вид	Тип ландшафту*			
	ЗРВ	АС	СЗ	ПКтаТЗ
1	2	3	4	5
Деревні види				
Береза повисла	3.42 ± 0.34 ^b	4.56 ± 0.45 ^a	2.96 ± 0.3 ^b	1.23 ± 0.11 ^c
Липа серцеподібна	1.59 ± 0.16 ^a	1.47 ± 0.15 ^a	0.98 ± 0.09 ^b	0.27 ± 0.02 ^c
Клен гостролистий	10.1 ± 0.91 ^b	13.56 ± 1.41 ^a	11.12 ± 1.10 ^{ab}	6.16 ± 0.60 ^c
Тополя чорна	33.83 ± 3.42 ^a	27.66 ± 2.63 ^{ab}	24.85 ± 2.43 ^b	12.27 ± 1.14 ^c
Трав'янисті рослини				
Грястиця збірна	0.69 ± 0.07 ^b	1.09 ± 0.13 ^a	0.71 ± 0.07 ^b	0.16 ± 0.02 ^c
Пижма звичайна	0.83 ± 0.08 ^b	1.00 ± 0.09 ^a	0.38 ± 0.03 ^c	0.06 ± 0.01 ^d
Подорожник великий	0.74 ± 0.08 ^a	0.49 ± 0.05 ^b	0.32 ± 0.03 ^c	0.06 ± 0.01 ^d
Кульбаба лікарська	0.36 ± 0.04 ^a	0.35 ± 0.04 ^a	0.30 ± 0.02 ^a	0.06 ± 0.01 ^b
Деревій звичайний	0.56 ± 0.05 ^a	0.28 ± 0.03 ^b	0.20 ± 0.02 ^{bc}	0.12 ± 0.01 ^c
Конюшина лучна	3.06 ± 0.03 ^a	1.88 ± 0.17 ^b	1.65 ± 0.16 ^b	0.82 ± 0.08 ^c
Конюшина біла	1.24 ± 0.13 ^a	0.66 ± 0.05 ^b	0.48 ± 0.05 ^{bc}	0.42 ± 0.04 ^c
Чагарники				
Бирючина звичайна	19.35 ± 1.87 ^a	15.44 ± 1.52 ^b	10.64 ± 1.09 ^c	4.26 ± 0.45 ^d
Обліпіха крушинова	5.49 ± 0.56 ^a	4.97 ± 0.46 ^{ab}	3.86 ± 0.37 ^{bc}	3.21 ± 0.29 ^c
Таволга Вангутта	3.94 ± 0.37 ^a	3.51 ± 0.34 ^a	2.61 ± 0.25 ^b	2.14 ± 0.20 ^b
Бузок звичайний	25.42 ± 2.41 ^a	24.12 ± 2.09 ^{ab}	20.13 ± 1.87 ^b	9.25 ± 0.98 ^c
Чубушник вінцевий	7.54 ± 0.72 ^a	6.82 ± 0.64 ^a	5.22 ± 0.19 ^b	3.25 ± 0.32 ^c

1	2	3	4	5
Сніжноягідник білий	2.12 ± 0.19 ^a	1.72 ± 0.16 ^b	1.25 ± 0.11 ^c	0.79 ± 0.08 ^d
Барбарис звичайний	7.56 ± 0.71 ^a	6.44 ± 0.66 ^a	4.51 ± 0.42 ^b	2.78 ± 0.25 ^c
Бузина чорна	24.12 ± 2.34 ^a	20.77 ± 2.11 ^{ab}	16.34 ± 1.72 ^b	6.12 ± 0.63 ^c
Смородина альпійська	13.25 ± 1.28 ^a	10.37 ± 0.96 ^b	8.41 ± 0.85 ^b	3.96 ± 0.38 ^c
Калина звичайна	4.17 ± 0.38 ^a	3.52 ± 0.36 ^{ab}	2.79 ± 0.28 ^b	1.52 ± 0.48 ^c
Троянда зморшкувата	8.97 ± 0.85 ^a	6.63 ± 0.64 ^b	5.33 ± 0.52 ^b	2.86 ± 0.27 ^c

* Умовні позначення див. у табл. 2.

Таблиця 4

Вплив концентрації фенольних сполук (X) на рівень реакційної здатності низькомолекулярних АО (Y) у листі деревних, чагарникових та трав'янистих рослин різних функціональних зон м. Одеси: результати простої лінійної регресії ($Y = b_0 \pm b_1 X, n = 12$)

Вид	$b_0 \pm SE$	$p(b_0)$	$b_1 \pm SE$	$p(b_1)$	R
Деревні види					
Береза повисла	7,463 ± 0,877	<0,001	- 0,157 ± 0,030	0,002	- 0,906
Липа серцеподібна	-1,503 ± 0,223	0,001	0,066 ± 0,006	<0,001	0,978
Клен гостролистий	6,474 ± 2,133	0,023	0,126 ± 0,059	0,077	0,657
Тополя чорна	35,667 ± 3,431	<0,001	- 0,359 ± 0,097	0,010	- 0,834
Трав'янисті рослини					
Грястиця збірна	1,163 ± 0,122	<0,001	- 0,077 ± 0,015	0,002	-0,901
Пижма звичайна	- 0,611 ± 0,147	0,006	0,110 ± 0,013	<0,001	0,958
Подорожник великий	-1,083 ± 0,173	0,001	0,344 ± 0,040	<0,001	0,962
Кульбаба лікарська	- 0,243 ± 0,103	0,056	0,041 ± 0,008	0,002	0,898
Деревій звичайний	- 0,614 ± 0,152	0,007	0,078 ± 0,013	0,001	0,925
Конюшина лучна	- 0,631 ± 0,352	0,124	0,220 ± 0,031	<0,001	0,946
Конюшина біла	- 0,307 ± 0,256	0,275	0,084 ± 0,021	0,007	0,856
Чагарники					
Бирючина звичайна	58,959 ± 3,937	<0,001	-2,479 ± 0,206	<0,001	- 0,908
Обліпіха крушинова	10,973 ± 1,665	0,001	- 0,118 ± 0,029	0,007	- 0,856
Таволга Вангутта	9,677 ± 0,661	<0,001	- 0,232 ± 0,023	<0,001	- 0,972
Бузок звичайний	- 6,829 ± 6,887	0,360	1,044 ± 0,270	0,008	0,844
Чубушник вінцевий	-1,014 ± 1,136	0,406	0,345 ± 0,059	0,001	0,923
Сніжноягідник білий	- 0,668 ± 0,420	0,163	0,075 ± 0,015	0,002	0,899
Барбарис звичайний	11,417 ± 9,958	0,295	- 0,278 ± 0,434	0,545	- 0,253
Бузина чорна	- 89,029 ± 30,398	0,026	5,001 ± 1,443	0,013	0,817
Смородина альпійська	- 5,789 ± 2,625	0,070	0,349 ± 0,062	0,001	0,917
Калина звичайна	-2,713 ± 0,984	0,033	0,235 ± 0,040	0,001	0,923
Троянда зморшкувата	13,220 ± 9,032	0,194	- 0,154 ± 0,183	0,431	- 0,326

Примітка: R – коефіцієнт кореляції; напівжирним шрифтом виділено статистично незначимі коефіцієнти ($p > 0,05$).

та деревних рослинах усіх досліджених функціональних зон. Результати аналізу представлені у формі вертикальної дендрограми.

Як видно із рис. 2, досліджені види рослин можна розділити на чотири кластери. Бузина чорна формує найвіддаленіший кластер за особливістю реакції – різке падіння сумарного вмісту водорозчинних антиоксидантів на рівні слабого падіння пулу поліфенолів $b_1 = 5,0006$, $b_0 = -89,029$. У другий кластер увійшли тополя чорна і бирючина звичайна. Для цих видів рослин характерне збільшення накопичення поліфенолів у тканинах в умовах техногенного стресу у поєднанні з високим фоновим рівнем антиоксидантів у них (коефіцієнти регресії $b_1 = -0,359$, $b_0 = 35,6$ та $b_1 = -2,479$, $b_0 = 58,9$ для бирючини та тополі відповідно). Третій кластер включає такі

види рослин: смородина альпійська, бузок звичайний, калина звичайна, грястиця збірна, конюшина біла і конюшина лучна, кульбаба лікарська, сніжноягідник білий, деревій звичайний, пижма звичайна, чубушник вінцевий, подорожник великий, липа серцеподібна. Практично для всіх видів даного кластера, за винятком грястиці збірної, характерне зниження сумарного вмісту поліфенолів, що супроводжується зменшенням реакційної здатності низькомолекулярних антиоксидантів під дією техногенного стресу.

Четвертий кластер формують такі види рослин, як береза повисла, клен гостролистий, обліпіха крушинова, барбарис звичайний, таволга Вангутта, троянда зморшкувата. Рослини цієї групи характеризувалися помірним зниженням сумарного вмісту антиоксидантів

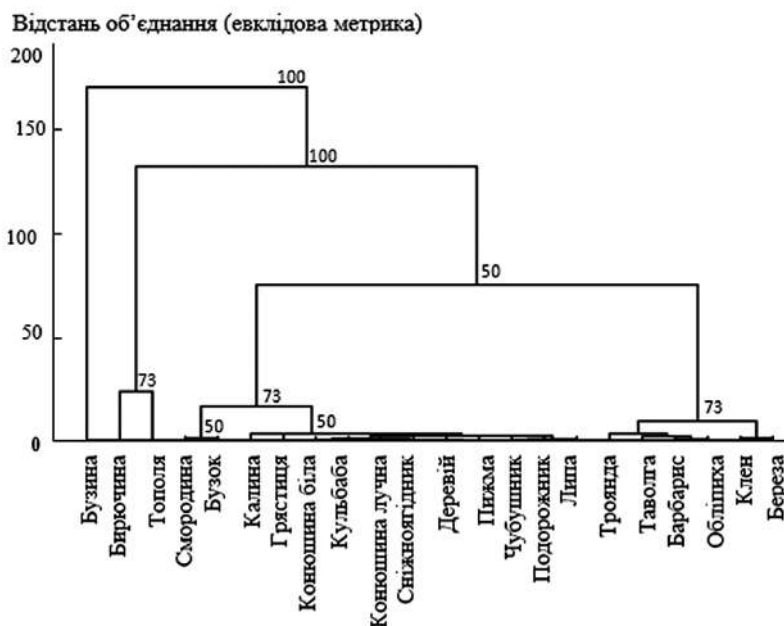


Рис. 2. Класифікація рослин різних функціональних зон методом Уорда за значеннями b_0 - та b_1 -коефіцієнтів регресійних рівнянь залежності рівня реакційної здатності низькомолекулярних антиоксидантів від сумарного вмісту поліфенолів. Значення бутстрапа розраховані на 1000 повторень

на фоні незначного підвищення рівня поліфенолів. Виняток склав клен гостролистий, для якого виявлено різке падіння рівня поліфенолів при техногенному стресі.

Висновки. Аналіз отриманих у ході дослідження даних дозволяє зробити висновок, що в умовах забруднення ґрунтів свинцем активність фенольних компонентів антиоксидантної системи деревних, чагарникових та трав'янистих рослин зазнає значних змін.

Встановлено, що за характером зміни активності поліфенолів та СВА в умовах техногенного стресу рослини можуть бути об'єднані у 4 кластери: першу групу утворює бузина чорна; до другої групи увійшли тополя чорна і бирючина звичайна; у третю групу за результатами кластерного аналізу потрапили смородина альпійська, бузок звичайний, калина звичайна, грястиця збірна, конюшина біла та конюшина лучна, кульбаба лікарська, сніжногідник білий, деревій звичайний, пижма звичайна, липа серцеподібна; до складу четвертої групи увійшли береза повисла, клен гостролистий, обліпиха крушинова, барбарис звичайний, таволга Вангутта, троянда зморшквата.

За результатами оцінки реакційної здатності низькомолекулярних водорозчинних антиоксидантів встановлено, що у досліджуваних рослинах такі види, як бузина чорна, бирючина звичайна та тополя чорна, мають найвищий адаптаційний потенціал в умовах антропогенного забруднення. Поліфеноли відіграють значну роль у формуванні стійкості цих видів до екологічного стресу. З трав'янистих рослин грястиця збірна за рахунок стимуляції накопичення поліфенолів має більш високу фізіологічну стійкість.

Отримані експериментальні дані підтверджують важливу роль фенольних сполук у життєдіяльності рос-

лин, у тому числі їх значний внесок у функціонування антиоксидантної системи рослинних клітин, механізм дії якої залежить від умов навколишнього середовища та впливу різних стресових факторів, зокрема й забруднення Pb.

Результати дослідження екофізіологічної реакції антиоксидантної системи рослин особливо цінні для виявлення видів, що стійкі до екологічного стресу. Види з високою АОА можуть бути рекомендовані для створення санітарно-захисних насаджень, озеленення міського середовища, а також ці види будуть корисні в галузі селекції та інтродукції рослин. Отримані результати можуть бути використані для комплексної діагностики стійкості міських рослин до антропогенного впливу, а також для вдосконалення підходів та методів моніторингу промислового забруднення міських територій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Цикало А.Л., Космачова А.М., Смирнов В.М. Експериментальне дослідження накопичення важких металів рослинами та перспективи використання рослин для попередження забруднення довкілля урбанізованих територій. *Холодильна техніка і технології*. 2015. Вип. 51. С. 96–101.
2. Khan S., Cao Q., Hesham A.E.-L. et al. Soil enzymatic activities and microbial community structure with different application rates of Cd and Pb. *J. of Environmental Sciences*. 2007. V. 19. № 7. P. 834-840.
3. Важкі метали в об'єктах довкілля Київського мегаполісу / за редакцією А.І. Самчука, І.В. Кураєвої. Київ : Наш формат, 2019. 164 с.
4. Han Y., Zhang L., Yang Y. et al. Pb uptake and toxicity to *Iris halophila* tested on Pb mine tailing materials. *Environmental Pollution*. 2016. V. 214. P. 510–516.

5. Чемерис І.А., Загоруйко Н.В., Конякін С.М. Фітомоніторинг викидів автотранспорту в умовах міського середовища. Людина та довкілля. *Проблеми неоекології*. № 3–4, 2013. С. 141–146.
6. Довгалюк А. Забруднення довкілля токсичними металами та їх індикація за допомогою рослинних тестових систем. *Біологічні Студії*. 2013. Том 7. №1. С. 197–204.
7. Romeh A.A., Khamis M.A., Metwally S.M. Potential of *Plantago major* L. for phytoremediation of lead-contaminated soil and water. *Water, Air and Soil Pollution*. 2016. V. 227. № 1. P. 9.
8. Kabata-Pendias A. Trace element in soil and plants. Boca Raton, FL USA : CRC Press Taylor & Francis Group, 2011. 505 с.
9. Самохвалова В.Л., Фатєєв А.І., Філатов В.П. Методологія екологічного нормування мікроелементів та важких металів у ґрунтах. *Наук. Вісник Ужгород. Ун-ту*. 2012. Вип. 32. С. 5–11.
10. Sun Q., Wang, X.-R., Ding S.-M. et al. Effects of interaction between cadmium and plumbum on phytochelatins and glutathione production in wheat (*Triticum aestivum* L.). *J. of Integrative Plant Biology*. 2005. V. 47. № 4. P. 435–442.
11. Scandalios J.G. Oxidative stress: molecular perception and transduction of signals triggering anti-oxidant gene defenses. *Braz. J. Med. and Biol. Res*. 2005. V. 38. № 7. P. 995–1014.
12. Mittler R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science*. 2002. V. 7. № 9. P. 405–410.
13. Samancioglu A., Sat I.G., Yildirim E. et al. Total phenolic and vitamin C content and antiradical activity evaluation of traditionally consumed wild edible vegetables from Turkey. *Indian J. of Traditional Knowledge*. 2016. V. 15. № 2. P. 208–213.
14. Chupakhina G.N., Maslennikov P.V., Skrypnik L.N. et al. The influence of the Baltic region conditions on the accumulation of water-soluble antioxidants in plants. *Russ. Chem. Bull*. 2014. V. 63. № 9. P. 1946–1953.
15. Isbilir S.S., Sagiroglu A. Total phenolic content, anti-radical and antioxidant activities of wild and cultivated *Rumex acetosella* L. extracts. *Biological Agriculture and Horticulture*. 2013. V. 29. № 4. P. 219–226.
16. Shah A., Singh T., Vijayvergia R. In vitro antioxidant properties and total phenolic and flavonoid contents of *Rumex vesicaius* L. *Internat. J. of Pharmacy and Pharmaceutical Sci*. 2015. V. 7. № 7. P. 81–84.
17. Alici E.H., Arabaci G. Determination of SOD, POD, PPO and cat enzyme activities in *Rumex obtusifolius* L. *Annual Research & Review in Biology*. 2016. V. 11. № 3. P. 1–7.
18. Maslennikov P.V., Chupakhina G.N., Skrypnik L.N. The content of phenolic compounds in medicinal plants of a botanical garden. *Biol. Bull. Russ. Acad. Sci*. 2014. V. 41. № 2. P. 133–138.
19. Kamath S.D., Arunkumar D., Avinash N.G. et al. Determination of total phenolic content and total antioxidant activity in locally consumed food stuffs in Moodbidri, Karnataka, India. *Adv. Appl. Sci. Res*. 2015. V. 6. № 6. P. 99–102.
20. Костюк В.А., Потапович А.И. Биорадикалы и биоантиоксиданты. Минск : БГУ, 2004. 179 с.
21. Бортнік Л.М. Вплив антропогенного навантаження на вміст ВМ у системі ґрунт – рослина. *Вісник аграрної науки*. 1999. № 10. С. 78.
22. Цандекова О.Л., Неверова О.А., Колмогорова Е.Ю. Роль антиоксидантної системи в устойчивости сосновых насаждений в условиях породного угольного отвала. *Изв. Самарского научного центра РАН*. 2013. Т. 15. № 3. С. 559–562.
23. Anahita A., Asmah R., Fauziah O. Evaluation of total phenolic content, total antioxidant activity, and antioxidant vitamin composition of pomegranate seed and juice. *International Food Research J*. 2015. V. 22. № 3. P. 1212–1217.
24. Aziz A., Jack R. Total phenolic content and antioxidant activity in *Nyssa fruticans* extracts. *J. of Sustainability Sci. and Management*. 2015. V. 10. № 1. P. 87–91.
25. Kowalczyk A., Ruzkiewicz M., Biskup I. Total phenolic content and antioxidant capacity of polish apple ciders. *Indian J. Pharm Sci*. 2015. V. 77. № 5. P. 637–640.
26. Goncharuk E.A., Zagoskina N.V. Heavy metals: uptake, toxicity and protective mechanisms in plants (for example of cadmium). *The Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Series Biology*. 2017. V. 1(40). P. 35–40.
27. Хайруллина В.Р., Герчиков А.Я., Денисова С.Б. Сравнительное изучение антиокислительных свойств некоторых флавонолов и флаванолов. *Кинетика и катализ*. 2010. Т. 51. № 2. С. 234–239.
28. Методика выполнения измерения массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах почв рентгенофлуоресцентным методом. М049-П/10. СПб. : ООО НПО «Спектрон», 2010. 17 с.
29. Gupta Ch., Verma R. Visual estimation and spectrophotometric determination of tannin content and antioxidant activity of three common vegetable. *IJPSR*. 2011. V. 2. № 1. P. 175–182.
30. Євлаш В.В. Адаптація методу кулонометричного титрування щодо визначення антиоксидантної активності рослинної сировини та дієтичних добавок. *Східно-Європ. журн. передових технологій*. 2011. № 5/3. С. 56–59.
31. Hammer O., Harper D.A.T., Ryan P.D. Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*. 2001. V. 4, Iss. 1. P. 9. URL: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm (дата звернення 08.11.2021).
32. Сплодитель А.О., Кураева І.В., Злобіна К.С. Особливості акумуляції важких металів у ґрунтах урбанізованих ландшафтів м. Бровари. *Геологічний журнал*. 2020. № 2. С. 39–51. doi:10.30836/igs.1025-6814.2020.2.200245

REFERENCES:

1. Tsykalo, A.L., Kosmachova, A.M., Smyrnov, V.M. (2015). Eksperymentalne doslidzhennia nakopychennia vazhkykh metaliv roslynamy ta perspektyvu vykorystannia roslyn dlia poperedzhennia zabrudnennia dovkillia urbanizovanykh terytorii [Experimental study of the accumulation of heavy metals by plants and prospects for the use of plants to prevent environmental pollution in urban areas]. *Kholodylna tekhnika i tekhnolohii*, 51, 96–101 [in Ukrainian].
2. Khan S., Cao Q., Hesham A.E.-L. (2007). Soil enzymatic activities and microbial community structure with different application rates of Cd and Pb. *J. of Environmental Sciences*, 19/7, 834–840

3. Samchuk, A.I. (Ed.) (2019). *Vazhki metaly v ob'ekтах dovkillia Kyivskoho mehapolisu* [Heavy metals in the environment of the Kyiv metropolis]. Kyiv : Nash format [in Ukrainian].
4. Han, Y., Zhang, L., Yang, Y. (2016). Pb uptake and toxicity to *Iris halophila* tested on Pb mine tailing materials. *Environmental Pollution*, 214, 510–516
5. Chemerys, I.A., Zahoruiko, N.V., Koniakin, S.M. (2013). Fitomonitoring vykydiv avtotransportu v umovakh miskoho seredovyscha. Liudyna ta dovkillia [Phytoplomonitoring of vehicle emissions in urban environments. Man and the environment]. *Problemy neoeekolohii*, 3–4, 141–146 [in Ukrainian].
6. Chemerys, I. A., Zahoruiko, N. V., Koniakin, S. M. (2013). Fitomonitoring vykydiv avtotransportu v umovakh miskoho seredovyscha. Liudyna ta dovkillia [Environmental pollution by toxic metals and their indication using plant test systems]. *Problemy neoeekolohii*, 3–4, 141–146 [in Ukrainian].
7. Romeh, A.A., Khamis, M.A., Metwally, S.M. (2016). Potential of *Plantago major* L. for phytoremediation of lead-contaminated soil and water. *Water, Air and Soil Pollution*, 227/1, 9
8. Kabata-Pendias, A. (2011). *Trace element in soil and plants*. Boca Raton, FL USA: CRC Press Taylor & Francis Group
9. Samokhvalova, V.L., Fatiev, A.I., Filatov, V.P. (2012). Metodolohiia ekolohichnoho normuvannia mikroelementiv ta vazhkykh metaliv u gruntakh [Methodology of ecological standardization of microelements and heavy metals in soils]. *Nauk. Visnyk Uzhhorod. Un-tu*, 32, 5–11 [in Ukrainian].
10. Sun, Q., Wang, X.-R., Ding, S.-M. (2005). Effects of interaction between cadmium and plumbum on phytochelatins and glutathione production in wheat (*Triticum aestivum* L.). *J. of Integrative Plant Biology*, 47/4, 435–442.
11. Scandalios, J.G. (2005). Oxidative stress: molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses. *Braz. J. Med. and Biol. Res.*, 38/7, 995–1014.
12. Mittler, R. (2002). Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science*, 7/9, 405–410
13. Samancioglu, A., Sat, I.G., Yildirim, E. (2016). Total phenolic and vitamin C content and antiradical activity evaluation of traditionally consumed wild edible vegetables from Turkey. *Indian J. of Traditional Knowledge*, 15/2, 208–213.
14. Chupakhina, G.N., Maslennikov, P.V., Skrypnik, L.N. (2014). The influence of the Baltic region conditions on the accumulation of water-soluble antioxidants in plants. *Russ. Chem. Bull.*, 63/9, 1946–1953.
15. Isbilir, S.S., Sagiroglu, A. (2013). Total phenolic content, anti-radical and antioxidant activities of wild and cultivated *Rumex acetosella* L. extracts. *Biological Agriculture and Horticulture*, 29/4, 219–226.
16. Shah, A., Singh, T., Vijayvergia, R. (2015). In vitro antioxidant properties and total phenolic and flavonoid contents of *Rumex vesicarius* L. *Internat. J. of Pharmacy and Pharmaceutical Sci.*, 7/7, 81–8.
17. Alici, E.H., Arabaci, G. (2016). Determination of SOD, POD, PPO and cat enzyme activities in *Rumex obtusifolius* L. *Annual Research & Review in Biology*, 11/3, 1–7.
18. Maslennikov, P.V., Chupakhina, G.N., Skrypnik, L.N. (2014). The content of phenolic compounds in medicinal plants of a botanical garden. *Biol. Bull. Russ. Acad. Sci.*, 41/2, 133–138.
19. Kamath, S.D., Arunkumar, D., Avinash, N.G. (2015). Determination of total phenolic content and total antioxidant activity in locally consumed food stuffs in Moodbidri, Karnataka, India. *Adv. Appl. Sci. Res.*, 6/6, 99–102.
20. Kostjuk, V.A., Potapovich, A.I. (2004). Bioradikaly i bioantioxidanty [Bioradicals and bioantioxidants]. Minsk : BGU [in Russian].
21. Bortnik, L.M. (1999). Vplyv antropohennoho navantazhennia na vmist VM u systemi grunt-roslyna [Influence of anthropogenic load on the content of heavy metals in the soil-plant system]. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 10, 78 [in Ukrainian].
22. Candekova, O.L., Neverova, O.A., Kolmogorova, E.Ju. (2013). Rol' antioksidantnoj systemy v ustojchivosti sosnovykh nasazhdenij v uslovijah porodnogo ugol'nogo otvala [The role of the antioxidant system in the stability of pine plantations in the conditions of a coal waste dump]. *Izv. Samarskogo nauchnogo centra RAN*, 15/3, 559–562 [in Russian].
23. Anahita, A., Asmah, R., Fauziah, O. (2015). Evaluation of total phenolic content, total antioxidant activity, and antioxidant vitamin composition of pomegranate seed and juice. *International Food Research J.*, 22/3, 1212–1217
24. Aziz, A., Jack, R. (2015). Total phenolic content and antioxidant activity in *Nyssa fruticans* extracts. *J. of Sustainability Sci. and Management*, 10/1, 87–91.
25. Kowalczyk, A., Ruszkiewicz, M., Biskup, I. (2015). Total phenolic content and antioxidant capacity of polish apple ciders. *Indian J. Pharm Sci.*, 77/5, 637–640.
26. Goncharuk, E.A., Zagorskina, N.V. (2017). Heavy metals: uptake, toxicity and protective mechanisms in plants (for example of cadmium). *The Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Series Biology*, 1 (40), 35–40.
27. Hayrullina, V.R., Gerchikov, A.Ya., Denisova, S.B. (2010). Sravnitelnoe izuchenie antiokislitelnykh svoystv nekotorykh flavonolov i flavanonov. [Comparative study of the antioxidant properties of some flavonols and flavanones]. *Kinetika i kataliz*, 51(2), 234–239 [in Russian].
28. Metodika vypolnenija izmerenija massovoj doli metallov i oksidov metallov v poroshkovykh probah pochv rentgenofluorescentnym metodom [Procedure for measuring the mass fraction of metals and metal oxides in powder soil samples by the X-ray fluorescence method]. (2010). M049-P/10. SPb. : OOO NPO "Spektron" [in Russian].
29. Gupta, Ch., Verma, R. (2011). Visual estimation and spectrophotometric determination of tannin content and antioxidant activity of three common vegetable. *IJPSR*, 2(1), 175–182.
30. Yevlash, V.V. (2011). Adaptatsiia metodu kulonometrychnoho tytruvannia shchodo vyznachennia antyoksydantnoi aktyvnosti roslynnoi syrovyny ta diietychnykh dobavok. [Adaptation of the coulometric titration method to determine the antioxidant activity of plant raw materials and dietary supplements]. *Skhidno-Yevrop. zhurn. peredovykh tekhnolohii*, 5/3, 56–59 [in Ukrainian].
31. Hammer, O., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. (2021, November 11). Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4/1, 9. Retrieved from http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
32. Splodytel, A.O., Kuraieva, I.V., Zlobina, K.S. (2020). Osoblyvosti akumulatsii vazhkykh metaliv u gruntakh

urbanizovanykh landshaftiv m. Brovary. [Features of accumulation of heavy metals in the soils of urban landscapes of Brovary]. *Heolohichniy zhurnal*, 2, 39–51 doi:10.30836/igs.1025-6814.2020.2.200245 [in Ukrainian].

Мадані М.М. Оцінка антиоксидантного потенціалу рослин урбоекосистем в умовах антропогенного забруднення ґрунту

Мета. Оцінити вплив свинцю в ґрунті на антиоксидантний статус деревних та трав'янистих рослин, який формується фенольними сполуками (на прикладі м. Одеси).

Методи. Комплексне використання польового, лабораторного, математично-статистичного, розрахунково-порівняльного методів і системного аналізу.

Результати. Виявлено, що за характером зміни активності поліфенолів та СВА в умовах техногенного стресу рослини можуть бути об'єднані у 4 кластери: першу групу утворює бузина чорна; до другої групи увійшли тополя чорна і бирючина звичайна; у третю групу за результатами кластерного аналізу потрапили смородина альпійська, бузок звичайний, калина звичайна, грястиця збірна, конюшина біла та конюшина лучна, кульбаба лікарська, сніжноягідник білий, деревій звичайний, пижма звичайна, липа серцеподібна; до складу четвертої групи увійшли береза повисла, клен гостролистий, обліпіха крушинова, барбарис звичайний, таволга Вангутта, троянда зморшкувата.

За результатами оцінки реакційної здатності низькомолекулярних водорозчинних антиоксидантів встановлено, що у досліджуваних рослинах такі види, як бузина чорна, бирючина звичайна та тополя чорна, мають найвищий адаптаційний потенціал в умовах антропогенного забруднення. Поліфеноли відіграють значну роль у формуванні стійкості цих видів до екологічного стресу. З трав'янистих рослин грястиця збірна за рахунок стимуляції накопичення поліфенолів має більш високу фізіологічну стійкість.

Висновки. Вивчено роль поліфенолів у формуванні антиоксидантного потенціалу міських рослин в умовах техногенного ґрунтового забруднення. Проведено кластерний аналіз закономірностей накопичення СВА та поліфенолів у рослинах урбоекосистем. За характером фізіологічної активності накопичення низькомолекулярних антиоксидантів було виділено 4 групи рослин. Отримані результати можуть бути використані для комплексної діагностики стійкості міських рослин до антропогенного впливу, а також для вдосконалення підходів та методів моніторингу промислового забруднення міських територій.

Ключові слова: техногенне забруднення, урбоекологія, свинець, фенольні сполуки, урбофітоценоз, фітоіндикація.

Madani M. M. Estimation of antioxidant potential of plants of urban ecosystems in the conditions of anthropogenic soil pollution

Goal. To evaluate the influence of lead in the soil on the antioxidant status of woody and herbaceous plants, which is formed by phenolic compounds (on the example of Odessa). **Methods.** Integrated use of field, laboratory, mathematical and statistical, computational and comparative methods and system analysis. **Results.** It was found that the nature of changes in the activity of polyphenols and CBA under man-made stress plants can be combined into 4 clusters: the first group is formed by elderberry; the second group included black poplar and privet; the third group according to the results of cluster analysis included alpine currant, lilac, viburnum, comfrey, white clover and clover, dandelion, snowberry, yarrow, tansy, linden; the fourth group included hanging birch, sharp-leaved maple, buckthorn, barberry, vangutta, wrinkled rose.

According to the results of the evaluation of the reactivity of low molecular weight water-soluble antioxidants, it was found that in the studied plants such species as black elder, privet and black poplar have the highest adaptive potential in conditions of anthropogenic pollution. Polyphenols play a significant role in shaping the resilience of these species to environmental stress. Of herbaceous plants, buckthorn prefabricated by stimulating the accumulation of polyphenols has a higher physiological stability.

Conclusions. The role of polyphenols in the formation of antioxidant potential of urban plants in conditions of man-made soil pollution has been studied. A cluster analysis of the patterns of accumulation of CBA and polyphenols in plants of urban ecosystems was performed. According to the nature of the physiological activity of the accumulation of low molecular weight antioxidants, 4 groups of plants were identified. The obtained results can be used for a comprehensive diagnosis of the resistance of urban plants to anthropogenic impact, as well as to improve approaches and methods for monitoring industrial pollution of urban areas.

Key words: technogenic pollution, urban ecology, lead, phenolic compounds, urban phytocenosis, phytoindication.

НАУКОВІ ПРИНЦИПИ ПІДБОРУ СОРТІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ ЗА АДАПТИВНИМИ ОЗНАКАМИ

ЧУГРІЙ Г.А. – доктор філософії з агрономії

orcid.org/0000-0002-0250-2456

Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція Національної академії аграрних наук України

ВИСКУБ Р.С. – кандидат сільськогосподарських наук

orcid.org/0000-0001-7679-2188

Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція Національної академії аграрних наук України

ПОПЛЕВКО В.І. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

orcid.org/0000-0002-2100-0179

Гродненський державний аграрний університет

ШУЛЬЦ ПЕТР

orcid.org/0000-0002-9670-3231

Університет природничих наук у Познані

СКНИПА Н.Л. – старший викладач кафедри агрономії та лісівництва

orcid.org/0000-0001-5612-9135

Луганський національний аграрний університет

Постановка проблеми. Одним із найважливіших завдань агропромислового комплексу України є суттєве збільшення і стабілізація виробництва зерна. Основною зерновою культурою країни є пшениця м'яка озима. Вона займає понад 50% посівної площі зернових і забезпечує більше половини виробництва зерна, тому зростання врожайності пшениці озимої суттєво впливає на зерновий баланс держави [1–3].

На сучасному етапі розвитку агропромислового комплексу розробка та впровадження сортової агротехніки вирощування сортів пшениці озимої, адаптованих до конкретних ґрунтово-кліматичних умов на основі розкриття біологічного потенціалу рослин, має теоретичне та практичне значення для сучасного зерновиробництва [3]. Однією з причин низької реалізації генетично обумовленого потенціалу продуктивності сучасних сортів пшениці озимої є недостатня обґрунтованість технологічних заходів адаптації рослин до несприятливих (гостропосушливих) умов східної частини Північного Степу України [4–6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз інформаційних джерел результатів іноземних та вітчизняних досліджень свідчить, що визначення адаптивного потенціалу сортів та раціональне використання їх можливостей формувати максимальний рівень продуктивності на сьогодні – актуальний елемент технології і реальний шлях раціонального використання поживних речовин та вологи рослинами протягом своєї вегетації за рахунок оптимізації фізіологічного стану агроценозу [2, 5–8].

Отримати високі врожаї якісного зерна пшениці озимої в Донецькому регіоні можливо за дотримання оптимальних умов вирощування, тобто певного комплексу зовнішніх факторів, які дозволять проявитися потенційним можливостям культури [7, 9]. Важлива роль при цьому належить формуванню відповідної морфоструктури рослин і структури посіву, що певною мірою досягається науково-обґрунтованим застосуванням агро-

технічних прийомів, зокрема підбором оптимальних строків сівби, вибором сорту та застосуванням препаратів, які б послабили негативні впливи посушливих погодно-кліматичних умов, що в останні роки все більше посилюються в регіоні [10–11].

Постановка завдання. Метою дослідження є розробка методологічного підходу та вдосконалення адаптивної технології вирощування пшениці озимої через обґрунтування принципів підвищення адаптивності рослин пшениці озимої в східній частині Північного Степу України.

Дослідження виконувались у польовій сівозміні ДП ДГ «Забойщик» ДДСДС НААН. Повторність у дослідках 3-кратна. Розміщення ділянок – систематичне. Ґрунт – чорнозем звичайний мало гумусний важкосуглинковий.

Для детального дослідження особливостей формування агроценозів різних сортів пшениці озимої у дослідках висівали внесені до Реєстру сорти пшениці озимої, рекомендовані для вирощування в Степовій зоні України.

Дослідження проводили у польових дослідках, закладених за методом послідовних ділянок, систематичним способом. Повторність у дослідках – триразова. Площа облікової ділянки становила 40-80 м².

Підготовка ґрунту в передпосівний період була спрямована на максимальне збереження і накопичення вологи у ґрунті та знищення бур'янів [2, 3].

Сівбу здійснювали сівалкою СН-16 в агрегаті з трактором Т-25. Спосіб сівби – суцільний рядковий, із шириною міжрядь 15 см. Глибина загортання насіння в ґрунт 5–6 см. Збирання врожаю здійснювали селекційним комбайном Samro 130.

Виклад основного матеріалу дослідження. Технологія вирощування відповідає зональним і регіональним рекомендаціям для східної частини Північного Степу України [4–5].

Дослідження сортів пшениці м'якої озимої за адаптивними показниками проводилися згідно методики

сортовивчення. В досліді вивчали 61 сорт пшениці озимої різних селекційних центрів.

Створення високопродуктивних сортів є найбільш ефективним та централізованим засобом підвищення величини та якості врожаю зерна, забезпечення екологічної безпеки та надійності функціонування агроєко-систем, росту їх ресурсо-, енергоекономічності та рентабельності. Тому, ретельний та науково-обґрунтований підбір сортів до конкретних умов вирощування дозволяє суттєво знизити ризики недобору врожаю зерна.

Умови вегетаційного періоду 2019–2021 років склалися не типовими для даної місцевості. Тепла зима, прохолодна, волога та затяжна весна, сприяли фор-

муванню рослинами пшениці озимої значної кількості загальних стебел. Також такі погодні умови спричинили надмірний ріст габітусу рослин, тому більшість сортів екологічного сортовипробування формували показник висоти, який дорівнював вищим позначкам сортової ознаки.

Через те, що висота рослин – це сортова ознака, тому порівнювати сорти за цим показником не доцільно. Але, найвищими рослини були у сортів Миролюбна (120 см) та Престижна (122 см). більшість сортів степового еко-топу мали показник висоти рослин в межах 72–90 см (табл. 1). Прохолодна та волога погода весни за роки досліджень сприяла інтенсивному формуванню росли-

Таблиця 1

Біометричні показники рослин пшениці озимої у фазі повної стиглості, 2019-2021 рр.

Сорт	Висота рослин, см	Кількість стебел, шт./м ²		Коефіцієнт куціння	
		Загал.	Продукт.	Загал.	Продукт.
1	2	3	4	5	6
Донецька 48	90	1212	504	3,28	1,36
Вежа	90	2135	534	5,77	1,44
Юзівська	76	1994	513	5,39	1,39
Ігрита	85	1665	516	4,50	1,39
Перемога	76	1711	525	4,63	1,42
Диво донецьке	95	1432	522	3,87	1,41
Богиня	72	1611	507	4,36	1,37
Олексіївка	85	1938	540	5,24	1,46
Перевага	82	1896	516	5,13	1,39
Перепілка	75	1536	486	4,16	1,31
Понтійка	80	1795	465	4,86	1,26
Дума	78	2035	441	5,50	1,19
Пилипівка	100	2035	492	5,50	1,33
Пейзаж	73	1558	549	4,21	1,48
Кругозір	79	1982	468	5,36	1,26
Дачнянка	83	1461	555	3,95	1,50
Херсонська безоста	84	1956	552	5,29	1,49
Росинка	102	1591	534	4,30	1,44
Бургунка	81	1884	498	5,10	1,35
Конка	79	1619	531	4,38	1,44
Кохана	83	1319	477	3,57	1,29
Кошова	80	1305	519	3,53	1,40
Ледя	100	1809	555	4,89	1,50
Марія	76	1538	435	4,16	1,18
Овідій	85	1295	543	3,50	1,47
Санжара	93	1129	447	3,06	1,21
Сагайдак	94	1224	522	3,31	1,41
Вільшана	94	1719	525	4,65	1,42
Оржиця нова	76	847	546	2,29	1,48
Самара-2	95	1377	552	3,73	1,49
Вигадка	88	1537	528	4,16	1,43
Краса ланів	90	933	462	2,53	1,25
Принада	92	1568	471	4,24	1,27
Диво	89	1828	540	4,94	1,46
Патріотка	84	2035	546	5,50	1,48
Привітна	92	1702	480	4,60	1,30
Метелиця харківська	90	1554	471	4,20	1,27
Запашна	85	1332	534	3,60	1,44
Здобна	88	1806	435	4,89	1,18

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6
Гайок	91	1554	420	4,20	1,14
Гармоніка	76	1866	453	5,05	1,22
Лірика білоцерківська	95	1579	522	4,27	1,41
Рось	101	2035	543	5,50	1,47
Зоря ланів	101	2047	555	5,54	1,50
Зорепад білоцерківський	93	1665	537	4,50	1,45
Легенда білоцерківська	95	2128	574	5,76	1,55
Розумниця білоцерківська	103	1694	598	4,58	1,62
Муза білоцерківська	98	1619	564	4,38	1,52
Квітка полів	101	1891	552	5,11	1,49
Співанка Поліська	83	2035	555	5,50	1,50
Полісянка	99	1896	507	5,13	1,37
Романівна	80	2089	525	5,65	1,42
Водограй	100	1702	408	4,60	1,10
Краєвид	87	1831	399	4,95	1,08
Аналог	83	1875	390	5,07	1,05
Русява	118	1278	390	3,46	1,05
Миролюбна	120	1480	498	4,00	1,35
Престижна	122	2035	444	5,50	1,20
Пирятинка	99	1964	495	5,31	1,34
Ефектна	76	1956	441	5,29	1,19
Колорит	90	1082	558	2,93	1,51

нами загальних стебел. Найбільшу кількість загальних стебел, а як наслідок і найвищий коефіцієнт загального куціння формували рослини сортів Вежа, Легенда білоцерківська, Романівна. Проте, такі погодні умови, не дозволили рослинам зі значної кількості загальних стебел сформувати продуктивні. Більша кількість сортів екологічного сортовипробування за коефіцієнтом продуктивного куціння поступилася сорту-стандарту.

Найвищий коефіцієнт продуктивного куціння у досліді був у сорту Розумниця білоцерківська 1,62.

Показники структури врожаю суттєво різнилися між сортами та, залежно від сорту, або перевищували стандарт, або були нижчими за стандарт (табл. 2).

За довжиною колосу найбільше відзначилися сорти: Ігрита, Сагайдак, Патріотка, Співанка поліська (8,8 см), Вигадка, Розумниця білоцерківська (8,9 см), Пейзаж

Таблиця 2

Показники структури врожаю сортів пшениці озимої екологічного сортовипробування, 2019–2021 рр.

Назва сорту	Довжина колосу, см	Кількість зерна в колосі, шт.	Маса 1000 зерен, г	Урожайність, середня, т/га	Прибавка	
					т/га	%
1	2	3	4	5	6	7
Донецька 48	7,8	29,1	42,3	6,2	–	–
Вежа	7,5	29,4	42,5	6,7	0,5	8,1
Юзівська	8,6	32,5	42,5	7,1	0,9	14,5
Ігрита	8,8	34,3	39,9	7,1	0,9	14,5
Перемога	7,7	32,1	36,1	6,1	–0,1	–1,6
Диво донецьке	7,0	29,5	39,3	6,1	–0,1	–1,6
Богиня	7,5	35,2	36,6	6,5	0,3	4,8
Олексіївка	8,2	29,6	39,2	6,3	0,1	1,6
Перевага	8,1	29,5	39,7	6,0	–0,2	–3,2
Перепілка	6,8	30,7	39,4	5,9	–0,3	–4,8
Понтійка	8,1	29,6	40,2	5,5	–0,7	–11,3
Дума	7,1	36,7	39,5	6,4	0,2	3,2
Пилипівка	7,9	38,6	36,8	7,0	0,8	12,9
Пейзаж	9,0	33,4	36,2	6,6	0,4	6,5
Кругозір	8,5	38,7	39,8	7,2	1,0	16,1
Дачнянка	8,5	37,4	34,2	7,1	0,9	14,5
Херсонська безоста	8,2	38,5	35,1	7,5	1,3	21,0
Росинка	8,5	34,5	36,2	6,7	0,5	8,1

1	2	3	4	5	6	7
Бургунка	8,7	33,6	40,2	6,7	0,5	8,1
Конка	9,9	32,0	40,0	6,8	0,6	9,7
Кохана	9,5	38,4	41,4	7,6	1,4	22,6
Кошова	8,7	39,3	38,7	7,9	1,7	27,4
Ледя	8,5	31,2	43,9	7,6	1,4	22,6
Марія	9,4	39,3	43,8	7,5	1,3	21,0
Овідій	9,3	39,4	42,4	9,1	2,9	46,8
Санжара	9,5	28,5	40,0	5,1	-1,1	-17,8
Сагайдак	8,8	31,7	45,1	7,5	1,3	21,0
Вільшана	8,6	36,7	40,6	7,8	1,6	25,8
Оржиця нова	9,7	31,2	43,3	7,4	1,2	19,4
Самара-2	8,6	32,5	43,4	7,8	1,6	25,8
Вигадка	8,9	34,7	42,9	7,9	1,7	27,4
Краса ланів	7,4	33,8	42,6	6,7	0,5	8,1
Принада	9,5	32,4	39,5	6,0	0,1	1,6
Диво	8,6	35,4	40,1	7,7	1,5	24,2
Патріотка	8,8	33,6	40,2	7,4	1,2	19,4
Привітна	8,4	33,2	38,3	6,1	-0,1	-1,6
Метелиця харківська	8,6	33,6	39,6	6,3	0,1	1,6
Запашна	8,7	33,4	41,6	7,4	1,2	19,4
Здобна	8,7	28,5	41,1	5,1	-1,1	-17,8
Гайок	8,0	31,5	35,2	4,7	-1,5	-24,2
Гармоніка	9,4	32,1	37,1	5,4	-0,8	-12,9
Лірика білоцерківська	9,1	30,5	38,7	6,2	0	0
Рось	9,3	30,3	37,6	6,2	0	0
Зоря ланів	8,3	29,5	38,0	6,2	0	0
Зорепад білоцерківський	8,2	36,8	38,3	7,6	1,4	22,6
Легенда білоцерківська	9,7	39,4	34,3	7,7	1,5	24,2
Розумниця білоцерківська	8,9	28,9	39,4	6,8	0,6	9,7
Муза білоцерківська	9,1	35,6	38,2	7,7	1,5	24,2
Квітка полів	8,7	31,8	36,2	6,3	0,1	1,6
Співанка Поліська	8,8	37,8	34,9	7,3	1,1	17,8
Полісянка	8,0	36,3	39,9	7,4	1,2	19,4
Романівна	8,4	33,2	37,7	6,6	0,4	6,5
Водограй	7,3	33,7	34,1	4,7	-1,5	-24,2
Краєвид	9,2	32,7	38,8	5,1	-1,1	-17,8
Аналог	8,3	31,8	35,8	4,4	-1,8	-29,1
Русява	9,1	30,5	38,0	4,5	-1,7	-27,4
Миролюбна	9,1	33,4	41,9	7,0	0,8	12,9
Престижна	8,1	35,6	39,3	6,2	0	0
Пирятинка	7,3	33,9	36,9	6,2	0	0
Ефектна	8,7	38,1	39,6	6,7	0,5	8,1
Колорит	9,7	30,2	40,1	6,8	0,6	9,7
НІР	0,3	1,5	1,4	0,5		

(9,0 см), Лірика білоцерківська, Муза білоцерківська, Русява, Миролюбна (9,1 см), Краєвид (9,2 см), Овідій, Рось (9,3 см), Марія, Гармоніка (9,4), Кохана, Санжара, Принада (9,5 см), Оржиця нова, Легенда білоцерківська, Колорит (9,7 см), Конка (9,9 см).

За кількістю зерен у колосі всі сорти перевищили стандарт окрім Здобної, Зорі ланів та Розумниці білоцерківської.

Найвища маса 1000 зерен була у сорту Сагайдак – 45,1 г. Найбільшу прибавку зерна до стандарту забезпечував сорт Овідій (46,8 %). Високий рівень врожайності

також забезпечили сорти Кошова та Вигадка, перевищивши сорт-стандарт на 27,4 %.

В умовах нестабільних цін на матеріальні ресурси у аграрному секторі економіки важливого значення набуває розробка і впровадження у виробництво сучасних вискоєфективних технологій вирощування пшениці озимої. Основним вимогам, яким вони мають відповідати з метою максимальної адаптації до умов сучасного аграрного ринку – істотне підвищення зернової продуктивності культури, зниження собівартості та підвищення рентабельності виробництва зерна.

Для економічної оцінки використовували загально-прийняті методики, які дозволяють оцінити технології за рівнем урожайності, собівартості виробництва одиниці продукції, прибутковості гектара посівної площі та рівнем рентабельності. Економічна ефективність виробництва пшениці озимої в наших дослідженнях зумовлена

впливом таких чинників, як добір сортів м'якої озимої пшениці, вивчення впливу норми висіву на формування показників продуктивності пшениці озимої (табл. 3).

Згідно з даними табл. 3, можна сказати, що найбільша економічна ефективність по пшениці озимої була у сортів Овідій, Кошова, Вигадка та Вільшана

Таблиця 3

Економічна ефективність вирощування озимої пшениці екологічного сортопробування, 2019–2021 р.

Назва сорту	Урожайність (середня), т/га	Виробничі витрати, грн/га	Собівартість 1 т зерна, грн	Чистий дохід, грн/га	Прибуток, грн/га	Рентабельність, %
1	2	3	4	5	6	7
Донецька 48	6,2	15000	2419	31000	16000	106,7
Вежа	6,7	15000	2239	33500	18500	123,3
Юзівська	7,1	15000	2113	35500	20500	136,7
Ігрита	7,1	15000	2113	35500	20500	136,7
Перемога	6,1	15000	2459	30500	15500	103,3
Диво донецьке	6,1	15000	2459	30500	15500	103,3
Богиня	6,5	15000	2308	32500	17500	116,7
Олексіївка	6,3	15000	2381	31500	16500	110,0
Перевага	6,0	15000	2500	30000	15000	100,0
Перепілка	5,9	15000	2542	29500	14500	96,7
Понтійка	5,5	15000	2727	27500	12500	83,3
Дума	6,4	15000	2344	32000	17000	113,3
Пилипівка	7,0	15000	2143	35000	20000	133,3
Пейзаж	6,6	15000	2273	33000	18000	120,0
Кругозір	7,2	15000	2083	36000	21000	140,0
Дачнянка	7,1	15000	2113	35500	20500	136,7
Херсонська безоста	7,5	15000	2000	37500	22500	150,0
Росинка	6,7	15000	2239	33500	18500	123,3
Бургунка	6,7	15000	2239	33500	18500	123,3
Конка	6,8	15000	2206	34000	19000	126,7
Кохана	7,6	15000	1974	38000	23000	153,3
Кошова	7,9	15000	1899	39500	24500	163,3
Ледя	7,6	15000	1974	38000	23000	153,3
Марія	7,5	15000	2000	37500	22500	150,0
Овідій	9,1	15000	1648	45500	30500	203,3
Санжара	5,1	15000	2941	25500	10500	70,0
Сагайдак	7,5	15000	2000	37500	22500	150,0
Вільшана	7,8	15000	1923	39000	24000	160,0
Оржиця нова	7,4	15000	2027	37000	22000	146,7
Самара-2	7,8	15000	1923	39000	24000	160,0
Вигадка	7,9	15000	1899	39500	24500	163,3
Краса ланів	6,7	15000	2239	33500	18500	123,3
Принада	6,0	15000	2500	30000	15000	100,0
Диво	7,7	15000	1948	38500	23500	156,7
Патріотка	7,4	15000	2027	37000	22000	146,7
Привітна	6,1	15000	2459	30500	15500	103,3
Метелиця харківська	6,3	15000	2381	31500	16500	110,0
Запашна	7,4	15000	2027	37000	22000	146,7
Здобна	5,1	15000	2941	25500	10500	70,0
Гайок	4,7	15000	3191	23500	8500	56,7
Гармоніка	5,4	15000	2778	27000	12000	80,0
Лірика білоцерківська	6,2	15000	2419	31000	16000	106,7
Рось	6,2	15000	2419	31000	16000	106,7
Зоря ланів	6,2	15000	2419	31000	16000	106,7
Зорепад білоцерківський	7,6	15000	1974	38000	23000	153,3

1	2	3	4	5	6	7
Легенда білоцерківська	7,7	15000	1948	38500	23500	156,7
Розумниця білоцерківська	6,8	15000	2206	34000	19000	126,7
Муза білоцерківська	7,7	15000	1948	38500	23500	156,7
Квітка полів	6,3	15000	2381	31500	16500	110,0
Співанка Поліська	7,3	15000	2055	36500	21500	143,3
Полісянка	7,4	15000	2027	37000	22000	146,7
Романівна	6,6	15000	2273	33000	18000	120,0
Водограй	4,7	15000	3191	23500	8500	56,7
Краєвид	5,1	15000	2941	25500	10500	70,0
Аналог	4,4	15000	3409	22000	7000	46,7
Русява	4,5	15000	3333	22500	7500	50,0
Миролюбна	7,0	15000	2143	35000	20000	133,3
Престижна	6,2	15000	2419	31000	16000	106,7
Пирятинка	6,2	15000	2419	31000	16000	106,7
Ефектна	6,7	15000	2239	33500	18500	123,3
Колорит	6,8	15000	2206	34000	19000	126,7

і Самара-2 з урожайністю 9,1 т/га, 7,9 т/га, 7,8 т/га. Собівартість 1 т зерна сортів пшениці озимої складає від 1899,00 грн. до 3409,00 грн.

Найбільша рентабельність була у сортів Овідій – 203,3%, Вигадка і Кошова – 163,3%, Вільшана і Самара-2 – 160,0%

Економічна ефективність передбачає досягнення максимального ефекту від господарської діяльності підприємств за мінімальних витрат ресурсів. При цьому вона відображає вплив сукупності факторів, що формують її рівень і зумовлюють тенденції розвитку галузі.

Висновки. Дослідженнями встановлено, що біометричні показники сортів пшениці озимої різних селекційних центрів відображали їх реакцію на зміни погодних умов, які відбувалися протягом періоду спостережень. У середньому за роки дослідження найбільшу прибавку зерна до стандарту забезпечував сорт Овідій (46,8 %). Високий рівень врожайності також забезпечили сорти Кошова та Вигадка, перевищивши сорт-стандарт на 27,4 %. Коефіцієнт куціння рослин варював від 2,53 до 5,56 залежно від сорту. Розрахунок економічної доцільності вирощування різних сортів пшениці озимої в умовах східної частини Північного Степу продемонстрував, що найбільша рентабельність була у сортів Овідій – 203,3%, Вигадка і Кошова – 163,3%, Вільшана і Самара-2 – 160,0% за урожайності 9,1 т/га, 7,9 т/га, 7,8 т/га. Собівартість 1 т зерна сортів пшениці озимої складає від 1899,00 грн. до 3409,00 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Уліч Л. І., Лісікова В. М. Сорти пшениці озимої для інтенсивних технологій. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2006. № 3. С. 103–108.
2. Чугрій Г. А. Адаптивні властивості сорту як фактор підвищення валового збору зерна пшениці озимої. *Науковий журнал «Зернові культури»*. Дніпро, 2021. Т. 5. № 1. С. 99–105.
3. 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.

4. 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. С. 61–66.

5. Шапоринська Н. М. Урожайність та якість зерна і насіння сортів озимої м'якої і твердої пшениці залежно від умов вирощування на півдні України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.01.09 «Рослинництво». 2005. 16 с.

6. Каленська С. М., Чубко О. П., Журавльова Н. В. Вплив строку сівби і сортів на ріст і розвиток рослин озимої пшениці в осінній період. *Вісник Львівського ДАУ*. Львів, 2004. № 8. 124–128.

7. Русинов В. Технологія вирощування озимої пшениці та їх оцінка. *Агроном*. 2008. № 4. С. 84–88.

8. Власенко Н. С. Збирання врожаю сільськогосподарських культур та проведення інших польових робіт станом на 1 листопада 2013 року. *Статистичний бюлетень*. Київ: Державна служба статистики України, 2013. 60 с.

9. Каленська С. М., Токар Б. Ю., Ташева Ю. В. Управління стійкістю рослин зернових культур до вилягання. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: «Агрономія»*. 2015. Ч. 1. Вип. 210. С. 22–30.

10. Вінюков О. О., Бондарева О. Б., Чугрій Г. А. Вирощування пшениці озимої в умовах недостатнього зволоження в зоні східної частини північного Степу України. *Науково-практичні рекомендації*. Покровськ: ДДСДС НААН., 2019. 17 с.

11. Позняк В. В. Ефективність застосування регулятора росту «хлормекват-хлорид» у посівах пшениці озимої залежно від рівня удобрення. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 2. С. 177–182.

REFERENCES:

1. Ulich L. I., Lisikova V. M. (2006) Sorty pshenytsi ozymoi dlia intensyvnykh tekhnolohii. [Varieties of winter wheat for intensive technologies.] *Sortovyvchennia*

та okhorona prav na sorty roslyn. № 3. P. 103–108 [in Ukrainian].

2. Chuhrii H. A. (2021) Adaptyvni vlastyvyosti sortu yak faktor pidvyshchennia valovoho zboru zerna pshenytsi ozymoї. [Adaptive properties of the variety as a factor in increasing the gross grain harvest of winter wheat]. *Naukovyi zhurnal «Zernovi kultury»*. Dnipro, T. 5. № 1. P. 99–105 [in Ukrainian].

3. Vinyukov O. O., Bondareva O. B. (2018) Osoblyvosti realizatsii potentsialu produktyvnosti sortiv pshenytsi ozymoї v ahroklimatychnykh umovakh Donetskoi oblasti. [Features of realization of potential of productivity of grades of winter wheat in agro-climatic conditions of Donetsk region] *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. № 102. P. 9–14 [in Ukrainian].

4. Solodushko M. M. (2014) Urozhainist ta adaptyvnyi potentsial suchasnykh sortiv pshenytsi miakoi ozymoї v umovakh Pivnichnogo Stepu. [Yield and adaptive potential of modern varieties of soft winter wheat in the Northern Steppe] *Sortovyvchennia ta okhorona prav na sorty roslyn*. № 3. P. 61–66 [in Ukrainian].

5. Shaporynska N. M. (2005) Urozhainist ta yakist zerna i nasinnia sortiv ozymoї miakoi i tvrdoї pshenytsi zalezno vid umov vyroshchuvannia na pıvdni Ukrainy [Yield and quality of grain and seeds of winter soft and durum wheat varieties depending on growing conditions in the south of Ukraine] *avtoref. dys. na здobuttia nauk. stupenia kand. s.-h. nauk: spets. 06.01.09 «Roslynnystvo»*. 16 p. [in Ukrainian].

6. Kalenska S. M., Chubko O. P., Zhuravlova N. V. (2004) Vplyv stroku sivyb i sortiv na rist i rozvytok roslyn ozymoї pshenytsi v osinnii period. [Influence of sowing period and varieties on growth and development of winter wheat plants in autumn] *Visnyk Lvivskoho DAU*. Lviv, № 8. 124–128. [in Ukrainian].

7. Rusynov V. (2008) Tekhnolohiia vyroshchuvannia ozymoї pshenytsi ta yikh otsinka. [Technology of winter wheat cultivation and their evaluation] *Ahronom*. № 4. P. 84–88 [in Ukrainian].

8. Vlasenko N. S. (2013) Zbyrannia vrozhaї silskohospodarskykh kultur ta provedennia inshykh polovykh robit stanom na 1 lystopada 2013 roku. [Harvesting of agricultural crops and other field work as of November 1, 2013] *Statystychnyi biuleten. Kyiv: Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy*. 60 p. [in Ukrainian].

9. Kalenska S. M., Tokar B. Yu., Tasheva Yu. V. (2015) Upravlinnia stiikistiu roslyn zernovykh kultur do vyliahannia. [Management of resistance of grain crops to lodging] *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Serii: «Ahronomiia»*. Ch. 1. Vyp. 210. P. 22–30. [in Ukrainian].

10. Vinyukov O. O., Bondareva O. B., Chuhrii H. A. (2019) Vyroshchuvannia pshenytsi ozymoї v umovakh nedostatnoho zvolozhennia v zoni skhidnoi chastyny pivnichnogo Stepu Ukrainy. [Growing winter wheat in conditions of insufficient moisture in the eastern part of the northern steppe of Ukraine] *Naukovo-praktychni rekomendatsii. Pokrovsk: DDS DS NAAN*. 17 p. [in Ukrainian].

11. Pozniak V. V. (2018) Efektyvnist zastosuvannia rehuliatora rostu «khlormekvat-khloryd» u posivakh pshenytsi ozymoї zalezno vid rıvnia udobrennia. [The effectiveness of the growth regulator «chlormequat chloride» in winter wheat crops depending on the level of fertilizer.] *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahramoi akademii*. № 2. P. 177–182. [in Ukrainian].

Чугрій Г.А., Вискуб Р.С., Поплевко В.І., Шульц П., Сकिпа Н.Л. Наукові принципи підбору сортів пшениці м'якої озимої за адаптивними ознаками

Метою дослідження є розробка методологічного підходу та вдосконалення адаптивної технології вирощування пшениці озимої через обґрунтування принципів підвищення адаптивності рослин пшениці озимої в східній частині Північного Степу України.

Методика дослідження. Дослідження проводились в період 2018–2020 роках у польовій сівозміні ДП ДГ «Забойщик». Для детального дослідження особливостей формування агроценозів різних сортів пшениці озимої у дослідках висівали внесені до Реєстру сорти пшениці озимої, рекомендовані для вирощування в Степовій зоні України.

Дослідження проводили у польових дослідках, закладених за методом послідовних ділянок, систематичним способом. Повторність у дослідках – триразова. Площа облікової ділянки становила 40–80 м².

Підготовка ґрунту в передпосівний період була спрямована на максимальне збереження і накопичення вологи у ґрунті та знищення бур'янів.

Результати. У статті наведені результати сортів пшениці м'якої озимої різних селекційних центрів (61 сорт) за адаптивними показниками. За результатами погодних умов прохолодна та волога погода весни за роки досліджень сприяла інтенсивному формуванню рослинами загальних стебел.

За результатами досліджень найвищий коефіцієнт загального кущіння формували рослини сортів Вежа, Легенда білоцерківська, Романівна. Проте, такі погодні умови, не дозволили рослинам зі значної кількості загальних стебел сформувати продуктивні. Більша кількість сортів екологічного сортопробування за коефіцієнтом продуктивного кущіння поступилася сорту-стандарту. Найвищий коефіцієнт продуктивного кущіння у досліді був у сорту Розумниця білоцерківська 1,62.

Дослідженнями встановлено, що біометричні показники сортів пшениці озимої різних селекційних центрів відображали їх реакцію на зміни погодних умов, які відбувалися протягом періоду спостережень.

Висновки. У середньому за роки дослідження найбільшу прибавку зерна до стандарту забезпечував сорт Овідій. Високий рівень врожайності також забезпечили сорти Кошова та Вигодка. Коефіцієнт кущіння рослин варіював від 2,53 до 5,56 залежно від сорту. Розрахунок економічної доцільності вирощування різних сортів пшениці озимої в умовах східної частини Північного Степу продемонстрував, що найбільша рентабельність була у сортів Овідій – 203,3%, Вигодка і Кошова – 163,3%, Вільшана і Самара-2 – 160,0% за урожайності 9,1 т/га, 7,9 т/га, 7,8 т/га. Собівартість 1 т зерна сортів пшениці озимої складає від 1899,00 грн. до 3409,00 грн.

Ключові слова: пшениця озима, технологія, коефіцієнт кущіння, маса 1000 зерен, урожайність, собівартість, прибуток, рентабельність.

Chuhrii H.A., Vyskub R.S., Poplevko V.I., Szulc P., Sknypa N.L. Scientific principles of selection of soft winter wheat varieties according to adaptive characteristics

The purpose of research is the development of a methodological approach and improvement of adaptive technology of winter wheat cultivation through the substantiation of the principles of increasing

the adaptability of winter wheat plants in the eastern part of the Northern Steppe of Ukraine.

Research methodology. The research was conducted in the period 2018–2020 in the field crop rotation of State Enterprise «Zaboyszchik». For a detailed study of the peculiarities of the formation of agrocenoses of different varieties of winter wheat in the experiments sown entered into the Register of winter wheat varieties recommended for cultivation in the steppe zone of Ukraine.

The research was carried out in field experiments, laid down by the method of successive plots, in a systematic way. Repetition in experiments – three times. The area of the accounting area was 40–80 m².

Soil preparation in the pre-sowing period was aimed at maximally preserving and accumulating moisture in the soil and destroying weeds.

Results. The article presents the results of soft winter wheat varieties of different breeding centers (61 varieties) according to adaptive indicators. According to the results of weather conditions, the cool and humid weather of spring over the years of research has contributed to the intensive formation of common stems by plants.

According to the results of research, the highest coefficient of total tillering was formed by plants of the varieties Vezha, Legenda Bila Tserkva, Romanivna. However, such weather

conditions did not allow plants from a significant number of common stems to form productive. A large number of varieties of ecological variety testing on the coefficient of productive tillering gave way to the standard variety. The highest coefficient of productive tillering in the experiment was in the variety Rozumnytsia Bila Tserkva 1.62.

Studies have shown that biometric indicators of winter wheat varieties of different breeding centers reflected their response to changes in weather conditions that occurred during the observation period.

Findings. On average, over the years of research, the largest increase in grain to the standard was provided by the Ovid variety. High yields were also provided by Koshova and Vygadka varieties. The coefficient of tillering of plants varied from 2.53 to 5.56 depending on the variety. The calculation of the economic feasibility of growing different varieties of winter wheat in the eastern part of the Northern Steppe showed that the highest profitability was in the varieties Ovid – 203.3%, Vygadka and Koshov – 163.3%, Vilshan and Samara-2 – 160.0% in yield 9.1 t / ha, 7.9 t / ha, 7.8 t / ha. The cost of 1 ton of grain of winter wheat varieties is from UAH 1,899.00. up to UAH 3409.00

Key words: winter wheat, technology, tillering rate, weight of 1000 grains, yield, cost, profit, profitability.

СЕЛЕКЦІЯ, НАСІННИЦТВО

УДК 633.111:631.527

DOI <https://doi.org/10.32848/agrар.innov.2022.11.9>

ВПЛИВ ЧАСУ ВІДНОВЛЕННЯ ВЕСНЯНОЇ ВЕГЕТАЦІЇ І СТРОКІВ СІВБИ НА ВРОЖАЙНІСТЬ СОРТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ РІЗНОГО ТИПУ РОЗВИТКУ

БАЗАЛІЙ В.В. – доктор сільськогосподарських наук,
orcid.org/0000-0002-0581-7242

Хесонський державний аграрно-економічний університет

БОЙЧУК І.В. – кандидат сільськогосподарських наук,
orcid.org/0000-0002-6309-2307

Хесонський державний аграрно-економічний університет

КОЗЛОВА О.П. – кандидат сільськогосподарських наук,
orcid.org/0000-0002-9062-5981

Хесонський державний аграрно-економічний університет

ЛАРЧЕНКО О.В. – кандидат сільськогосподарських наук,
orcid.org/0000-0001-7857-0802

Хесонський державний аграрно-економічний університет

БАЗАЛІЙ Г.Г. – кандидат сільськогосподарських наук,
orcid.org/0000-0003-2842-0835

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Проблема адаптивності сортів пшениці і їх здатності формувати високу і стійку врожайність за різних умов зовнішнього середовища завжди була і є характерним явищем для південного Степу України. Сорти пшениці озимої по-різному реагують і значно відрізняються між собою по реакції на затримку відновлення весняної вегетації, що значно впливає на зимостійкість і на формування господарсько-корисних ознак.

Стійкість рослин пшениці озимої різних генотипів до затримки часу відновлення весняної вегетації залежить від потреби до тривалості стадії яровізації, яка контролюється генетичною системою V_2d і чутливістю до фотоперіоду (гени $P_p d$). Крім того, ознака стійкості до затримки відновлення весняної вегетації, вірогідно, значно зумовлена також епігенетичним успадкуванням в результаті взаємодії генотипу і різкою зміною часу відновлення весняної вегетації.

Створення високопродуктивних сортів різного типу розвитку зі слабо вираженою фотоперіодичною чутливістю і короткою стадією яровізації сприяє активному весняному відростанню рослин при скороченому дні, що в свою чергу забезпечує добре використання вологи і інтенсивне формування врожайності.

В останні роки чітко спостерігається зміна клімату, в вигляді потепління і нерівномірний перерозподіл опадів в період вегетації пшениці озимої, особливо недолік їх при сівбі в оптимальні строки. Такі умови потребують вивчення і створення як «типово» озимих сортів пшениці так, і сортів альтернативного типу (дворучки) для пізніх строків сівби, а також враховувати відхилення від кліматичної норми, та вносити корективи в технологію вирощування пшениці озимої.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Фотоперіодична чутливість і тривалість яровізаційного періоду в значній мірі визначають рівень адаптації рослин пшениці озимої до конкретних умов вирощування.

Різниця генотипів за цими ознаками має прояв уже на початкових етапах розвитку [1]. Так, значне вираження фотоперіодичної чутливості і тривалість стадії яровізації затримують розвиток зачатків репродуктивних органів в осінній період і підвищують рівень стійкості генотипу до стресових чинників середовища в період перезимівлі. Слабка фотоперіодична чутливість і коротка тривалість яровізаційного періоду, навпаки, прискорюють їх розвиток. При цьому посіви більше гинуть від морозів, але швидше відростають весною, що забезпечує відхід від ранньовесняної посухи.

Вченими [2] при вивченні значного набору сортів пшениці озимої, встановлений зв'язок між яровізаційною потребою і фотоперіодичною чутливістю. Встановлено, що послаблення ступеня фотоперіодичної чутливості генотипу пов'язана з пониженням потреби його до яровізації і навпаки.

На думку селекціонерів [3] чим більша тривалість періоду яровізації і фотоперіодичної чутливості генотипів пшениці озимої, тим повільніший їх розвиток на початкових стадіях розвитку і спостерігається пізніший перехід до формування диференційної точки росту і зачатків репродуктивних органів. Це сприяє кращому їх протистоянню до низьких температур і підвищення рівня морозостійкості. Зниження тривалості фотоперіоду сприяє підвищенню темпів ранньовесняного відростання і підвищення врожаю, але це може автоматично відобразитись на частковому пониженню тривалості періоду яровізації, що мінусово вплине на параметри адаптації генотипів пшениці озимої.

Сучасні сорти пшениці озимої мають потенціал врожайності до 110 ц/га, але в умовах виробництва він реалізується лише на 50% із-за невідповідності адаптивного потенціалу сорту умовам вирощування [4].

Більшість сучасних сортів пшениці озимої характеризуються слабкою або середньою фотоперіодич-

ною чутливістю і не тривалою стадією яровізація (30-40 днів), що сприяє зниженню їх морозостійкості порівняно з сортами попереднього періоду створення. У сучасних сортів не виявлено залежності між тривалістю стадії яровізації і морозостійкістю, а відмінність за фотоперіодичною чутливістю впливала на морозостійкість лише ранньою весною [5].

Раніше проведенні дослідження при використанні методів штучного клімату [6] також не виявили залежності між тривалістю стадії яровізації і морозостійкістю, всі морозостійкі сорти у вивченому наборі були з більш високою фотоперіодичною чутливістю. В той час, іншими дослідниками [7] був виявлений тісний зв'язок між тривалістю яровізації сортів пшениці озимої зі стійкістю до низьких від'ємних температур, а взаємний зв'язок ступеня фотоперіодичної чутливості з морозостійкістю не підтвердився.

Різним генотипам пшениці м'якої озимої перехід до генеративного розвитку можливий при тривалості стадії яровізації від 15 до 60 і більше діб [8].

Тип розвитку і тривалість вегетаційного періоду визначається його реакцією на освітлення в фазу кущіння; чим слабкіше виражена фотоперіодична чутливість, тим скороспіліша рослина. Тривалість вегетаційного періоду рослин визначається їх реакцією на освітлення і кількістю енергії освітлення, необхідної для їх переходу від вегетативної фази до генеративної. Чим триваліша фаза кущення то рослина більш озима і пізньостигла, тим більше потреба в освітленні [9].

За не зазначеним виключенням, ранньо – і пізньостиглість пов'язані з раннім і пізнім колосінням. Різниця за тривалістю періоду до колосіння в ранньостиглих ліній не залежала від фотоперіодичної чутливості і тривалості періоду яровізації, в той час пізньостиглі форми були відзивчиві як на тривалість яровізації, так і на фотоперіодичну чутливість [10].

При вивченні тривалості періоду сходи – колосіння [11] основну дію мають гени, які контролюють фотоперіодичну чутливість, але існують гени, які контролюють скоростиглість у вузькому розумінні і їх ефективність відображаються на темпах проходження окремих етапів онтогенезу. Рослини пшениці до колосіння особливо чутливі до різної довжини дня, температури, вологості [12,13].

Реакція сортів пшениці озимої має на стресові чинники довкілля має три фази: подразнення, пригнічення синтетичних процесів і адаптація [14]. Якщо рослини не загинули в першу фазу, то в другій і третій фазах, які проходять уже не в період зимового спокою рослин і залежать не від умов осіннього загартовування, а від умов часу весняного відновлення вегетації при яких і має прояв кінцева зимостійкість вивчаємих сортів. Значна загибель посівів пшениці озимої у виробничих умовах проходить як раз в роки накладанням лімфакторів у фазу адаптації рослин (зимове пошкодження рослин плюс пізні відновлення весняної вегетації) [15].

Постановка завдання. Дослідження проводилися в продовж 2010-2020 років на дослідному полі Херсонського аграрно-економічного університету. Погодні умови років досліджень відрізнялися від середньо багаторічних показників за температурним

режимом, кількістю атмосферних опадів та їх розподілом в період вегетації. Так у 2019 і 2020 роки через посушливі умови в період сівби сходи рослин пшениці озимої були пізніми.

Матеріалом для досліджень були сорти пшениці «типово» озимої і альтернативного типу, різного генетичного і екологічного походження. Сорти пшениці різного типу розвитку досліджувалися за пізніх строків сівби (10.10; 20.10; 10.11).

Дисперсійний аналіз даних досліджень проводили відповідно до методичних вказівок Рокицького П.Ф. [16].

Виклад основного матеріалу досліджень. Створення сортів пшениці озимої, адаптивних до мінливих умов зони південного Степу України, потребує нових підходів до розробки програм селекції цієї культури. На даний час вже сформувались ряд методичних підходів до формування селекційних програм по створенню сортів альтернативного типу і сортів «типово» озимої пшениці пристосованих для пізніх строків сівби у відповідності до зміни кліматичних умов.

Особливу актуальність набуває пошук і розробка селекційних методів у адаптивному їх прояві, що дозволить створювати сорти пшениці різного типу розвитку, які зможуть сполучати комплекс господарсько-корисних ознак, властивостей і якісну реакцію на різні лімфактори.

Успіх селекції сортів пшениці різного типу розвитку, на сполучення продуктивності і адаптивності в значній мірі визначається рівнем досліджень особливостей генетичного контролю мінливості кількісних ознак і характеру їх прояву в мінливих умовах довкілля, а також наявності морфологічних і фізіологічних – біохімічних критеріїв ідентифікації генетичного різноманіття.

У процесі реалізації програм адаптивної селекції пшениці різного типу розвитку, нами створено ряд сортів і форм які одержали оцінку конкурентних сортовипробуваннях, а деякі були в різний час занесені в Державний реєстр сортів рослин України (Ярославна, Кірена, Клариса, Асканійська, Асканійська Березина, Перлина та ін). Ряд нових сортів з високим проявом адаптивних ознак є цінними вихідними формами в процесі подальшого селекційного вдосконалення пшениці озимої для різних умов вирощування.

На півдні України простежується закономірність про те, що масштаби пересівів нерозкущених та пошкоджених зимою посівів значно збільшується в роки з пізнім відновлення весняної вегетації. У роки з раннім початком вегетації площі пересів озимих культур на зерно значно менші [15]. Тому важливо було визначити реакцію сортів пшениці різного типу розвитком на виживання залежно від строку відновлення весняної вегетації (табл. 1)

Ряд років дослідження (2016-2019рр.) характеризувалися раннім відновлення весняної вегетації (5.03-15.03) пшениці озимої, тривалим міжфазним періодом від відновлення вегетації до колосіння, що сприяла підвищеному росту рослин і формуванню крупного колосу з максимальним зав'язуванням насінневих бруньок з наступною їх реалізацією в зернівки при досить сприятливих погодних умовах. У період колосіння повна стиглість зерна також склалися сприятливі умови для наливу і визрівання зерна, у яких деяку перевагу мали

Таблиця 1

Урожайність сортів пшениці різного типу розвитку залежно від часу відновлення весняної вегетації (т/га)

Сорт	Час відновлення весняної вегетації, міс.					Середнє
	05.03	09.03	15.03	09.03	09.03/26.03	
	2016	2017	2018	2019	2020	
Дріада 1	5,94	5,12	5,64	5,02	3,14	5,17
Херсонська 99	6,05	5,48	5,96	5,12	3,98	5,32
Херсонська безоста	5,98	5,44	5,60	4,95	3,64	5,12
Кірена	6,12	5,78	5,68	5,12	3,74	5,29
Асканійська	6,47	6,12	6,22	5,96	4,45	5,84
Асканійська Берегиня	6,54	6,18	6,44	6,12	4,84	6,02
Перлина	–	–	6,45	6,18	4,69	5,77
Клариса	6,12	5,44	6,12	4,04	4,12	5,29
Соломія	5,54	5,14	5,58	4,12	3,68	4,81
Зимоярка	4,14	4,02	4,18	3,68	3,04	3,81
НІР ₀₅ т/га	0,18	0,16	0,19	0,20	0,26	

сортів альтернативного типу Клариса і сорти пшениці озимої Асканійська, Асканійська Берегиня, Перлина які в меншій мірі мали негативний вплив посухи на налив зерна при кінцевому етапі формування насіння.

У 2020 році спочатку також спостерігалось раннє (09.03) відновлення весняної вегетації пшениці озимої, але повернення похолодання з морозами (-6° -8° °C) на III–IV етапах онтогенезу, негативно відобразилось на формуванні нормального колосу і його озерненості. У силу вище названої причини була відмічена редукція колосків у нижній і верхній частині колоса і значна кількість стерильних квіток. Крім того спостерігалось значне ураження рослин грибовими хворобами, що відобразилось на ранньому пожовтінні листя і знижені фотосинтетичного потенціалу рослин, а відновлення вегетації повторилось уже в пізні строки (26.03). У 2020 році у період колосіння до повної стиглості зерна склались сприятливі умови з опадами і невисокими температурами для наливу і формуванню зерна, що для ряду сортів (Асканійська, Асканійська Берегиня, Перлина, Клариса) це позитивно вплинуло на врожайність (таблиця 1).

Як видно з даних таблиці 1 найбільшою врожайністю за різного часу відновлення весняної вегетації характеризувались сорт альтернативного типу Клариса і нові сорти пшениці озимої Асканійська, Асканійська Берегиня, Перлина. Так, в середньому за роки досліджень (2016–2020 рр.) вони перевищували за врожайністю стандартний сорт Херсонську безосту на 0,17–1,65 т/га, а за несприятливих умов пізнього відновлення весняної вегетації (2020 р.) їх перевага була на рівні 0,48–1,10 т/га.

Строки сівби пшениці озимої є одним із найбільш важливих технологічних заходів, які значно впливають на ріст і розвиток рослин. Відомо, що строки припинення осінньої вегетації значно впливають на посіви пшениці озимої всіх строків сівби. Найбільш реагують на умови раннього припинення осінньої вегетації посіви пізніх строків сівби. Це пояснюється тим, що ранні посіви навіть за умов раннього припинення осінньої вегетації добре розвиваються, в пізні посіви за цих умов не встигають розчинитись і входять в зиму не дорозвинутими.

Тривала осіння вегетація пшениці озимої позитивно впливає на продуктивність всіх строків сівби,

але найбільше вона підвищує врожайність посівів пізніх строків сівби які в південному регіоні України, у зв'язку з глобальним потеплінням значно збільшуються в останні роки.

Для цих умов необхідні нові вимоги до сортів пшениці озимої, які змогли реалізувати генетично зумовлену врожайність в умовах несприятливих режимів зміни клімату у осінньо-зимовий та весняно-літній періоди вегетації рослин. Вирощування сортів пшениці різного типу розвитку генетично, генетично і біологічно різних дозволяє більш ефективно використовувати агрокліматичний потенціал кожного регіону і в кінцевому підсумку стабілізувати валовий збір зерна. Приведення наявного сортового складу пшениці до конкретних агротехнічних умов і впровадження у виробництво сортів альтернативного типу і нових сортів пшениці «типово» озимої, пристосованих до пізніх строків сівби, безумовно буде слугувати підвищенню конкурентної здатності культури пшениці озимої.

Нашими дослідженнями було проведена оцінка нових сортів пшениці різного типу розвитку за рівнем урожайності при різних строках сівби таблиця 2.

Роки досліджень характеризувались достатньою тривалістю осінньої вегетації що забезпечило вхід в зиму сортів пшениці різного типу розвитку достатньо розвинутими рослинами за пізніх строків сівби. Кінцеве формування врожайності, в більшій мірі, залежало від генотипу сортів пшениці озимої і від часу відновлення весняної вегетації.

Із даних таблиці 2 видно, що сорт альтернативного типу Клариса і нові «типово» озимі сорти пшениці Асканійська, Перлина, Асканійська Берегиня значно перевищували за врожайністю стандартний сорт Херсонську безосту в різні роки досліджень за пізніх строків сівби. Так, за самого пізнього строку сівби на (10.11) їх перевага за врожайністю в 2018 році була 0,96- 1,57 т/га, у 2019 році 0,96 – 2,27 т/га, і в найбільш несприятливим у 2020 році відповідно 0,98- 1,30 т/га.

Сорт пшениці альтернативного типу Зимоярка який створений для умов іншого регіону формував значно нижчу врожайність за пізніх строки сівби порівняно із сортами альтернативного типу Клариса, Соломія і сортами озимої пшениці степового еко типу.

Урожайність сортів пшениці різного типу розвитку за пізніх строків сівби (т/га)

Сорт (А)	Строки сівби (В)								
	2018 р.			2019 р.			2020 р.		
	20.10	30.10	10.11	20.10	30.10	10.11	20.10	30.10	10.11
Херсонська безоста	5,20	4,72	3,88	4,85	4,08	3,62	3,84	3,28	3,02
Асканійська	5,62	5,48	4,84	5,28	4,84	4,81	4,26	4,18	4,26
Асканійська Берегиня	5,88	5,72	5,65	5,46	5,45	5,84	4,50	4,24	4,32
Перлина	5,90	5,69	5,60	5,52	5,82	5,64	4,50	4,22	4,26
Клариса	5,60	5,42	5,36	5,14	4,98	4,58	4,12	4,02	3,99
Соломія	5,19	4,94	4,84	4,78	4,34	4,19	3,44	3,42	3,39
Зимоярка	4,04	4,15	3,84	3,34	3,40	3,52	3,12	3,02	2,78
НІР ₀₅ т/га	А–0,21; В–0,30;		А–0,29; В–0,32;						
	АВ–0,36		АВ–0,38		АВ–0,42				

Висновки і пропозиції.

1. Час відновлення весняної вегетації може як позитивно, так і негативно впливати на врожайність пшениці озимої залежно від стану розвитку посівів (строків сівби) і генетико біологічних особливостей сорту.

2. Для реалізації високого потенціалу врожайності необхідно оптимізувати сортовий склад пшениці різного типу розвитку за реакцією на різні строки сівби для конкретного регіону вирощування культури.

3. Нові сорти пшениці різного типу розвитку Асканійська, Асканійська Берегиня, Перлина і альтернативного типу Клариса, Соломія формують високу врожайність за пізніх строків сівби (20.10; 10.11) на рівні оптимального строку і вище.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Файт В.І., Мартинюк В.Р. Фотоперіодична чутливість та яровізаційна потреба сучасних сортів озимої м'якої пшениці селекції СГІ. *Зб. наук. пр. СГІ*. Одеса, 2002. Вип. 2(42). С. 30–35.

2. Стельмах А.Ф., Файт В.І., Мартинюк В.Р. Различие генетических систем контроля фотореакции яровизационной потребности у озимой пшеницы. *Цитология и генетика*. 2001. Т. 35. № 3. С. 3–9.

3. Стельмах А.Ф., Литвиненко М.А., Файт В.І. Яровізаційна потреба та фіто чутливість сучасних генотипів озимої м'якої пшениці. *Зб. наук. пр. СГІ*. 2004. Вип. 5(45). С. 118–127.

4. Литвиненко М.А. Тривалість вегетаційного періоду в зв'язку з урожайністю й посухостійкістю сортів озимої пшениці на півдні України. *Зб. наук. пр. СГІ*. 2004. Вип. 5(4). С. 91–104.

5. Файт В.І., Федорова В.О., Нагуляк О.Н. и др. Связь фенотипических и генотипических различий по продолжительности яровизации и фотопериодической чувствительности с морозостойкостью озимой пшеницы. *Зб. науч. тр. Уманського державного аграрного університету (Сп. випуск). Біологічні науки і проблеми рослинництва*. Умань, 2003. С. 359–364.

6. Лифенко С.Ф. Эффективность использования установок искусственного климата в селекции озимой пшеницы. *Сб. Использование искусственного климата в селекц.-генет. исследованиях*. Одесса, 1988. С. 12–21.

7. Литвиненко Н.А., Козлов В.В. Связь темпов осеннего и весеннего роста и развития растений с продук-

тивностью и морозостойкостью у озимой пшеницы. *Технология возделывания зерновых культур и проблемы их селекции*. Мироновка, 1990. С. 24–31.

8. Файт В.І. Создание почти изогенных линий мягкой озимой пшеницы по генам контроля продолжительности яровизации – VRD. *Зб. наук. пр. СГІ*. Одеса, 2002. Вип. 2(42). С. 37–45.

9. Федоров Л.К. Особенности онтогенеза, определяющие скороспелость и продуктивность зерновых культур. *Вестник семеноводства в СНГ*. 2001. № 4. С. 40–41.

10. Hooqendoorn. *J. Arq. Sci.* 1985. 104. № 3. P. 493–500.

11. Ригин Б.В., Скурыгина Н.Р. Генетика признаков пшеницы. Физиологические признаки. Генетика культурных растений. *Зерновые культуры*. Л., 1986. С. 103–110.

12. Носатовский А.И. Пшеница. М., 1965. 567 с.

13. Разумов В.И. Среда и развитие растений. Л-М., 1961. 368 с.

14. Удовенко Г.В., Кожушко Н.Н., Виноградова В.В. Физиологические аспекты селекции на засухоустойчивость и зимостойкость. *Селекция и семеноводство*. 1983. № 2. С. 7–10.

15. Hetic I.T. Характер осені і весни та посіви озимої пшениці: Монографія. Херсон: Айлант, 2004. 152 с.

16. Рокицький П.Ф. Введение в статистическую генетику. Минск: Высшая школа, 1978. 448 с.

REFERENCES:

1. Fayt, V.I., & Martynyuk, V.R. (2002). Fotoperiodychna chutlyvist' ta yarovizatsiyna potreba suchasnykh sortiv ozymoyi m'yakoyi pshenytsi selektsiyi SHI [Photoperiodic sensitivity and vernalization need of modern varieties of winter soft wheat of SGI selection]. *Zbirnyk naukovykh prats SHI – Collection of scientific works of SGI*, 2(42), 30–35 [in Ukrainian].

2. Stelmakh, A.F., Fayt, V.I., & Martynyuk, V.R. (2001). Razlychiye geneticheskikh sistem kontrolya fotoreaktsii yarovizatsionoy potrebnosti u ozimoy pshenytsi [Differences in genetic systems for controlling the photoreaction of vernalization needs in winter wheat]. *Tsitologiya i genetika – Cytology and genetics*, 35, 3, 3–9 [in Russian].

3. Stelmakh, A.F., Lytvynenko, M.A., & Fayt, V.I. (2004). Yarovizatsiyna potreba ta fito chutlyvist suchasnykh henotypiv ozymoyi myakoyi pshenytsi. [Spring need and phytosensitivity of modern genotypes of winter soft wheat]. *Zbirnyk naukovykh prats SHI – Collection of scientific works of SGI*, 5(45), 118–127 [in Ukrainian].

4. Lytvynenko, M.A. (2004). Tryvalist vechetatsiynoho periodu v zvyazku z urozhaynistyu y posukhostiykisty sortiv ozymoyi pshenytsi na pivdni Ukrayiny. [The length of the growing season due to the yield and drought resistance of winter wheat varieties in southern Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats SHI – Collection of scientific works of SGI*, 5 (4), 91–104 [in Ukrainian].

5. Fayt, V.Y., Fedorova, V.O., & Nahulyak, O.N. et al. (2003). Svyaz fenotypycheskykh y henotypycheskykh razlychyy po prodolzhytelnosti yarovyzatsyy y fotoperiodycheskoy chuvstvytel'nosti s morozostoykost'yu ozymoy pshenytsy [Relationship between phenotypic and genotypic differences in the duration of vernalization and photoperiodic sensitivity with frost resistance of winter wheat]. *Zb. nauch. tr. Umanskoho derzhavnoho ahrarnoho universytetu – Coll. scientific tr. Uman State Agrarian University*, 359–364 [in Ukrainian].

6. Lifenko, S.F. (1988). Effektivnost ispolzovaniya ustanovok iskusstvennogo klimata v selektsii ozimoy pshenitsy [Efficiency of artificial climate installations in winter wheat breeding]. *Sb. Ispolzovaniye iskusstvennogo klimata v selekts.genet. issledovaniyakh – The use of artificial climate in breeding.-genet. research. Odessa*, 12–21 [in Ukrainian].

7. Litvinenko, N.A., & Kozlov, V.V. (1990). Svyaz tempov osennego i vesennego rosta i razvitiya rasteniy s produktivnostyu i morozostoykost'yu u ozimoy pshenitsy. *Tekhnologiya vzdelyvaniya zernovykh kultur i problemy ikh selektsii [Relationship between the rates of autumn and spring growth and development of plants with productivity and frost resistance in winter wheat. Technology of cultivation of grain crops and problems of their selection]*. Mironovka, 24–31 [in Ukrainian].

8. Fayt, V.I. (2002). Sozdaniye pochty izogennykh liniy myagkoy ozimoy pshenitsy po genam kontrolya prodolzhitel'nosti yarovizatsii – VRD [Creation of almost isogenic lines of soft winter wheat according to the genes for controlling the duration of vernalization – VRD]. *Zbirnyk naukovykh prats SHI – Collection of scientific works of SGI*, 2(42) 37–45 [in Ukrainian].

9. Fedorov, L.K. (2001). Osobennosti ontogeneza, opredelyayushchiye skorospelost i produktivnost zernovykh kultur [Features of ontogeny that determine the early maturity and productivity of grain crops]. *Vestnik semenovodstva v SNG – Bulletin of seed production in the CIS*, 4, 40–41 [in Ukrainian].

10. Hooqendoorn. (1985). *J. Arq. Sci*, 104, 3, 493–500 [in English].

11. Rigin, B.V., & Skurygina, N.R. (1986). Genetika priznakov pshenitsy. Fiziologicheskkiye priznaki. Genetika kul'turnykh rasteniy [Genetics of wheat traits. Physiological signs. Genetics of cultivated plants]. *Zernovyye kul'tury – Cereal crops. L.*, 103–110 [in Ukrainian].

12. Nosatovskiy, A.I. (1965). *Pshenitsa [Wheat]*. Moscow, 567 [in Russian].

13. Razumov, V.I. (1961). *Sreda i razvitiye rasteniy [Environment and development of plants]*. L-M., 368 [in Ukrainian].

14. Udovenko, G.V., Kozhushko, N.N., & Vinogradova, V.V. (1983). Fiziologicheskkiye aspekty selektsii na zasukhoustoychivost i zimostoykost [Physiological aspects of breeding for drought resistance and winter hardness]. *Selektsiya i semenovodstvo – Selection and seed production*, 2, 7–10 [in Ukrainian].

15. Netis, I.T. (2004). *Kharakter oseni i vesny ta posivy ozymoyi pshenytsi. Monohrafiya [The nature of autumn and*

spring and winter wheat crops]. Kherson : Aylant, 152 [in Ukrainian].

16. Rokitskiy, P.F. (1978). *Vvedeniye v statisticheskuyu genetiku [Introduction to statistical genetics]*. Minsk : Higher School, 448 [in Russian].

Базалій В.В., Бойчук І.В., Козлова О.П., Ларченко О.В., Базалій Г.Г. Вплив часу відновлення весняної вегетації і строків сівби на врожайність сортів пшениці озимої різного типу розвитку

У статті наведені результати досліджень і характеру формування врожайності у сортів пшениці озимої різного типу розвитку залежно від часу відновлення весняної вегетації і строків сівби. **Матеріалом** для досліджень були сорти пшениці «типово» озимої і альтернативного типу, різного генетичного і екологічного походження. **Результати.** Доведено, що для отримання стабільної врожайності зерна в умовах південного Степу України необхідно використовувати для пізніх строків сівби (жовтень, листопад) нові сорти пшениці озимої Асканійська, Асканійська Берегиня, Перлина і альтернативного типу Клариса, Соломія. Створення високопродуктивних сортів різного типу розвитку зі слабо вираженою фотоперіодичною чутливістю і короткою стадією яровізації сприяє активному весняному відростанню рослин при скороченому дні, що в свою чергу забезпечує добре використання вологи і інтенсивне формування врожайності. Стійкість рослин пшениці озимої різних генотипів до затримки часу відновлення весняної вегетації залежить від потреби до тривалості стадії яровізації, яка контролюється генетичною системою V_d і чутливістю до фотоперіоду (гени P_d). Крім того, ознака стійкості до затримки відновлення весняної вегетації, вірогідно, значно зумовлена також епігенетичним успадкуванням в результаті взаємодії генотипу і різкою зміною часу відновлення весняної вегетації. В останні роки чітко спостерігається зміна клімату, в вигляді потепління і нерівномірний перерозподіл опадів в період вегетації пшениці озимої, особливо недолік їх при сівбі в оптимальні строки. Такі умови потребують вивчення і створення як «типово» озимих сортів пшениці так, і сортів альтернативного типу (дворучки) для пізніх строків сівби, а також враховувати відхилення від кліматичної норми, та вносити корективи в технологію вирощування пшениці озимої. **Висновок.** Час відновлення весняної вегетації може як позитивно, так і негативно впливати на врожайність пшениці озимої залежно від стану розвитку посівів (строків сівби) і генетико біологічних особливостей сорту. Для реалізації високого потенціалу врожайності необхідно оптимізувати сортовий склад пшениці різного типу розвитку за реакцією на різні строки сівби для конкретного регіону вирощування культури. Нові сорти пшениці різного типу розвитку Асканійська, Асканійська Берегиня, Перлина і альтернативного типу Клариса, Соломія формують високу врожайність за пізніх строків сівби (20.10; 10.11) на рівні оптимального строку і вище.

Ключові слова: пшениця озима, сорти пшениці альтернативного типу, врожайність, строк сівби.

Bazaliy V.V., Boychuk I.V., Kozlova O.P., Larchenko O.V., Bazaliy G.G. Influence of spring vegetation recovery time and sowing dates on yield of winter wheat varieties of different types of development

The article presents the results of research and the nature of yield formation in winter wheat varieties

of different types of development depending on the time of resumption of spring vegetation and sowing dates. The **material** for the research was wheat varieties «typically» winter and alternative type, of different genetic and ecological origin. **Results.** It is proved that in order to obtain stable grain yield in the southern steppe of Ukraine it is necessary to use new varieties of winter wheat for late sowing dates (October, November) Askania, Askania Berehynia, Pearl and alternative type Clarissa, Solomiya. Creation of high-yielding varieties of different types of development with weak photoperiodic sensitivity and short stage of vernalization promotes active spring regrowth of plants with shortened days, which in turn provides good use of moisture and intensive yield formation. The resistance of winter wheat plants of different genotypes to the delay of spring vegetation recovery time depends on the need for the duration of the vernalization stage, which is controlled by the V2d genetic system and sensitivity to the photoperiod (Ppd genes). In addition, the sign of resistance to delayed recovery of spring vegetation is probably also significantly due to epigenetic inheritance as a result of genotype interaction and a sharp change in the time of recovery of spring vegetation. In recent years,

there has been a clear change in climate, in the form of warming and uneven redistribution of precipitation during the growing season of winter wheat, especially the lack of them when sowing in the optimal time. Such conditions require the study and creation of both “typical” winter wheat varieties and varieties of alternative type (two-handed) for late sowing, as well as take into account deviations from climatic norms, and make adjustments to the technology of growing winter wheat. **Conclusion.** The time of restoration of spring vegetation can both positively and negatively affect the yield of winter wheat, depending on the state of development of crops (sowing dates) and genetic and biological characteristics of the variety. To realize the high yield potential, it is necessary to optimize the varietal composition of wheat of different types of development in response to different sowing dates for a particular region of cultivation. New varieties of wheat of different types of development Askaniyskaya, Askaniyskaya Bereginia, Perlina and alternative types Clarissa, Solomiya form high yields at late sowing dates (20.10; 10.11) at the level of optimal term and above.

Key words: winter wheat, alternative wheat varieties, yield, sowing period.

УСПАДКУВАННЯ ДОВЖИНИ КОЛОСА ГІБРИДАМИ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ РІЗНОГО ЕКОЛОГО-ГЕНЕТИЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ В УМОВАХ ЗРОШЕННЯ

ЖУПИНА А.Ю. – здобувач ступеня доктора філософії
orcid.org/0000-0002-3630-7579

Інститут зрошувального землеробства Національної академії аграрних наук України
БАЗАЛІЙ Г.Г. – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0003-2842-0835

Інститут зрошувального землеробства Національної академії аграрних наук України
УСИК Л.О. – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0002-9710-0758

Інститут зрошувального землеробства Національної академії аграрних наук України
МАРЧЕНКО Т.Ю. – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0001-6994-3443

Інститут зрошувального землеробства Національної академії аграрних наук України
ЛАВРИНЕНКО Ю.О. – доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН
orcid.org/0000-0001-9442-8793

Інститут зрошувального землеробства Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Важливим напрямом наукового забезпечення збільшення виробництва харчового зерна є створення високоадаптивних сортів агрокліматичної орієнтації з високим ступенем генетичного захисту врожаю від біотичних і абіотичних факторів середовища, розробка наукових основ створення генетично запрограмованих сортів з заданими біологічними та господарськими показниками [1, с. 102–103].

Ефективність селекції рослин базується на розробках теорії добору в штучно створених гетерогенних гібридних популяціях. Важливим елементом техніки добору елітних рослин є визначення факторіальних ознак, що корелюють з результативними показниками утилітарного значення показниками [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Важливою ознакою, за якою проводяться добори на продуктивність колосових культур (пшениця, ячмінь, тритикале), є довжина колоса. За цією ознакою проводяться масові, індивідуально-сімейні, індивідуальні добори елітних рослин в гетерогенних популяціях, насінневих розсадниках завдяки легкості візуальної оцінки цього показника [3]. Показано, що ця морфометрична ознака проявляється з найменшою паратиповою мінливістю за різних агроекологічних умов, має високу кореляцію з урожайністю зерна [4]. Проте, зв'язок довжини колоса з масою зерна колоса, кількістю зерен колоса та урожайності зерна не носить стабільного високого значення. Показники коефіцієнтів кореляції довжини колоса з масою зерна колоса, кількістю зерен колоса, кількістю колосків визначалась переважно комбінацією схрещування і коливались від 0,01 до 0,66 [5, с. 170, 171]. Довжина колоса різних генотипів пшениці має чіткий фенотиповий прояв, у зв'язку з чим цей показник є зручним і важливим при селекції на продуктивність [6].

Дія посухи мало впливає на довжину колоса після цвітіння, проте посуха у критичну фазу розвитку (колонієння) призводила до інгібування ростових процесів. Встановлена сортова реакція на прояв репродуктив-

них та морфологічних ознак залежно від вологозабезпеченості [7].

В первинному (добазовому та базовому) насінництві довжина колоса, завдяки невисокій фенотиповій мінливості, використовується для ідентифікації морфологічних сортових ознак за проведення інспектування посівів [8].

Довжина колоса сортів пшениці м'якої озимої входить до морфологічних показників ідентифікації сортів за вимогами ВОС-тесту (відмінність, однорідність, стабільність). Ці вимоги запроваджені у зв'язку зі вступом України до міжнародних організацій: UPOV – (Міжнародний союз з охорони сортів рослин), OESD – (Організація економічного співробітництва та розвитку), ISTA (Міжнародна асоціація з виробництва насіння) і є обов'язковими для виробництва сертифікованого насіння, що вказує на важливість селекційного і насінневого контролю показника «довжина колоса» [9].

Показано, що довжина головного колосу, дата цвітіння та колосіння пшениці м'якої озимої є одними з найбільш інформативних ознак для розрізнення ліній селекційних розсадників. Можливість диференціації усіх генотипів, що були відмінними за алелями генів короткостебловості, за комплексом агрономічних ознак не залежала від генетичного фону [10].

Залучення до гібридизації вітчизняних сортів з сортами західноєвропейського походження, що мають підвищені потреби в яровизації (ПЯ) та фотоперіодичній чутливості (ФЧ), і проведення доборів в гібридних популяціях за тривалістю окремих міжфазних періодів можуть дати відповідь на припущення сучасних вітчизняних селекціонерів щодо обмеження продуктивності пшениці озимої з тривалою ПЯ та ФЧ [11].

Серед індукованих мутантів були виявлені зразки з довгим колосом, проте в переважній більшості випадків ці мутантні форми поєднували господарсько-корисні ознаки з низкою мутацій, що не становлять селекційної цінності чи, навпаки, ускладнюють проведення з ними подальшої селекційної роботи. Довгоколосі генотипи

виявлялись у комплексі з ознаками «довге стебло» та «пізні строки дозрівання» [12].

Абсолютні величини довжини колоса можуть змінюватись під впливом чинників довкілля й агротехнологій, проте відносна різниця цієї ознаки в однакових агроекологічних умовах зберігається. Тому її можна використовувати для ідентифікації генотипів [13].

Проте, для умов зрошення, де можливо забезпечити оптимальне для пшениці постачання ґрунтової вологи, подовження тривалості вегетації може мати позитивні наслідки. Тривалість періоду вегетації пшениці озимої та окремих міжфазних періодів може мати вагомий вплив на потенційну і фактичну урожайність та розвиток окремих морфологічних ознак продуктивності. Тому, залучення до гібридизації з місцевими сортами більш пізньостиглих короткостеблових генотипів західноєвропейського еко типу з подовженим періодом вегетації та окремих міжфазних періодів, з підвищеним потенціалом урожайності з наступними індивідуальними доборами в гібридних популяціях може надати перспективу отримання цінних сегрегатів. В попередній публікації було висвітлено особливості успадкування висоти рослин батьківських форм, гібридів та особливості кореляцій висоти рослин, тривалості міжфазного періоду «цвітіння-стиглість зерна» з урожайністю зерна елітних ліній селекційних розсадників за використання такого типу схрещувань [14].

Метою представленої статті було встановити характер успадкування ознаки «довжина колоса» у гібридів пшениці м'якої озимої, що створені з залученням пізньостиглих зразків західноєвропейського еко типу. Встановити кореляції довжини колоса з тривалістю міжфазного періоду «цвітіння – стиглість зерна» та урожайністю зерна елітних селекційних сімей в селекційних розсадниках.

Матеріали і методи досліджень. Польові дослідження проведені в Інституті зрошуваного землеробства НААН у 2016–2021 рр. Об'єктом досліджень були сучасні сорти пшениці озимої селекції Інституту, колекційні зразки західноєвропейського еко типу, що були інтродуковані з Франції (номера реєстрації Кф №...-16) та гібриди створені за їх участі. Сорти та гібриди висівалися при зрошенні схемою «материнська форма, батьківська, гібрид». Біометричні виміри, обліки урожайності, характеристику успадкованості ознак гібридами проводили за загальноновизнаними методиками [15]. Проведені добори елітних рослин з популяцій F_2 висівали в селекційних розсадниках за облікової площі 0,3 м². Площа облікової ділянки в контрольному розсаднику 4 м², повторення дворазове. Методи – польові, лабораторні, селекційно-генетичні, статистичні.

Результати досліджень. В схему схрещувань були залучені місцеві сорти селекції інституту та західноєвропейського еко типу (шифр колекції Кф...-16), що різнилися за довжиною колоса. Всі залучені західноєвропейські сорти були з подовженим терміном виколошування та дозрівання. Довжина колоса батьківських компонентів іноземних сортів коливалась в межах 7,8...14,2 см (табл. 1). Найбільша довжина колоса західноєвропейських сортів спостерігалась у Кф9-16, Кф4-16, Кф6-

16 (12,4...14,2 см). Серед вітчизняних сортів найбільшою довжиною колоса характеризувались сорти Леда та Овідій 11,8 та 13,0 см відповідно).

Гібриди першого покоління (F_1) успадковували цю ознаку переважно за проміжним типом та домінуванням короткого колоса. Істинний гетерозис в першому поколінні проявили комбінації Кф2-16 х Херсонська безоста, Кошова х Кф2-16, Кф5-16 х Леда. Ступінь істинного гетерозису у них становив 18...22%. Проте, за абсолютним значенням гібрид Кф5-16 х Леда (13,1 см) не перевищив кращу батьківську форму Кф6-16 (14,2 см). Ступінь істинного гетерозису в F_1 (що є і показником конкурсного гетерозису) не вказав на можливість отримати завдяки ефекту гетерозису кращі комбінації за довжиною колоса.

В другому поколінні (F_2) успадкування проходило переважно за проміжним типом та домінуванням короткого колосу. Ступінь істинного гетерозису була невисокою і повторювалась у тих же комбінаціях, що в F_1 . Ні один гібрид не перевищив кращу батьківську форму Кф8-16 за довжиною колоса – 14,1 см.

Таким чином, перспективи використання ефекту гетерозису у гібридів пшениці м'якої з залученням контрастних за морфо-біологічними, генетичним, еколого-географічним походженням батьківських компонентів не передбачують позитивних результатів.

На основі проведених індивідуальних доборів за господарсько-важливими ознаками в популяціях другого покоління була проведена оцінка ефективності доборів за ознакою «довжина колоса» та її зв'язок з тривалістю міжфазних періодів та урожайністю зерна в гібридних популяціях різного генетичного походження.

Розрахунки залежності довжини колоса від тривалості міжфазного періоду «цвітіння-стиглість» у ліній пшениці селекційного розсаднику загального масиву показали позитивну залежність між ними (рис. 1).

Така залежність була констатована попередніми дослідженнями і з точки зору органогенезу та фізіології досить передбачувана [12].

За загальною матрицею сімей дібраних з усіх гібридів коефіцієнт кореляції між довжиною колоса та тривалістю міжфазного періоду «цвітіння-стиглість» становив +0,172. Це невисокий рівень залежності, проте вказує на можливість одночасного добору за довжиною колоса та тривалістю вегетації. Така залежність може бути корисною тільки за достатньої вологозабезпеченості та не обмеженої кліматичними умовами тривалості вегетації, що можливо тільки на півдні України. Проте, для інших регіонів України переважним напрямом доборів сортів пшениці залишається селекція на скоростиглість [16].

Така позитивна залежність довжини колоса і тривалості періоду цвітіння – стиглість була відмінною у сімей-нащадків з гібридних популяцій різних за походженням. Так, у ліній, що добрані з гібридної популяції Кф5-16/Леда коефіцієнт кореляції дещо підвищився і становив + 0,219 (рис. 2).

Такий тип залежності дозволяє більш впевнено та ефективно добирати одночасно за довжиною колоса та тривалістю вегетації. Довжина колоса сягала

Успадкування ознаки «довжина колоса» гібридами F₁, F₂ пшениці озимої (2016–2018 рр.)

Сорт, гібрид	F ₁			F ₂		
	Довжина колоса, см	Ступінь домінування, hr	Ступінь гетерозису, Г іст, %	Довжина колоса, см	Ступінь домінування, hr	Ступінь гетерозису, Г іст, %
♀ Кф2-16	11,4			7,20		
♂ Овідій	12,0			9,90		
Кф2-16 х Овідій	11,6	-1,00	-8,33	10,00	1,07	1,01
♀ Кф4-16	8,2			9,80		
♂ Овідій	12,5			9,90		
Кф4-16 х Овідій	12,7	1,00	0,00	10,50	13,00	6,06
♀ Кф6-16	14,2			10,40		
♂ Овідій	12,1			9,90		
Кф6-16 х Овідій	10,0	-3,00	-28,57	9,50	-2,60	-8,65
♀ Кф7-16	12,0			7,80		
♂ Овідій	11,8			9,90		
Кф7-16 х Овідій	11,1	-1,00	-8,33	9,50	0,62	-4,04
♀ Кф8-16	11,5			14,10		
♂ Овідій	12,4			9,90		
Кф8-16 х Овідій	11,4	-1,00	-8,33	9,60	-1,14	-31,91
♀ Кф9-16	12,5			9,30		
♂ Овідій	11,3			9,90		
Кф9-16 х Овідій	9,7	-5,00	-25,00	10,50	3,00	6,06
♀ Кф10-16	9,3			10,00		
♂ Овідій	12,6			9,90		
Кф10-16 х Овідій	9,3	-1,00	-25,00	9,30	-13,00	-7,00
♀ Кф2-16	7,8			9,80		
♂ Х6/о	9,0			9,90		
Кф2-16 х Х6/о	11,1	3,00	22,22	10,50	13,00	6,06
♀ Х6/о	9,2			10,40		
♂ Кф2-16	10,1			10,80		
Х6/о х Кф2-16	10,9	1,00	7,92	9,80	-4,00	-9,26
♀ Кошова	8,9			9,40		
♂ Кф2-16	9,9			10,80		
Кошова х Кф2-16	11,3	5,00	22,22	11,40	1,86	5,56
♀ Кф5-16	10,9			8,10		
♂ Ледя	11,8			10,80		
Кф5-16 х Ледя	13,1	5,00	18,18	10,40	0,70	-3,70
♀ Кф4-16	12,4			12,00		
♂ Овідій	13,0			11,10		
Кф4-16 х Овідій	12,5	-1,00	-7,69	11,10	-1,00	-7,50

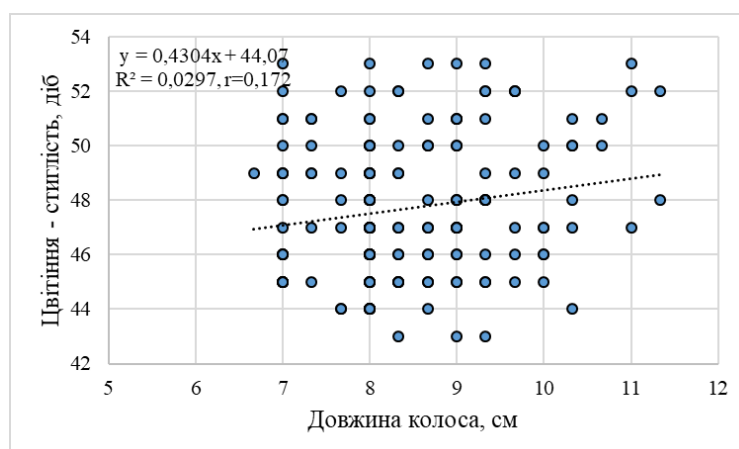


Рис. 1. Кореляційно-регресійна модель загального масиву залежності міжфазного періоду цвітіння-стиглість і довжини колоса у селекційних ліній пшениці м'якої озимої (середнє за 2018–2020 рр.)

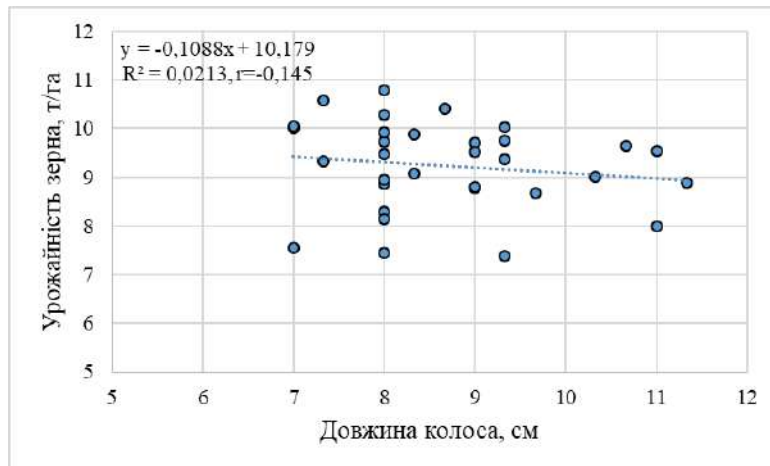


Рис. 2. Кореляційно-регресійна модель залежності міжфазного періоду цвітіння-стиглість і довжини колоса у лінії з гібридної популяції Кф5-16/Ледя

максимальних результатів за тривалості періоду цвітіння-стиглість 51–53 діб. Однак така залежність далеко не функціональна і зустрічались довгоколосі генотипи з короткою тривалістю репродуктивної фази вегетації – до 48 діб.

Тип кореляції між довжиною колоса і тривалістю міжфазного періоду цвітіння-стиглість носив виключно популяційно-генотиповий характер. Так, у ліній, що були отримані з популяції Кошова / Кф2-16 залежність між цими ознаками практично була відсутня (рис. 3). Довгоколосі генотипи переважно були серед середньостиглих зразків з тривалістю періоду цвітіння-стиглість 45...47 діб. Довжина колоса у них становила 10,0...10,5 см, що було значно менше, ніж у раніше розглянутих ліній з популяції Кф5-16/Ледя – 11,0...11,5 см.

Спостерігались гібридні популяції, індивідуальні добори з яких за довжиною колоса призводили до скорочення тривалості періоду цвітіння-стиглість (рис. 4). Коефіцієнт кореляції між цими ознаками становив $-0,252$. Довжина колоса з показником відносної довгоколосості (9...11 см) була у переважній кількості ліній з нетривалим періодом репродуктивного органогенезу.

Виходячи з вищевикладеного, проведення візуальних індивідуальних доборів за довжиною колоса, як ознакою з найбільш простим ранжуванням гібридної популяції без додаткового обладнання, необхідно враховувати можливі кореляції між довжиною колоса та тривалістю міжфазного періоду «цвітіння-стиглість». Для умов зрошення можливо використовувати гібридні популяції в яких зафіксована додатна кореляція між довжиною колоса (як візуальною ознакою на підвищення урожайності) та тривалістю репродуктивного міжфазного періоду цвітіння-стиглість (Кф2-16/Херсонська безоста, Кф5-16/Ледя).

Для посушливих умов, а також для агроекологічних умов з обмеженою тривалістю вегетації рослин пшениці озимої (північні регіони України) бажано використовувати для доборів гібридні популяції з від'ємними кореляціями між довжиною колоса та тривалістю міжфазного періоду «цвітіння-стиглість» (Кф2-16/Овідій, Кошова/Кф2-16).

Незважаючи на селекційний досвід доборів на урожайність за довжиною колоса пшениці м'якої озимої та контролю сортових якостей [8, 9, 10], в наших дослі-

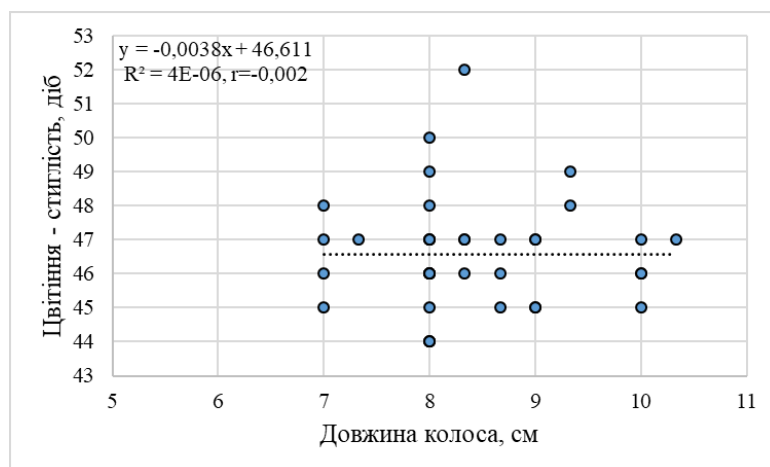


Рис. 3. Кореляційно-регресійна модель залежності міжфазного періоду цвітіння-стиглість і довжини колоса у лінії з гібридної популяції Кошова / Кф2-16

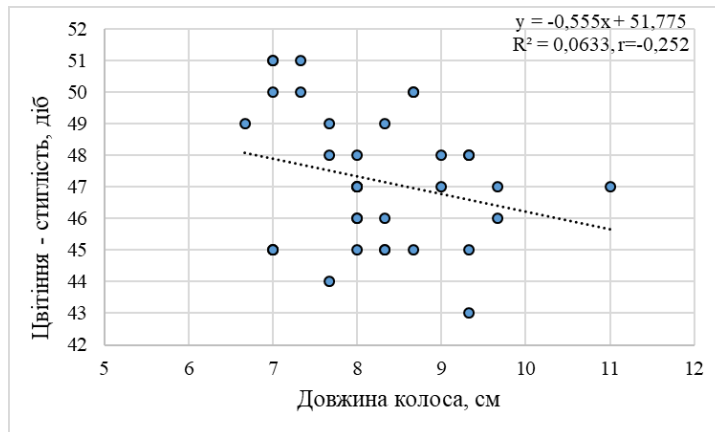


Рис. 4. Кореляційно-регресійна модель залежності міжфазного періоду цвітіння-стиглість і довжини колоса у лінії з гібридної популяції Кф2-16/Овідій

дженнях кореляція між урожайністю зерна ліній та довжиною колоса в загальній матриці усіх гібридних ліній була незначною, але від'ємною (рис. 5).

Коефіцієнт кореляції становив $r = -0,035$. Такі результати кореляційного аналізу вказують на певні

можливі похибки при проведенні індивідуальних доборів. Якщо розглянути залежності в окремих групах ліній (сімей) з конкретних гібридних популяцій, то взагалі виникає сумніви в орієнтації доборів за довжиною колосу (рис. 6).

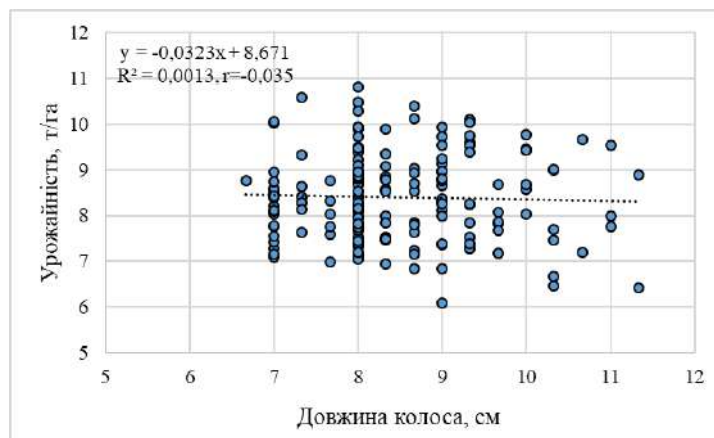


Рис. 5. Кореляційно-регресійна модель загального масиву залежності урожайності зерна і довжини колоса (середнє за 2018–2020 рр.)

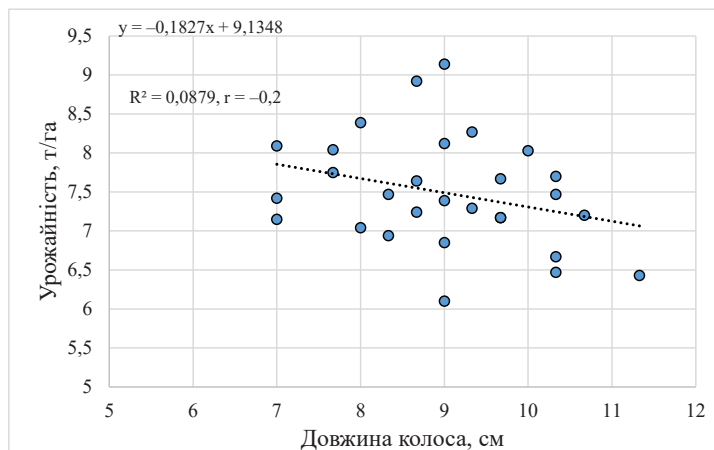


Рис. 6. Кореляційно-регресійна модель залежності урожайності зерна і довжини колоса у лінії з гібридної популяції Кф4-16/Овідій

Коефіцієнт кореляції у ліній відібраних з гібридної популяції Кф4-16/Овідій становив $r = -0,296$, що взагалі унеможливило використання при візуальних індивідуальних доборах на продуктивність такого показника як довжина колоса. За більш детального аналізу батьківських компонентів було встановлено, що ці зразки (Кф4-16, Овідій) мають достатньо довгий колос 10...12 см та високу щільність колосків. Тому при доборах на урожайність в популяціях, що створені за таким принципом, основну увагу необхідно звертати на щільність колоса поряд з довжиною.

Проте, у більшості вихідних для доборів гібридних популяцій спостерігаються достатньо висока кореляція довжини колоса та урожайності зерна (рис. 7).

Так у гібридних популяціях Кошова/Кф2-16, Кошова/Херсонська безоста коефіцієнт кореляції становив 0,211...0,358, що дає перспективу ефективно проводити добори на урожайність за довжиною колоса. Тому при проведенні доборів на продуктивність в гібридних популяціях необхідно враховувати походження кросів, особливості батьківських компонентів, структуру колоса.

Проведення оцінок відібраних сімей за довжиною колоса, термінами проходження репродуктивних фаз розвитку та урожайності зерна в селекційних розсадниках дозволили з'ясувати рівень зв'язків окремих ознак

та визначити найбільш вагомі маркерні для проведення доборів та корегування моделі сорту.

Аналіз мінливостей окремих морфологічних, господарських та вегетаційних ознак в кожній гібридній популяції, що створена за участі контрастних батьківських форм, можуть бути певні специфічні оптимуми прояву кількісних ознак, що відповідають за формування урожайності зерна майбутніх сортів пшениці м'якої озимої, тому при доборах на високу урожайність зерна необхідно враховувати параметри оптимальних ознак, що визначаються доборами, починаючи з F2 з наступним кореляційним аналізом в селекційних розсадниках (табл. 2). Добори на урожайність за довжиною колосу необхідно проводити з урахуванням кореляцій з тривалістю з тривалістю репродукційної фази розвитку та щільності колосу.

Висновки. Проведення оцінок відібраних сімей за довжиною колоса рослин в гібридних популяціях пшениці м'якої озимої, термінами проходження фаз розвитку та урожайністю зерна в селекційних розсадниках дозволили з'ясувати рівень зв'язків окремих ознак та визначити найбільш вагомі маркерні для проведення доборів та корегування моделі сорту.

У проаналізованих доборах з гібридних популяцій проведення доборів за довжиною колоса може

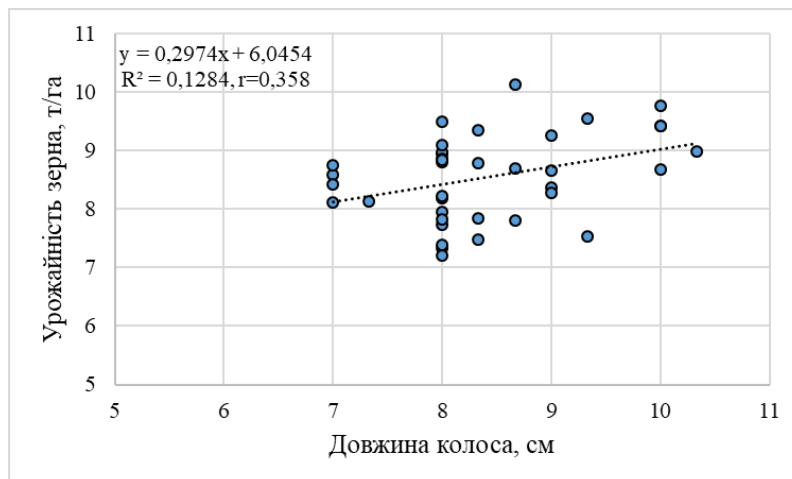


Рис. 7. Кореляційно-регресійна модель залежності урожайності зерна і довжини колоса у ліній з гібридної популяції Кошова/Кф2-16

Таблиця 2

Параметри оптимуму довжини колоса елітних сімей та кореляція її з урожайністю та тривалістю репродукційною фазою в гібридних популяціях пшениці озимої в умовах зрошення

Педігрі гібриду	Показники, min...max			
	Довжина колоса, см	Кореляція довжини колоса з урожайністю, r	Кореляція довжини колоса з періодом «цвітіння–стиглість», r	Прогнозована урожайність зерна, т/га
Кошова / Кф 2-16	8,7...10,4	0,358	-0,002	9,5...10,2
Кф5-16 / Леда	7,8...8,9	-0,145	0,219	9,7...10,9
Кф2-16 / Овідій	8,0...9,4	-0,026	-0,252	9,5...9,9
Кф2-16 / Херсонск. б.о.	7,9...9,5	0,211	0,096	9,9...10,5
Кф4-16 / Овідій	8,9...9,3	0,296	0,177	9,0...9,7

приводити як до підвищення урожайності, так і її зменшення. Визначення напрямів добору та маркерної ознаки необхідно корегувати відносно генотипового походження гібридної популяції, що створена з використанням пізньостиглих компонентів західноєвропейського походження. При доборах за довжиною колоса необхідно враховувати щільність колоса.

У більшості гібридних популяцій все ж таки спостерігалась позитивна слабка залежність подовження тривалості терміну формування та наливу зернівки з урожайністю зерна, що передбачає перспективність доборів на подовження тривалості вегетації в умовах зрошення. Для посушливих умов доцільність доборів за довжиною колоса та подовженою тривалістю репродукційної фази розвитку не підтверджена.

Для кожної гібридної популяції, що створена за участі контрастних за висотою і тривалістю вегетації батьківських компонентів необхідно розробляти специфічний план доборів з урахуванням внутрішньопопуляційних кореляційних залежностей маркерних та результативних ознак.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гадзало Я.М., Гладій М.В., Саблук П.Т., Лузан Ю.Я. *Розвиток аграрної сфери економіки в умовах децентралізації управління в Україні*. К.: Аграрна наука, 2018. 328 с.
2. Орлюк А. П. *Теоретичні основи селекції рослин*. Херсон : Айлант, 2008. 517 с.
3. Лифенко С.П., Єриняк М.І., Наконечний М.Ю., Подуст Ю.І., Шпикуляк Є.А. Пшениця м'яка озима: особливості вирощування та сортового контролю добазового і базового насіння. *Насінництво*. 2012. № 10. С. 2–5.
4. Заєць С.О., Фундират К.С., Онуфран Л.І. Елементи структури продуктивності сортів тритикале озимого та їх вплив на врожайність кондиційного насіння. *Зрошуване землеробство*. 2020. Вип. 73. 161–167. DOI: <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2020.73.32>
5. Кириленко В.В., Дубовик Н.С., Гуменюк О.В., Вологдіна Г.Б., Лось Р.М., Дубовик Д.Ю. Селекція пшениці м'якої озимої за використання пшенично-житніх транслокацій в умовах центрального Лісостепу. Київ : Компрінт, 2021. 221 с.
6. Бурденюк-Тарасевич Л.А., Лозінський М.В. Формування довжини головного колоса в ліній пшениці озимої різного еколого-географічного походження. *Агробіологія*. 2013. № 11(104). С. 30–33.
7. Жук О.І. Репродуктивна здатність рослин пшениці м'якої озимої за умов посухи. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2019. Том 24. С. 86–91. <https://doi.org/10.7124.FEEO.v24.1084>
8. Литвиненко М.А., Литвиненко Д.М., Щербина З.В. Схеми добазового насінництва залежно від рівня гетерогенності сортів пшениці м'якої озимої. *Зрошуване землеробство*. 2019. Вип. 71. 161–167. DOI: <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2019.71.35>
9. Морфологічні ознаки сільськогосподарських культур для визначення відмінності, однорідності та стабільності сортів рослин. *Охорона прав на сорти рослин: офіційний бюлетень*. Київ. 2006. №1, ч. 3. С. 6–15.
10. Чеботар Г.О., Моцний І.І., Кульбіда М.П., Чеботар С.В. Вплив генів короткостебловості на варіацію ознак ліній м'якої озимої пшениці. *Вісник Харківського націо-*

нального університету імені В.Н. Каразіна. Серія: біологія. 2013. Вип. 17, № 1056. С. 95–102.

11. Стельмах А.Ф., Файт В.І. Особливості темпів початкового розвитку нових європейських сортів озимої пшениці м'якої у зв'язку з системами генів *VRN-1* та *VRD*. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2019. Том 24. С. 166–171. <https://doi.org/10.7124.FEEO.v24.1095>

12. Моргун В.В., Якимчук Р.А. Індукування селекційно-цінних мутацій у *Triticum aestivum* L. за дії фізичних і хімічних мутагенних чинників навколишнього середовища. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2019. Том 24. С. 127–132. <https://doi.org/10.7124.FEEO.v24.1091>

13. Василюк П.М., Гринів С.М., Каражбей Г.М., Улич Л. І., Камінська Л. В. Наукове обґрунтування стабільності прояву морфологічних ознак пшениці м'якої (*Triticum aestivum* L.) при проведенні кваліфікаційної експертизи на ВОС. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2012. № 1. С. 36–39.

14. Жупина А.Ю., Базалій Г.Г., Усик Л.О., Марченко Т.Ю., Лавриненко Ю.О. Успадкування висоти рослин гібридами пшениці озимої різного еколого-генетичного походження в умовах зрошення. *Аграрні інновації*. 2021. № 10. С. 122–129. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.10.19>

15. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях. Вожегова Р.А., Малярчук М.П. та ін. Херсон : Грін Д.С., 2014. 286 с.

16. Василенко Т., Бондарева О., Коробова О. Селекція озимої пшениці в умовах південно-східного Степу України. *Вісник Львівського НАУ*. 2018. № 22(1). С. 188–194.

REFERENCES:

1. Gadzalo, Y.M., Gladyy, M.V., Sabluk, P.T., & Luzan, Yu.Ya. (2018). *Rozvytok aharnoi sfery ekonomiky v umovakh detsentralizatsii upravlinnia v Ukraini [Development of the agr sphere of the economy in the conditions of decentralization of management in Ukraine]*. Kyiv: Agrarian Science [in Ukrainian].
2. Orliuk, A.P. (2008). *Teoretychni osnovy selektsii roslyn [Theoretical foundations of plant breeding]*. Kherson: Aylant [in Ukrainian].
3. Lifenko, S.P., Erinyak, M.I., Nakonechny, M.Yu., Podust, Y.I., & Shpykulyak, E.A. (2012). Pshenytsia miaka ozyma: osoblyvosti vyroshchuvannia ta sortovoho kontroliu dobazovoho i bazovoho nasinnia [Soft winter wheat: features of cultivation and varietal control of extra and basic seeds]. *Nasynnytstvo – Seed production*, 10, 2–5 [in Ukrainian].
4. Zaiets, S.O., Fundyrat, K.S., & Onufrun, L.I. (2020). Elementy struktury produktyvnosti sortiv trytykale ozymoho ta yikh vplyv na vrozhaunist kondytsiinoho nasinnia [Elements of the structure of productivity of winter triticale varieties and their influence on the yield of conditioned seeds]. *Zroshuvane zemlerobstvo – Irrigation agriculture*, 73, 161–167. DOI <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2020.73.32> [in Ukrainian].
5. Kyrylenko, V.V., Dubovyk, N.S., Humeniuk, O.V., Volohdina, H.B., Los, R.M., & Dubovyk, D.Iu. (2021). Seleksiia pshenytsi miakoi ozymoi za vykorystannia pshenychno-zhytnikh translokatsii v umovakh tsentralnoho [Selection of soft winter wheat using wheat-rye translocations in the Central Forest-Steppe Lisostepu]. Kyiv, 221 [in Ukrainian].

6. Burdeniuk-Tarasevych, L.A., & Lozinskyi, M.V. (2013). Formuvannia dovzhyny holovnoho kolosa v linii pshenytsi ozymoi riznoho ekoloho-heohrafichnoho pokhodzhennia [Formation of the length of the main ear in the line of winter wheat of different ecological and geographical origin]. *Agrobiology – Ahrobiolohiia*, 11(104), 30–33 [in Ukrainian].
7. Zhuk, O.I. & Beetle, O.I. (2019). Reproduktyvna zdatsnist roslyn pshenytsi miakoi ozymoi za umov posukhy [Reproductive capacity of soft winter wheat plants in drought conditions]. *Factors of experimental evolution of organisms – Faktory eksperymentalnoi evoliutsii orhanizmv*, 24, 86–91. <https://doi.org/10.7124.FEEO.v24.1084> [in Ukrainian].
8. Lytvynenko, M.A., Lytvynenko, D.M., & Shcherbyna, Z.V. (2019). Skhemy dobazovoho nasinnytstva zalezno vid rivnia heterohennosti sortiv pshenytsi miakoi ozymoi [Additional seed production schemes depending on the level of heterogeneity of soft winter wheat varieties]. *Zroshuvane zemlerobstvo – Irrigation agriculture*, 71, 161–167. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2019.71.35> [in Ukrainian].
9. Morfolohichni oznaky silskohospodarskykh kultur dlia vyznachennia vidminnosti, odnoridnosti ta stabilnosti sortiv roslyn (2006). [Morphological characteristics of agricultural crops to determine the difference, homogeneity and stability of plant varieties]. *Protection of plant variety rights: official bulletin – Okhorona prav na sorty roslyn: ofitsiyni biuleten*. 1(3), 6–15 [in Ukrainian].
10. Chebotar, H.O., Motsnyi, I.I., Kulbida, M.P. & Chebotar, S.V. (2013). Vplyv heniv korotkosteblovosti na variatsiiu oznak linii miakoi ozymoi pshenytsi [Influence of short-stem genes on the variation of soft winter wheat lines]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V.N. Karazina. Seriya: biolohiia – Bulletin of Kharkiv National University named after V.N. Karazina. Series: Biology*, 17(1056), 95–102 [in Ukrainian].
11. Stelmakh, A.F., & Fait, V.I. (2019). Osoblyvosti tempiv pochatkovoho rozvytku novykh yevropeiskykh sortiv ozymoi pshenytsi miakoi u zviazku z systemamy heniv VRN-1 ta VRD [Features of the rate of initial development of new European varieties of soft winter wheat in connection with the VRN-1 and VRD gene systems]. *Factors of experimental evolution of organisms – Faktory eksperymentalnoi evoliutsii orhanizmv*, 24, 166–171. <https://doi.org/10.7124.FEEO.v24.1095> [in Ukrainian].
12. Morgun, V.V., & Yakimchuk, R.A. (2019). Induction of selection-valuable mutations in *Triticum aestivum* L. Under the action of physical and chemical mutagenic environmental factors [Indukuvannia selektsiino-tsinnnykh mutatsii u *Triticum aestivum* L. za dii fizychnykh i khimichnykh mutahennykh chynnykiv navkolyshnoho seredovyscha]. *Factors of experimental evolution of organisms. – Faktory eksperymentalnoi evoliutsii orhanizmv*, 24, 127–132. <https://doi.org/10.7124.feeo.v24.1091> [in Ukrainian].
13. Vasyliuk, P.M., Hryniv, S.M., Karazhbei, H.M., Ulych, L.I., & Kaminska, L.V. (2012). Naukove obgruntuvannia stabilnosti proiavu morfolohichnykh oznak pshenytsi miakoi (*Triticum aestivum* L.) pry provedenni kvalifikatsiinoi ekspertyzy na VOS [Scientific substantiation of the stability of the manifestation of morphological features of soft wheat (*Triticum aestivum* L.) during the qualification examination at the VOS]. *Sortovyvchennia ta okhorona prav na sorty roslyn – Variety research and protection of plant variety rights*, 1, 36–39 [in Ukrainian].
14. Zhupyna, A.Iu., Bazalii, H.H., Usyk, L.O., Marchenko, T.Iu., & Lavrynenko, Yu.O. (2021). Uspadkuvannia vysoty roslyn hibrydamy pshenytsi ozymoi riznoho ekoloho henetychnoho pokhodzhennia v umovakh zroshennia [Inheritance of plant height by winter wheat hybrids of different ecological genetic origin under irrigation conditions]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian innovations*, 10, 122–129. <https://doi.org/10.32848/agar.innov.2021.10.19> [in Ukrainian].
15. Vozhehova, R.A., & Maliaruk, M.P., et al. (2014). Metodyka polovykh i laboratornykh doslidzhen na zroshuvanykh zemliakh [Methods of field and laboratory research on irrigated lands]. Kherson: Hrin D. S., 286 [in Ukrainian].
16. Vasylenko, T., Bondareva, O., & Korobova, O. (2018). Seleksiia ozymoi pshenytsi v umovakh pivdenno-skhidnoho Stepu Ukrainy [Breeding of winter wheat in the conditions of the south-eastern steppe of Ukraine]. *Naukovyi zhurnal Visnyk Lvivskoho NAU – Bulletin of Lviv NAU*, 22(1), 188–194 [in Ukrainian].

Жупина А.Ю., Базалій Г.Г., Усик Л.О., Марченко Т.Ю., Лавриненко Ю.О. Успадкування довжини колоса гібридами пшениці озимої різного еколого-генетичного походження в умовах зрошення

Мета. Встановити характер успадкування ознаки «довжина колоса рослин», тривалість періоду «цвітіння – стиглість» у гібридів пшениці озимої, створених з залученням пізньостиглих зразків західноєвропейського еко типу. Встановити кореляції цих показників з урожайністю зерна дібраних сімей. **Методи.** Польові дослідження проведені в Інституті зрошуваного землеробства НААН у 2016–2021 рр. Об'єктом досліджень були сучасні сорти пшениці озимої селекції Інституту, колекційні зразки західноєвропейського еко типу, що були інтродуковані з Франції та гібриди створені за їх участі. Сорти та гібриди висівались при зрошенні схемою «материнська форма, батьківська, гібрид». **Методи** – польові, лабораторні, селекційно-генетичні, статистичні. **Результати досліджень.** Представлені результати досліджень успадкування довжини колоса гібридами пшениці озимої, що створені за участі контрастних за еколого-генетичним походженням сортів. Детермінація довжини колоса рослинами F_1 та F_2 пшениці м'якої озимої, створеними за участі різних еко типів, мала різноманітний характер. За схрещування альтернативних батьківських форм у більшості спостерігалось проміжне успадкування і частково домінування ознаки. Аналіз мінливості окремих морфологічних, господарських та вегетаційних ознак в кожній гібридній популяції, що створена за участі контрастних батьківських форм, можуть бути певні специфічні оптимуми прояву кількісних ознак, що відповідають за формування урожайності зерна майбутніх сортів пшениці м'якої озимої. При доборах на високу урожайність зерна необхідно враховувати параметри оптимальних ознак, що визначаються доборами, починаючи з F_2 з наступним кореляційним аналізом в селекційних розсадниках. Кореляція довжини колоса з урожайністю зерна селекційних ліній становила від $-0,145$ до $0,358$ залежно від комбінації схрещування. Добори на урожайність за довжиною колосу та тривалістю репродуктивної фази розвитку необхідно проводити з урахуванням кореляцій з тривалістю репродукційної фази розвитку та щільності колосу. Проведення оцінок відібраних сімей за довжиною

колоса, термінами проходження фаз розвитку та урожайністю зерна в селекційних розсадниках дозволили з'ясувати рівень зв'язків окремих ознак та визначити найбільш вагомі маркерні для проведення доборів та корегування моделі сорту. **Висновки.** У з гібридних популяціях різного походження проведення доборів за довжиною колоса може призводити як до підвищення урожайності, так і її зменшення. Визначення напрямів добору та маркерної ознаки необхідно корегувати відносно генотипового походження гібридної популяції, що створена з використанням пізньостиглих компонентів західноєвропейського походження. При доборах за довжиною колоса необхідно враховувати щільність колоса. У більшості гібридних популяцій спостерігалась позитивна, слабка залежність подовження тривалості терміну формування та наливу зернівки з урожайністю зерна, що передбачає перспективність доборів на подовження тривалості вегетації в умовах зрощення. Для кожної гібридної популяції, що створена за участі контрастних за тривалістю вегетації батьківських компонентів необхідно розробляти специфічний план доборів з урахуванням внутрішньопопуляційних кореляційних залежностей маркерних та результативних ознак.

Ключові слова: сорти, гібриди, пшениця, зрощення, селекція, урожайність, довжина колоса, скоростиглість.

Zhupina A.Yu., Bazaliy G.G., Usyk L.O., Marchenko T.Yu., Lavrynenko Yu.O. Inheritance of ear length by winter wheat hybrids of different ecological and genetic origin under irrigation conditions

Purpose. To establish the nature of the inheritance of the trait "ear length of plants", the duration of the period of "flowering – maturity" in hybrids of winter wheat, created with the involvement of late-maturing specimens of Western European ecotype. Establish correlations of these indicators with grain yield of selected families.

Methods. Field research was conducted at the Institute of Irrigated Agriculture of NAAS in 2016–2021. The object of research were modern varieties of winter wheat of the Institute, collection samples of Western European ecotype, which were introduced from France and hybrids created with their participation. Varieties and hybrids were sown under irrigation by the scheme "maternal form, paternal, hybrid". Methods – field, laboratory, breeding and genetic, statistical. **Results.** The results of research on the inheritance of ear length by winter wheat hybrids, created with the participation of contrasting varieties

of ecological and genetic origin, are presented. The determination of ear length by F1 and F2 plants of soft winter wheat, created with the participation of different ecotypes, was of different nature. Interbreeding and partial dominance of the trait were mostly observed during the crossing of alternative parental forms. Analysis of the variability of individual morphological, economic and vegetative traits in each hybrid population, created with the participation of contrasting parental forms, may be certain specific optimums of quantitative traits responsible for the formation of grain yields of future varieties of soft winter wheat. When selecting for high grain yield, it is necessary to take into account the parameters of optimal traits determined by selections, starting with F2, followed by correlation analysis in breeding nurseries. Correlation of ear length with grain yield of selection lines ranged from -0.145 to 0.358 depending on the combination of crossing. Selections for yield by ear length and duration of the reproductive phase of development should be carried out taking into account correlations with the duration of the reproductive phase of development and ear density. Evaluation of selected families by ear length, timing of development phases and grain yield in breeding nurseries allowed to determine the level of relationships of individual traits and determine the most important markers for selection and adjustment of the variety model. **Conclusions.** In hybrid populations of different origins, the selection of the length of the ear can lead to both increased yield and decrease. The definition of selection and marker traits needs to be adjusted for the genotypic origin of the hybrid population, which was created using late-maturing components of Western European origin. When selecting the length of the ear, it is necessary to take into account the density of the ear. In most hybrid populations there was a positive, weak relationship between the extension of the duration of formation and filling of grain with grain yield, which suggests the prospects of selection to extend the duration of vegetation under irrigation. For each hybrid population, created with the participation of contrasting in the duration of the growing season parent components, it is necessary to develop a specific selection plan taking into account the intrapopulation correlations of marker and performance traits.

Key words: varieties, hybrids, wheat, irrigation, selection, yield, ear length, precocity.

ШКОДОЧИННІ ОРГАНІЗМИ ФУНДУКА В ЗАКАРПАТТІ

САВІНА О.І. – доктор сільськогосподарських наук
orcid.org/000-0003-1017-412X

Ужгородський національний університет

ШЕЙДИК К.А. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0002-5249-2372

Ужгородський національний університет

СИМОЧКО В.В. – кандидат біологічних наук
orcid.org/0000-0002-2557-8621

Ужгородський національний університет

ГЛЮДЗИК-ШЕМОТА М.Ю. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0001-7937-6489

Ужгородський національний університет

ЦВІГУН Д.І. – аспірант
orcid.org/0000-0001-5950-9782

Ужгородський національний університет

ДУДКІН Д.О. – аспірант
orcid.org/0000-0002-6920-9086

Ужгородський національний університет

Постановка проблеми. В Україні фундуку шкодить не так багато шкідників і хвороб. Серед найбільш шкодочинних виділяється ліщинова попелиця (листя і пагонам), плямистості, і горіховий довгоносик (плодам), травневий хрущ (молоді корені). З-поміж хвороб значні ураження спричиняє збудник борошністої роси, дещо менші – збудники плямистості листя та плодової гнилі. Це пояснюється тим, що до тепер його розведення у нашій країні перебувало на аматорському рівні, великих промислових насаджень зафіксовано лише за останні п'ять років. Однак зі зростанням площ і запровадженням високопродуктивних сортів збільшуватиметься ризик поширення основних шкідників та збудників хвороб. Тому до можливих ризиків слід готуватися заздалегідь. На основі літературних даних та власних спостережень ідентифіковано основні збудники хвороб і шкідників представників роду *Corylus L.* в умовах Закарпатської області. Встановлено їх біологічні особливості та видові і штамові різноманіття. Масштаби площ під фундуком зростають і з кожним роком набирають все більшого поширення, то відповідно збільшується і кількість шкідників та хвороб, які завдають великої шкоди молодим пагонам та плодам. Біологічні особливості шкідників фундука і ліщини та способи захисту від них у нашій країні вивчало чимало вчених [1, 2, 4–6]. Для Закарпатської зони плідництва крім горіхового довгоносика характерними шкідниками є горіховий трубноверт та горіхова сережкова галиця, однак особливої уваги на них не звертають, а найбільшого значення надають розроблених системах захисту саме довгоносику – *Balaninus nucum*, що є синонімом *Curculium nucum* [2, 3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Згідно досліджень О. Ментух [7] найбільш небезпечними шкідниками фундука є – горіховий довгоносик, бруньковий кліщ, ліщинова вовнянка та гризуни. Щодо хвороб – то це сіра та плодова гнилі й антракноз. Моргун

О. В. в своїх працях [8] зазначає, що найбільш шкідливим для насаджень фундука в період виконуваних ним досліджень виявився горіховий довгоносик. У роботі І. С. Косенка зі співавторами [2, 3, 6] приділяється значна увага не тільки горіховому довгоносику, а й двом видам попелиць, борошністої росі, плямистості листків та плодової гнилі, наведено також дані про ураження даної культури вірусом яблуневої мозаїки. Наразі видовий склад збудників хвороб і шкідників рослин вирощуваних в Україні представників роду *Corylus* недостатньо вивчено, що й спонукало проведення спеціальних досліджень в умовах виробничих посадок інтродукованими сортами фундука Тонда ді Джиффоні та Мортарелла, де вирощується моносорти цієї рослини майже на всіх виробничих площах низинної та передгірської частини Закарпатської області.

Мета статті. Метою досліджень було моніторинг поширення шкідників і хвороб на фундуку та підлісках ліщини, встановлення вразливих фаз розвитку господаря та розвитку шкідників з метою встановлення строків проведення обмежувальних дій для зменшення шкодочинності. Для вирішення поставлених завдань встановлено особливості росту та плодоношення сортів фундука в умовах Закарпаття; залежність росту і продуктивності рослин фундука від впливу погодних факторів та шкодочинності шкідників і хвороб; моніторинг шкідників і хвороб на плантаціях фундука та виділення шкодочинних і відпрацювання системи захисту для обмеження розповсюдження.

Матеріали і методика проведення досліджень. Спостереження та обліки проводилися у відповідності до „Методики проведення польових досліджень з плодовими культурами” (Кондратенко П. В., Бублик М. О., 1996) та методики проведення експертизи на відмітність однорідність та стабільність горіхоплідних (Вовкодав, 2005). Моніторинг шкідників на агроценозах проводили згідно методики (В. П. Омелюти,

1986) та Б. М. Литвинова, 2005. Користувались прогнозом фітосанітарного стану агроценозів Закарпатської області на 2020–2021 роки.

У Закарпатській області майже всі сади закладено сортами інтродукованими з Італії, які необхідно добре вивчити на екологічну пластичність та стійкість до хвороб і шкідників.

Тонда Ді Джиффоні – (*lat. Tonda di Giffoni*), італійський сорт фундука, який є одним з найбільш врожайних різновидів, скоростиглий, є основним сортом найбільш розповсюдженим у Закарпатській області. Сорт відрізняється морозостійкістю, урожай збирають на початку вересня. Горіхи мають круглу форму, це важливо для подальшої обробки плодів, у пучку 3-5 горішків. Середня маса плоду 2,5 г (зі шкаралупою), вихід ядра 46%, маса ядра 1,6 г. Термін окупності 6 років.

Мортарелла – (*lat. Mortarella*), також італійський сорт фундука, який є найкращим запилювачем для висадки разом з Тонда Ді Джиффоні. Обидва сорти цвітуть і плодоносять в один період, а горіхи також мають схожу округлу форму. Середня маса плоду 2.17 г (зі шкаралупою), вихід ядра 45.6%, маса ядра 0,99 г [9, 10].

Дослідження проводили упродовж 2019–2021 рр. на базі виробничих насаджень висаджених весною 2017 року сортами Тонда ді Джиффоні та запилювач Мортарелла ТОВ СТОВ «Континент» на території Тур'є-Реметівської сільської ради за межами населеного пункту Перечинського району Закарпатської області. Територія господарства розташована у рівнинно-терасовій частині Закарпатської області в північній частині Перечинського району Закарпатської області. Висота над рівнем моря 188-198 м. Домінуючий напрям вітрів – північно-західний. Рельєф ділянки – рівнинно-пологіий. Район помірно-теплий – сума активних температур за період з середньою добовою температурою понад 10° становить більше 2700–2800°. Це місце достатньо захищене від холодних вітрів і має дуже сприятливі умови для денного прогрівання та нічного стікання повітря.

Середня температура повітря по регіону в липні дорівнює 20°C і більше, а січня лише -3°. Період з температурою понад 10° триває 162–195 днів, а з температурою понад 15° – 120–140 днів. Весняні приморозки закінчуються в середньому в двадцятих числах квітня, а перші осінні починаються 10-28 жовтня. Тривалість безморозного періоду, залежно від рельєфу, коливається в межах 162–193 днів.

Зволоженість регіону помірна, в окремі роки спостерігаються посухи. Протягом вегетаційного періоду з середньою добовою температурою повітря понад 10° випадає 380–460 мм опадів, що становить 66–75% їх річної кількості.

Для визначення видового складу шкідників і хвороб фундука та ліщини досліджували дорослі особини та личинки паразитів, а також зразки листя або бруньки з симптомами схожими на пошкодження певним шкідником або ураження збудником певної хвороби. Оглядали насадження протягом усього періоду вегетації рослин, так як різні шкідники або збудники хвороб мають свій певний період розвитку. Відібрані зразки упаковували в поліетиленові пакети з етикетками із зазначенням

виду чи сорту дерева, місця і дати відбору та направляли в лабораторію для ретельного аналізу та ідентифікації хвороби чи шкідника.

Результати досліджень. Внаслідок проведених обстежень дослідних, виробничих та лісових насаджень представників роду *Corylus* на території виявлено ряд шкідників та хвороб. Серед поширених шкідників сортових насаджень та підлісків ліщини виявлено 141 вид комах-фітофагів, які належать до 107 родів, 39 родин та 7 рядів. Ряди *Lepidoptera* та *Coleoptera* найбільш представлені як за кількістю видів 66 та 50, так і за кількістю родин: 17 та 10 відповідно. Ряди *Hemiptera*, *Homoptera*, *Hymenoptera*, *Orthoptera*, *Diptera* представлені 11, 6, 3, 3 та 1 видами відповідно. Поодинокі зустрічалися 115 видів, звичайно – 23, а масово – 3 на лісових масивах: ліщиновий довгоносик (*Curculio nucum* L.), п'ядуни зимовий (*Operophtera brumata* L.) та обдирало (*Erannia defoliaria* Cl.). Переважна більшість видів, що живляться на ліщині та фундуку є поліфагами. З комах-монофагів нами відмічено ліщинову (*Corylobium avellanae* Schrk) та горішникову (*Myzocallis coryli* Goeze) попелиці, горішникову стрічкоподібну міль-крихітку (*Stigmella flosactella* Haw.), горішникову сережкову галицю (*Contarinia corylina* F. Loew.), а з олігофагів – трубоккрута горішникового *Apoderus coryli* L. (*Attelabidae*), вусача ліщинового *Oberea linearis* L. (*Cerambycidae*), скритоголова горішникового *Cryptocephalus coryli* L., алтику горішникову *Haltica brevicollis* Foudr. (*Chrysomelidae*). Жуки ліщинового довгоносика (*Curculio nucum* L.) після виходу з місць зимівлі живляться на десятках різних порід, але додаткове живлення, яке необхідне для розвитку статевих продуктів, проходить лише на ліщині, а личинка розвивається лише в горіхах цієї рослини.

Листя фундука та ліщини пошкоджують 95 видів комах, корені – 10, гілки та стовбури – 8, генеративні органи – 2,26 видів може пошкоджувати різні органи фундука та ліщини – бруньки, листя, пагони, плюски та зав'язі. Найбільшу кількість видів комах виявлено на підліску ліщини лісових насаджень – 113 (80% від усіх видів), а найменшу – на плантації фундука в Ужгородському районі (39 видів, або 27%). У всіх досліджуваних екосистемах відмічено 19 видів (13%), лише у лісових насадженнях – 60 видів (42% від видів, що виявлено на всіх ділянках).

До хвороб фундука, які сильно уражають сорти в Закарпатській області відноситься борошниста роса. Збудником хвороби є гриб, що розвивається на верхній стороні пластинки листа у вигляді павутинової цвілі, після чого появляються чорні утворення. До гнилей стовбурів і гілок ліщини та фундука належать хвороби, що спричинює перезволоження: стовбурова гниль, біла гниль, біла змішана гниль гілок, біла периферична гниль гілок, усихання гілок (біла волокниста гниль), звичайний (європейський) рак, диплодіоз. Якщо раніше ці хвороби були поширені лише на різних видах ліщини, частіше у лісових насадженнях, то на сьогодні більшість із них стали виявлятися на промислових сортах фундука, Ураження культурних сортів фундука різними гнилями відбувається у зв'язку з інтенсивним розширенням промислових насаджень фундука в останні

роки. При обстеженні плантацій за вегетаційний період 2020 року відмічено також поодинокі прояви ураження пагонів другої хвилі фітофторозом верхівок із-за певного перезволоження у другій половині літа [7]. Гнилі плодів відмічено на початку липня, що також спровоковано перезволоженням із-за сильних опадів. Відмічено поодинокі кущі з ознаками бурої плямистості країв листків та хлороз верхівок пагонів другої хвилі росту. Також поширеним були ознаки потемніння плодів, що спричинило слабкий ріст або зовсім не зав'язувались плоди з формуванням пустих плодів із тусклим забарвленням шкарлупи. На ряд проявів вказаних вище хвороб необхідно буде звернути увагу на майбутнє з метою обмеження шкодочинності та збереження урожаю відповідної якості. З метою обмеження шкодочинності перелічених вище шкідників і хвороб у першу чергу слід звернути особливу увагу на екологічні аспекти і лише у другу – профілактичні та обмежувальні заходи із застосуванням пестицидів. Для закладання саду потрібно використовувати лише здоровий садивний матеріал. Під час викопування саджанців у розсаднику ретельно оглядати кореневу систему та застосовувати інсектицидні бовтушки з метою зниження шкоди ґрунтових шкідників. У разі виявлення ознак різних гнилей, а також вірусних та фітоплазмозних захворювань на головному та бічних коренях або кореневій шийці саджанців рослини вибраковують і знищують. Під час проектування промислових насаджень фундука слід брати до уваги рельєф місцевості, експозиції схилу, тип ґрунту, вміст у ньому кальцію, глибину залягання ґрунтових вод та інші агроекологічні умови, які суттєво впливають на ріст і розвиток дерев, на їх стійкість до хвороб та інших стресових чинників. Потрібно суворо дотримуватися рекомендованої густоти садіння саджанців, за якої рослини отримують хорошу освітленість та вільний рух повітря між ними, утримувати ґрунт у пухкому стані, а у молодому віці використовувати різну мульчу.

Серед шкодочинних шкідників відмічено короїда, який завдає значної шкоди гілкам обох сортів. Тому пошкоджені гілки приходиться видаляти, що затримує формування куща і плантація ще не ввійшла у плодоношення. Загальний вигляд пошкодженої гілки наведено на рис. 1.

Пошкоджені гілки відстають в рості, листки жовтіють і до осені підсихають. Даний шкідник дуже шкодочинний



Рис. 1. Пошкодження гілок фундука короїдом на заплавлених ділянках (фото автора)

і на нашу думку є вагомою причиною зниження продуктивності плантації. З метою ідентифікації шкодочинних хвороб і шкідників зразки були відправлені в лабораторію для обстеження та ідентифікації інфекцій, яка спричинює пожовтіння листя, повільний ріст та відсутність плодоношення на 3–4 рік.

Симптоматика: загальний вигляд частин досліджуваних рослин (рис. 2).

Частина кореневої системи. Забарвлення місцями з потемнінням, на зрізах із потемніннями судинної системи різного ступеню інтенсивності (рис. 3).

Такий стан кореневої системи свідчить про весняне затоплення плантації та вигнивання кореневої системи. Також відмічено сліди інших видів гнилей кореня, що перешкоджає відновленню молодих кореневих волосків та появу порослі для формування куща з 4-6 плодоносних гілок першого порядку.

Пагони. Форма – типова для культури. Окремі пагони повністю з усиханням на кінчиках (рис. 4).

На пагонах виявлено масові механічні ушкодження пагонів у вигляді глибоких розтріскувань по всій довжині. В місцях ушкоджень кора відшаровується. Пагони при механічному впливі легко ламаються (рис. 5).

На зрізах окремі пагони, переважно старі, з потемнінням судинної системи різного ступеню інтенсивності (рис. 6).

Листковий апарат. Форма та розміри – типові для культури. Забарвлення хлоротичне, місцями з частковим або повним пожовтінням та всиханням листової пластинки (рис. 7).

Деякі листки з втратою тургору, при механічному впливі листки не опадають (рис. 8).

Окремі листки по краях листової пластинки неправильної форми плями коричневого кольору з сухою структурою (рис. 9).

На окремих листках на поверхні листової пластинки, виявлено дрібні округлі форми плями сухої структури, які мають масове розповсюдження (рис. 10).

Мікологічні дослідження: помістивши частини досліджуваних рослин на поживні середовища та у вологу камеру, на сьому добу при мікроскопуванні виявлено розвиток наступних фітопатогенних грибів (табл. 1).

Частини досліджуваних рослин на 7 добу після закладання у вологу камеру (рис. 11).



Рис. 2. Суцільний вигляд зразків, направлених на обстеження (фото автора)



Рис. 3. Загальний стан кореневої системи пошкоджених кущів фундука, направлених на обстеження (фото автора)



Рис. 4. Характерні тріщини молодих пагонів після градобою (фото автора)



Рис. 5. Тріщини і почорніння на гілках 2–3 року вегетації (фото автора)



Рис. 6. Зрізи на старших гілках та характерні ураження листків упродовж вегетації (фото автора)



Рис. 7. Симптоми ураження верхівок проростів хворобами (фото автора)



Рис. 8. Характерні градобійні пробіони молодих листків та проростів (фото автора)



Рис. 9. Градобійні травми нижніх листків (фото автора)



Рис. 10. Аналіз корінців, пагонів та гілок на наявність хвороб і кідників (фото автора)

Таблиця 1

Ідентифікація патогенів на зразках лабораторним методом

Патоген	№ рис.	Назва хвороби	Інтенсивність розвитку	Місце виявлення
<i>Fusarium oxysporum</i> Schldtl.	11	Фузаріоз	Слабка	Поверхня кореневої системи, пагонів
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	12	Альтернаріозна плямистість листя	Сильна	Поверхня листового апарату
<i>Phyllosticta corylaria</i> Sacc.	12	Філостіктоз, бура плямистість листя	Сильна	Поверхня листового апарату
<i>Discosia</i> sp.	12	Плямистість листя	Сильна	Поверхня листового апарату

Таким чином фахівцями лабораторії рекомендовано провести ряд захисних заходів: проти збудників плямистостей листового апарату провести обробку препаратом «Кустодія» (тебуконазол, 200 г/л + азоксистробін, 120 г/л) в дозі 1,0 л/га. Через 10 діб виконати обробку по листку препаратом «Чемпіон» (гідроксид міді, 770 г/кг) в дозі 2,5 кг/га.

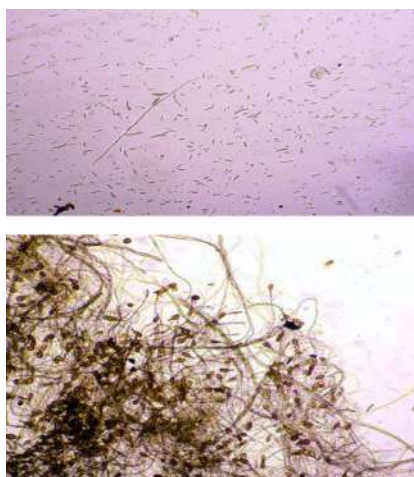


Рис. 11. Лабораторне підтвердження розвитку фузаріозу (*Fusarium oxysporum* Schldtl.) слабе на поверхні кореневої системи та молодих пагонів; альтернаріозна плямистість листя (*Alternaria alternata* (Fr.) Keissl.) сильний прояв на поверхні листового апарату (фото автора)



Рис. 12. Лабораторне обстеження і прояв філостіктозу, бура плямистість листя (*Phyllosticta corylaria* Sacc.) сильний прояв на поверхні листового апарату; плямистість листя (*Discosia* sp.) сильний прояв на поверхні листового апарату (фото автора)



Рис. 13. Обстеження плантації фундука в кінці вегетації, 2021 р. (фото автора)

Таблиця 2

Біометричні показники кущів фундука, 2021р.

№ п/п	Сорт	К-ть гілок у кущі	Висота крони, м	Діаметр крони, м		Об'єм крони, м ³	Діаметр штамба, см	Середня довжина пагонів, см
				вздовж ряду	впоперек ряду			
1.	Тонда ді Джиффоні	3–4	1,3	1,3	1,3	1,0	2,2	36
2.	Мортарелла	2–3	1,1	1,2	1,1	1,0	2,3	40
	НІР ₀₅		0,32	0,14	0,17	0,34	0,35	1,3

Найбільший середній діаметр штамба відмічено у середньорослого з найбільшим діаметром крони сортів – Тонда ді Джиффоні (1 см) та Мортарелла (1,2 см). Найбільшим середнім приростом характеризувався сорт Мортарелла, довжина приросту у 2021 році становила 40 см.

Висновки. На основі проведеного аналізу встановлено наступне:

1. Відмічено велику кількість шкочинних організмів, які можуть завдавати значної шкоди садам Закарпатської області. На фундуку та ліщині у лісових масивах виявлено 141 вид комах-фітофагів, які належать до 107 родів, 39 родин та 7 рядів. Ряди *Lepidoptera* та *Coleoptera* найбільш представлені, як за кількістю видів 66 та 51, так і за кількістю родин: 17 та 10 відповідно. Ряди *Hemiptera*, *Homoptera*, *Hymenoptera*, *Orthoptera*, *Diptera* представлені не багаточисельними видами.

2. Поодинокі зустрічалися 115 видів, звичайно – 23, а масово – 3 види: ліщиновий довгоносик, п'ядуни зимовий та обдирало. Переважна більшість видів, що живляться на ліщині та фундуку є поліфагами. З комах-монофагів відмічено ліщинову та горішникову попелиці, горішникову стрічкоподібну міль-крихітку, горішникову серезкову галицю, а з олігофагів – трубкокрута горішникового вусача ліщинового, скритоголова горішникового, алтику горішникові, жуки ліщинового довгоносика.

3. Листя фундука та ліщини пошкоджують 95 видів комах, корені – 10, гілки та стовбури – 8, генеративні органи – 2 види. 26 видів може пошкоджувати різні органи фундука та ліщини – бруньки, листя, пагони, плюски та зав'язі. Найбільшу кількість видів комах виявлено на підліску ліщини лісових насаджень – 113, а найменшу – на плантації фундука в Ужгородському районі (39 видів). У всіх досліджуваних екосистемах

відмічено 19 видів, лише у лісових насадженнях – 60 видів.

4. На ліщині у підлісках слід відмітити найбільше (26 видів) пошкоджує генеративні органи, 95 видів листки та 10 видів кореневу систему. За період проведення обліків на ліщині в умовах Березівського регіону встановлено значно менше видів (60 проти 113 у минулі роки). На культурних сортах фундука зустрічається значно менша кількість – 39 проти 19 видів, які відмічено у 2021 році.

5. Серед поширених хвороб кореневої системи відмічено слабе ураження фузаріозом, листової поверхні борошнистою россою, альтернаріозною плямистістю, філостиктозом та верхівковим хлорозом молодих пагонів другої хвилі відростання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Защита фундука от вредных организмов на Черноморском побережье Кавказ – Сухуми – Сочи/ Ігнатова Е. А. та ін. Белгород : ЛитКараВан, 2015. 30 с.

2. Косенко І. С., Опалко А. І., Опалко О. А. Фундук: прикладна генетика, селекція, технологія розмноження і виробництва. Київ, 2008. 183с.

3. Косенко І.С. Новый сорт фундука (*Corylus domestica* Kos. et Opal.) Софіївський 15 / Інтродукція рослин, збереження та збагачення біорізноманіття в ботанічних садах та дендропарках: матер. міжнарод. наук. конф. присвяч. 80-річчю від дня заснуван. Національного ботсаду ім. М.М. Гришка НАН України (15–17 вересня 2015 р.м. Київ, Національний ботсад ім. М.М. Гришка НАН України). Київ, 2015. С. 124–125.

4. Савіна О. І., Чекан Д. І., Цвігун Д. І. Особливості формування продуктивності інтродукованих сортів фундука в умовах Закарпаття»/ Проблеми агропромислового комплексу Карпат. Міжвідомчий тематичний збірник. 2020. № 27. С. 84–95.

5. Холодний С. Арахис и фундук. Посадка, уход, сбор урожая. Київ, 2018. 57 с.

6. Косенко І.С. Фундук: прикладна генетика, селекція, технологія розмноження і виробництва : навчальний посібник / за ред. Член кореспондента НАН України І.С. Косенка. Київ : Наук. думка, 2008. 256 с.

7. Ментух О. Шкідники і хвороби фундука в умовах Львівщини. Вісник Львівського державного аграрного університету: агрономія. 2001. № 5. С. 330–334.

8. Моргун О. В., Бублик М. О. Урожайність і якість плодів фундука в умовах Лісостепу України / Садівництво. Київ, 2004. Вип. 55. С. 63-71.

9. Ozman-Sullivan S.K. Insect pests of stored hazelnuts in Samsun Province, Turkey / S. K. Ozman-Sullivan, H. Ocal, N. Celikand G. T. Sullivan/ [Proceedings of the 7th International Congress on Hazelnut // Acta Horticulture.2009. № 845. P. 515–520.

10. Методика проведення експертизи сортів рослин групи плодових, ягідних, горіхоплідних, субтропічних та винограду на придатність до поширення в Україні (ПСП) / За ред. С. О. Ткачик. Київ: Державна ветеринарна та фітосанітарна служба України; Український інститут експертизи сортів рослин. 2014. 83 с.

11. Савіна О. І., Чекан Д. І., Цвігун Д. І. Особливості селекції та сортовивчення фундука для поширення в Закарпатській області: матеріали 4 міжнародної конференції молодих вчених і студентів. «Актуальні про-

блеми біологічних та агроекологічних досліджень у Карпатському регіоні», м. Ужгород, 2020. С. 41–43.

REFERENCES:

1. Ihnatova E. A. ta in. (2015) Zashchyta funduka ot vrednykh orhanyzmov na Chernomorskom poberezhe Kavkaz – Sukhumi – Sochy [Protection of hazelnuts from pests on the Chernomer coast Caucasus – Sukhumi – Sochi]. Belhorod: LytKaraVan [in Russian].

2. Kosenko I. S., Opalko A. I., Opalko O. A. (2008) Funduk: prykladna henetyka, selektsiia, tekhnolohiia rozmnozhennia i vyrobnytstva [Hazelnuts: applied genetics, selection, technology of reproduction and production]. Kyiv [in Ukrainian].

3. Kosenko I. S. Novyi sort funduka (*Corylus domestica* Kos. et Opal.) Sofiiivskiy 15 [New variety of hazelnut (*Zorilus domestica* Kos. Et Opal.) Sofiyivsky 15]

4. Introduktsiia roslyn, zberezhenia ta zbahachennia bioriznomanittia v botanichnykh sadakh ta dendroparkakh: mater. mizhnarod. nauk. konf. prysviach. 80-richchiu vid dnia zasnuvan. Natsionalnoho botsadu im. M.M. Hryshka NAN Ukrainy. Kyiv [in Ukrainian].

5. Savina O. I., Chekan D. I., Tsvihun D. I. (2020) Osoblyvosti formuvannia produktyvnosti introdokovanykh sortiv funduka v umovakh Zakarpattia [Features of productivity formation of introduced hazelnut varieties in Transcarpathia: a bulletin]. Problemy ahropromyslovoho kompleksu Karpat. Mizhvidomchyi tematychnyi zbirnyk. Kyiv [in Ukrainian].

6. Kholodnyi S. (2018) Arakhys y funduk. Posadka, ukhod, sbor urozhaiia. [Peanuts and hazelnuts. Planting, care, harvesting]. Kyiv [in Ukrainian].

7. Kosenko I.S. (2008) Funduk: prykladna henetyka, selektsiia, tekhnolohiia rozmnozhennia i vyrobnytstva.: navchalnyi posibnyk / za red. Chlen korespondenta NAN Ukrainy I.S. Kosenka. [Hazelnuts: applied genetics, selection, technology of reproduction and production : textbook]. Kyiv [in Ukrainian].

8. Mentukh O. (2001) Shkidnyky i khvoroby funduka v umovakh Lvivshchyny. Visnyk Lvivskoho derzhavnogo aharnoho universytetu: ahronomiia. [Hazelnut pests and diseases in Lviv region: a bulletin]. Lviv [in Ukrainian].

9. Morhun O. V., Bublik M. O. (2004) Urozhainist i yakist plodiv funduka v umovakh Lisostepu Ukrainy / Sadivnytstvo. [Harvest and quality of hazelnuts in the Forest-Steppe of Ukraine: a bulletin] Kyiv [in Ukrainian].

10. Ozman-Sullivan S.K. (2009) Insect pests of stored hazelnuts in Samsun Province, Turkey / S. K. Ozman-Sullivan, H. Ocal, N. Celikand G. T. Sullivan/ [Proceedings of the 7th International Congress on Hazelnut // Acta Horticulture [in English].

11. Tkachyk S. O. (2014) Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn hrupy plodovykh, yahidnykh, horikhoplidnykh, subtropichnykh ta vynohradu na prydatnist do poshyrennia v Ukraini (PSP). [Methods of examination of fruit varieties of fruit, berry, nut, subtropical and grape plants for suitability for distribution in Ukraine: a textbook] Kyiv: Derzhavna veterynarna ta fitosanitarna sluzhba Ukrainy; Ukrainskiy instytut ekspertyzy sortiv roslyn. [in Ukrainian].

12. Savina O. I., Chekan D. I., Tsvihun D. I. (2020) Osoblyvosti selektsii ta sortovyvchennia funduka dlia poshyrennia v Zakarpatskii oblasti: materialy 4 mizhnarodnoi konferentsii molodykh vchenykh i studentiv. «Aktualni

problemy biologichnykh ta ahroekologichnykh doslidzhen u Karpatskomu rehioni», [Features of selection and cultivation of hazelnuts for distribution in the Transcarpathian region: bulletin] Uzhhorod [in Ukrainian].

Савіна О.І., Шейдик К.А., Симочко В.В., Глюдзик-Шемота М.Ю., Цвігун Д.І., Дудкін Д.О. Шкодоочинні організми фундука в Закарпатті

Мета. За останні роки площі під фундуком на Закарпатті зростають та набирають все більшого поширення, відповідно збільшується і кількість шкідників і хвороб, які завдають великої шкоди насадженням, саме тому нами було обране дане питання для дослідження.

Матеріали й методи. Для визначення видового складу шкідників і хвороб фундука та ліщини досліджували дорослі особини та личинки паразитів, а також зразки листя або бруньки з симптомами схожими на пошкодження певним шкідником або ураження збудником певної хвороби. Оглядали насадження протягом усього періоду вегетації рослин, так як різні шкідники або збудники хвороб мають свій певний період розвитку. Відібрані зразки упаковували в поліетиленові пакети з етикетками із зазначенням виду чи сорту дерева, місця і дати відбору та направляли в лабораторію для ретельного аналізу та ідентифікації хвороби чи шкідника.

Результати. Відмічено значну кількість шкідників, які можуть завдавати шкоди насадженням Закарпатської області. На фундуку та ліщині у лісових масивах виявлено 141 вид комах-фітофагів, ряди Lepidoptera та Coleoptera найбільш поширені. З комах-монофагів відмічено ліщинову та горішникову попелиці, горішникову стрічкоподібну міль-крихітку, горішникову сержову галицю, а з олігофагів – трубкакрута горішникового вусача ліщинового, скритоголова горішникового, алтику горішникові, жуки ліщинового довгоносика. За період проведення обліків на ліщині в умовах Берегівського регіону встановлено значно менше видів – 60 проти 113 за минулі роки. На культурних сортах фундука зустрічається значно менша кількість – 39 проти 19 видів, які відмічено у 2021 році. Серед поширених хвороб кореневої стстеми відмічено слабе ураження фузаріозом, листовка поверхня борошнистою россою, альтернаріозною плямистістю, філостиктоз та верхівковий хлороз молодих пагонів другої хвилі відростання.

Висновки. З метою обмеження шкодоочинності шкідників і хвороб у першу чергу слід звернути особливу увагу на екологічні аспекти і лише у другу – профілактичні та обмежувальні заходи із застосуванням пестицидів. Для закладання саду потрібно використовувати лише здоровий садивний матеріал. Під час викопування саджанців у розсаднику ретельно оглядати кореневу систему та застосовувати інсектицидні бовтушки з метою зниження шкоди ґрунтових шкідників. У разі виявлення ознак різних гнилей, а також вірусних та фітоплазмозних захворювань на головному та бічних коренях або кореневій шийці саджанців рослини вибирковувати та знищувати. Під час проектування промислових насаджень фундука слід брати до уваги рельєф місцевості, експозиції схилу, тип ґрунту, вміст у ньому кальцію, глибину залягання ґрунтових вод та інші агро-екологічні умови, які суттєво впливають на ріст і розвиток дерев, на їх стійкість до хвороб та інших стресових чинників. Потрібно суворо дотримуватися рекомендованої густоти садіння саджанців, за якої рослини отримують хорошу освітленість та вільний рух повітря між ними,

утримувати ґрунт у пухкому стані, а у молодому віці використовувати різну мульчу.

Ключові слова: фундук, сорти, хвороби, ураження, збудники.

Savina O.I., Sheidyk K.A., Symochko V.V., Hliudzyk-Shemota M.Yu., Tsvihun D.I., Dudkin D.O. Pests of hazelnuts in Transcarpathia

Purpose. In previous years, the area under hazelnuts in Transcarpathia is growing and becoming more widespread, and the number of pests and diseases that cause great damage to plantations is increasing, that's why we chose this issue for research.

Methods. To determine the species composition of pests and diseases of hazelnuts, we examined the adults and larvae of parasites, as well as samples of leaves or buds with symptoms similar to damage by a specific pest or pathogen. Plantings were inspected throughout the growing season of plants, as various pests or pathogens have their own period of development. The selected samples were packed in plastic bags with labels indicating the type or variety of wood, place and date of selection and sent to the laboratory for thorough analysis and identification of the disease or pest.

Results. A significant number of pests that can cause damage to plantations in the Transcarpathian region has been noted. 141 species of phytophagous insects were found on hazelnuts in forests, the most common series of Lepidoptera and Coleoptera. Of the insect monophages, hazel and hazel aphids, hazelnut tapeworm, and hazelnut halibut were noted and from oligophages – a tubular twig of a hazel mustache, a hidden head of a hazel, an arctic nut, a beetle of a hazel weevil was indicated. During the period of accounting for hazelnuts in the Beregovo region, significantly fewer species were identified – 60 against 113 in previous years. There is a much smaller number of hazelnut cultivars – 39 against 19 species, which were observed in 2021. Among the common diseases of the root system, there is a weak lesion of fusarium wilt, leaf surface with powdery mildew, alternaria spot, phyllostictosis and apical chlorosis of young shoots of the second wave of regrowth.

Findings. In order to limit the harmfulness of pests and diseases, first of all, special attention should be paid to environmental aspects and only secondly – preventive and restrictive measures with the use of pesticides. Only healthy planting material should be used for planting. When digging seedlings in the nursery, carefully inspect the root system and use insecticide hops to reduce soil pest damage. In case of signs of various rots, as well as viral and phytoplasma diseases on the main and lateral roots or root collar of seedlings, the plants should be discarded and destroyed. When designing industrial hazelnut plantations should take into account the terrain, slope exposure, soil type, calcium content, depth of groundwater and other agri-environmental conditions that significantly affect the growth and development of trees, their resistance to disease and other stress factors. It is necessary to strictly adhere to the recommended planting density of seedlings, at which plants receive good light and free movement of air between them, keep the soil loose, and at a young age to use different mulch.

Key words: hazelnuts, varieties, diseases, lesions, pathogens.

НАСІННЄВА ПРОДУКТИВНІСТЬ ЛЮЦЕРНИ ПЕРШОГО РОКУ ЖИТТЯ ЗАЛЕЖНО ВІД ЗАСТОСУВАННЯ ГЕРБІЦИДІВ

ТИЩЕНКО А.В. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0003-1918-6223

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України
ТИЩЕНКО О.Д. – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник

orcid.org/0000-0002-8095-9195

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України
КУЦ Г.М. – кандидат сільськогосподарських наук

orcid.org/0000-0003-0448-9432

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України
ПІЛЯРСЬКА О.О. – кандидат сільськогосподарських наук

orcid.org/0000-0001-8649-0618

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України
КОНОВАЛОВА В.М. – PhD (доктор філософії)

orcid.org/0000-0002-0655-9214

Асканійська Державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

Вступ. З усіх кормових культур люцерна (*Medicago L.*) займає значне місце у формуванні кормової бази і отриманні високоякісних кормів. За даними Dillehay et al. (2010) і Meiss et al. (2010) [13, 32] реалізація повного біологічного її потенціалу та довговічність використання залежить від ступеня засміченості посівів. Повідомлялося про гербіциди з високою селективністю для боротьби з бур'янами люцерни [47, 57]. Як ґрунтові (досходові), так і післясходові гербіциди виявилися ефективними проти більшості бур'янів на посівах люцерни [3, 11]. У дослідженнях [10, 13] було виявлено, що деякі гербіциди можуть чинити стресовий вплив на рослини відразу після застосування, а також впливати на біохімічні та репродуктивні процеси культур. Тому в останні роки предметом досліджень є нові системні гербіциди, що контролюють значний спектр бур'янів, не сприяють утворенню резистентності і не мають стресового впливу на рослини [30].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним з найбільш серйозних біотичних факторів, що перешкоджає отриманню високих врожаїв сільськогосподарських культур є бур'яни [28, 35]. Величина втрат через сорні рослини може варіювати в залежності від їх типу, щільності і тривалості конкуренції з культурами, типу ґрунту, культури, способу зрошення, сівоzmіни, вжитих заходів боротьби з бур'янами і факторів навколишнього середовища [37, 38]. Висока засміченість посівів сільськогосподарських культур призводить до істотних втрат урожаю, знижуючи якість насіння і утрудненню збору врожаю. Вони заважають росту і розвитку рослин, а втрати врожаю через їх вплив варіюються від 30% до 85% [46, 48], що обумовлює необхідність боротьби з ними для створення оптимальних умов росту рослин [45]. Висока конкурентоспроможність і шкідливість бур'янів у посівах культурних рослин обумовлена низкою їх відмінних особливостей і пристосувальних функцій [51]. Вони активно поглинають вологу та поживні речовини з ґрунту за раху-

нок потужної кореневої системи, а деякі з них, виростають вище сільськогосподарських рослин, затінюють їх, вловлюючи фотосинтетичну активну радіацію, ускладнюють збирання, при цьому знижують їх продуктивність і якість продукції [33, 48].

В агроценозах культурні і бур'яни взаємодіють на біохімічному рівні за участю різних груп органічних речовин [48]. У ризосфері бур'янів формуються фенольні сполуки, створюючи в кореневмісному шарі алелопатичний ефект, за рахунок вивільнення хімічних сполук, що відрізняються істотним фітотоксичною впливом, зменшуючи кількість пророслого насіння і пригнічуючи зростання культурних рослин [34]. Тому раннє відростання і прискорений розвиток бур'янів забезпечують їм помітну перевагу в конкуренції за умови життя з культурними рослинами [59].

Сільськогосподарські культури (люцерна (перший рік життя), соя, горох, квасоля і ін.), у яких відзначається повільне зростання, в початковий період розвитку, не можуть конкурувати з бур'янами. Повільний початковий ріст і широкі міжряддя створюють ідеальні умови для росту і розвитку бур'янів. Вони з'являються при проростанні культурних рослин, найбільше конкурують з ними і тому вже з перших днів розвитку такі рослини потребують захисту від бур'янів [17, 21]. У цей критичний для розвитку культур період вкрай важливо забезпечити чистоту посівів від бур'янів, тому однією з найбільш значущих, ефективних та економічно доцільних технологічних операцій є внесення ґрунтових гербіцидів до посіву або до сходів культури [62].

Активна дія людини на агрофітоценоз, взаємозв'язок між культурними і сорними рослинами змінюється в позитивну сторону, що робить істотний вплив на продуктивність культурної рослини [22]. Найбільш прийнятним і екологічно безпечним шляхом зниження засміченості посівів є комплекс попереджувальних і агротехнічних заходів. Однак багаторічні дослідження показують, що

тільки агротехнічними прийомами неможливо захистити посіви від бур'янів, необхідно їх раціональне поєднання з хімічним методом. Тому висока результативність у боротьбі з бур'янами повинна бути заснована на комплексній (інтегрованій) системі, що полягає у спільному використанні агротехнічних прийомів і високоефективних гербіцидів [15, 21]. Однак технологія застосування гербіцидів повинна постійно вдосконалюватися. Необхідно розробляти і впроваджувати нові гербіцидні препарати, оптимізувати їх препаративні форми, досліджувати проблеми стійкості бур'янів до них.

Виходячи з того, що близько 40–60% виробничих витрат витрачається на прополку вручну. Окрім високої вартості, наявність робочої сили є невизначеним, що ускладнює своєчасну прополку і призводить до більшої втрати врожаю [18]. Тому використання гербіцидів – основний метод боротьби з бур'янами [9]. Фермери застосовують їх на більш ніж 85% посівних площ [19], а глобальний ринок гербіцидів оцінювався в 28,08 млрд. доларів США в 2017 році і, як очікується, досягне 44,90 млрд. доларів США у 2026 році [16].

Залежно від часу застосування гербіциди класифікують на досходові та післясходові [56], а в залежності від місця поглинання (листові та ґрунтові гербіциди), способу дії (контактні і системні) [42].

До і післясходові гербіциди є частиною комплексної боротьби з бур'янами, оскільки перші контролюють їх в період 20-25 днів після посіву, а другі протягом вегетації, таким чином нівелюючи їх вплив на посіви [8]. Досходові гербіциди повинні охоплювати широкий спектр бур'янів, щоб поле залишалось чистим якомога довше [49]. Післясходові гербіциди використовуються в разі потреби, коли з'являються нові бур'яни, і вони можуть бути селективними або неселективними (суцільної дії) [2]. Селективність – це виборча здатність гербіциду знищувати одні рослини, не пошкоджуючи інші [43], і вона залежить від фази розвитку рослин, погодних умов [23, 55].

Гербіциди з діючими речовинами S-метолахлор, Диметенамід-П і Пендиметалін застосовуються для боротьби з сорною рослинністю на посівах бобових культурах, тому ми вирішили провести дослідження їх на посівах люцерни першого року життя.

S-метолахлор це неіонне з'єднання, що відноситься до хлорацетамідних гербіцидів, отримане на основі процесу виробництва метолахлор із збагаченням S-ізомером, який складається з 50% R- і 50% S-ізомерів, що збільшує його гербіцидну активність по відношенню до бур'янів і зниження ризиків для навколишнього середовища, оскільки норми внесення були знижені на 35% [40]. S-метолахлор є важливим гербіцидом, який використовується для боротьби з однорічними злаковими та деякими дводольними бур'янами в широкому діапазоні культур, таких як арахіс, бавовна, соя, кукурудза, горох, томати, тютюн, соняшник, ріпак та ін. [7, 40]. Цей гербіцид інгібує жирні кислоти з дуже довгим ланцюгом (VLCFA), порушуючи поділ клітин і розвиток пагонів у чутливих рослин [20]. Він абсорбується тканинами пагонів у міру їх проростання через оброблений ґрунт [26], а загальні симптоми характеризуються деформо-

ваними і скрученими проростками. Залежно від культури S-метолахлор може застосовуватися для передпосівної, після посівної або передсходової обробки [7].

Диметенамід-П належить до групи хлорацетамідних гербіцидів, що контролює широкий спектр однорічних злакових та дводольних бур'янів [12]. В даний час диметенамід-П зареєстрований для застосування як досходовий гербіцид на квасолі, кукурудзі, кабачках, сої, соняшнику, картоплі, перці та ін. [52]. Диметенамід-П, як і інші хлорацетаніліди, блокує ферменти, що призводить до пригнічення окисного фосфорилування та порушення утворення білків. Сповільнюються процеси ділення клітин, ріст коренів пригнічується, послаблюється надходження калію в рослину.

Пендиметалін є досходовий ґрунтовий гербіцид, що відноситься до динітроанілінової групи [24]. Використовується для боротьби з однорічними злаковими та дводольними бур'янами на різних сільськогосподарських культурах. Він застосовується для боротьби з бур'янами на бавовні, арахісі, цукровій тростині, соняшнику, квасолі, цибулі, часнику, люцерні, сочевиці, сої, горосі, кукурудзі, помідорах та ін. культурах [36, 54], та впливає на процеси ділення клітин, блокує мітотичний поділ і викликає накопичення аномальних мікротрубочкових структур [14], а також пригнічує розвиток коренів і пагонів у проростків бур'янів [5], що призводить до їх загибелі [33]. Пендиметалін легко всмоктується корінням, але погано пагонами, і тому переміщення від кореня до пагона і навпаки відносно невелике [53]. Він має тривалий період контролю бур'янів, до 75 днів після внесення [6].

Післясходові гербіциди з діючими речовинами імазамокс і бентазон + імазамокс застосовуються для боротьби з сорною рослинністю на посівах бобових культур, окрім люцерни. Гербіцид з діючими речовинами імазапір + імазамокс застосовується на гібридах соняшнику стійких до нього, хоча вони входять в імідазолінову групу, діючі речовини якої в основному застосовуються на посівах бобових культур. Тому ми прийняли рішення провести дослідження їх на посівах люцерни першого року життя.

Імазамокс є широко використовуваним гербіцидом з сімейства імідазолінонових [41, 50]. Хімічна речовина абсорбується через листя і переміщується як через ксилему, так і через флоему. Використовується для боротьби з однорічними злаковими та дводольними бур'янами на посівах сої, горосі, нуті та ін. [50].

Бентазон є селективний, контактний, бензотіадіазоловий гербіцид, що контролює однорічні злакові та дводольні бур'яни на люцерні, спаржі, м'яті, конюшині, рисі, горосі, льоні, часнику, сої, квасолі, картоплі, бобах, просі і цукровій тростині [44]. Бентазон абсорбується листям при обприскуванні, а в разі поглинання корінням, він переміщується від коренів до інших частин рослин через ксилему спільно з поживними речовинами для рослин в потоці транспірації [29]. Видимі пошкодження на поверхні листя зазвичай спостерігаються вже через кілька днів після обробки [58]. Ефективне використання гербіцидів визначається умовами навколишнього середовища під час і після його застосування.

Одними з найбільш важливих факторів навколишнього середовища є температура і відносна вологість повітря, що впливають на їх ефективність. Поглинання і переміщення бентазону в рослині збільшується з підвищенням температури [25]. При високих температурах і відносній вологості абсорбція гербіцидів посилюється за рахунок зменшення кількості воскового нальоту на кутикули, яка сильно гідротирується, що сприяє збільшенню дифузії гербіцидів через неї [31]. Anderson, D.M. at al відзначають, що вологість повітря має більший вплив на поглинання гербіцидів, ніж температура [4] і тим самим підвищується їх ефективність [25]. Знання і розуміння факторів навколишнього середовища дозволяє підвищити ефективність гербіцидів, навіть при мінімальній нормі внесення.

Бентазон контролює 90% бур'янів в посівах бобових культур без їх пошкодження і не чинить негативного впливу на ріст і розвиток рослин та їх врожайність [39]. Він швидко розкладається в ґрунті, [27] не володіє мутагенними властивостями і відсутня канцерогенність для людини [1].

Мета роботи. Дослідити вплив досходових, післясходових гербіцидів та їх поєднання на ступінь засміченості насінницьких посівів люцерни першого року та врожайність насіння.

Завдання і методи досліджень. Дослідження проводили протягом 2018–2020 рр. на дослідному полі Інституту зрошувального землеробства НААН. У ґрунтово-кліматичному відношенні розташоване в степовій зоні, на Інгулецькому зрошуваному масиві.

Метод закладки польового досліду – розщеплені ділянки. Головні ділянки (фактор А) – умови зволоження (без зрошення і зрошення); суб-ділянки (фактор В) – застосування досходового гербіциду (Контроль (без внесення гербіциду), діюча речовина (д.р.) S-метолахлор 960 г/л, нормою 1,6 л/га, д.р. Пендиметалін 330 г/л,

нормою 6,0 л/га, д.р. Диметенамід-П 720 г/л, нормою 1,2 л/га); суб-субділянки (фактор С) – застосування післясходового гербіциду (Контроль (без внесення гербіциду), Контроль (ручна прополка), д.р. Імазамокс 40 г/л, нормою 1,2 л/га, д.р. Бентазон 480 г/л, нормою 2,0 л/га, д.р. Бентазон 480 г/л + Імазамокс 22,4 г/л, нормою 1,5 л/га, д.р. Імазапір 15 г/л + Імазамокс 33 г/л, нормою 1,2 л/га). Сорт люцерни Унітро. Посів широкорядний з міжряддям 70 см. Площа посівної ділянки – 60 м², облікової – 50 м², повторність триразова. Обробку гербіцидами проводили ранцевим оприскувачем.

Видовий склад та чисельність бур'янів визначали кількісним методом за допомогою облікових площа-док [60, 61, 63].

Статистичну обробку експериментальних даних проводили AgroSTAT, XLSTAT, Statistica (v. 13).

Результати досліджень. Відомо, що рослини люцерни першого року життя повільно ростуть й розвиваються та не мають змоги конкурувати з бур'янами. При обстеженні травостою люцерни першого року життя (фаза третього трійчатого листка) перед обробкою післясходовими гербіцидами кількість бур'янів на контрольному варіанті (без застосування досходового гербіциду) при зрошенні становила: Амброзія полинолиста – 12,5 шт/м², Нетреба звичайна – 2,5, Щириця (види) – 2,0, Лобода (види) – 9,0, Кучерявець Софії – 1,5, Канатник Теофаста – 2,0, Мишій (види) – 2,5, Полоскуха звичайна – 3,5 шт/м². В умовах природного зволоження забур'яненість посівів люцерни в середньому становила: Амброзія полинолиста – 5,5 шт/м², Нетреба звичайна – 1,5, Щириця (види) – 1,0, Лобода (види) – 5,0, Кучерявець Софії – 1,5, Мишій (види) – 1,5, Полоскуха звичайна – 2,5 шт/м² (табл. 1).

Застосування досходових гербіцидів знижувало забур'яненість посівів люцерни при зрошенні порівняно з контролем: Амброзії полинолістої – 44–72%, Нетреби

Таблиця 1

Кількість бур'янів та їх видовий склад на насіннєвій люцерні першого року життя, залежно від умов зволоження та застосування досходових і післясходових гербіцидів, шт./м² (середнє за 2018–2020 рр.)

Умови зволоження	Застосування досходового гербіциду	Застосування післясходового гербіциду	Кількість бур'янів за видовим складом, шт./м ²							
			Дводольні (<i>Dicotyledoneae, Dicotyledones, Magnoliopsida</i>)						Злакові (<i>Poaceae</i>)	
			Амброзія полинолиста (<i>Ambrosia artemisiifolia</i>)	Нетреба звичайна (<i>Xanthium strumarium</i>)	Щириця (види) (<i>Amaranthus spp.</i>)	Лобода (види) (<i>Cheopodium spp.</i>)	Кучерявець Софії (<i>Descurainia Sophia L.</i>)	Канатник Теофаста (<i>Abutilon theophrasti</i>)	Мишій (види) (<i>Setaria spp.</i>)	Полоскуха звичайна (<i>Echinochloa crus-galli</i>)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Зрошення	Контроль (без внесення гербіциду)	Контроль (без внесення гербіциду)	12,5	2,5	2,0	9,0	1,5	2,0	2,5	3,5
		Імазамокс 40 г/л	3,0	0,2	0,3	1,5	0,2	0,5	0,5	1,0
		Бентазон 480 г/л	3,5	0,5	0,5	2,5	0,5	0,3	1,0	1,2
		Бентазон 480 г/л + Імазамокс 22,4 г/л	2,5	0,3	0,4	2,0	0,2	0,5	0,5	1,0
		Імазапір 15 г/л + Імазамокс 33 г/л	1,0	0,0	0,5	0,5	0,0	0,5	0,0	0,2
		Середнє	4,5	0,7	0,7	3,1	0,5	0,8	0,9	1,4

Продовження таблиці 1

Без зрошення	S-метолахлор 960 г/л/га	Контроль (без внесення гербіциду)	5,5	0,5	1,5	3,5	0,5	0,5	1,5	1,0
		Імазамокс 40 г/л	1,2	0,1	0,3	0,6	0,0	0,1	0,3	0,2
		Бентазон 480 г/л	1,5	0,3	0,5	1,0	0,2	0,1	0,6	0,3
		Бентазон 480 г/л + Імазамокс 22,4 г/л	1,0	0,1	0,4	0,8	0,2	0,2	0,3	0,1
		Імазапір 15 г/л + Імазамокс 33 г/л	0,4	0,0	0,2	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0
		Середнє	1,9	0,2	0,6	1,2	0,2	0,2	0,5	0,3
	Пендиметалін 330 г/л	Контроль (без внесення гербіциду)	7,0	1,0	1,0	2,0	1,0	0,5	0,5	1,0
		Імазамокс 40 г/л	2,0	0,2	0,2	0,3	0,0	0,1	0,1	0,3
		Бентазон 480 г/л	2,0	0,3	0,3	0,6	0,3	0,0	0,2	0,4
		Бентазон 480 г/л + Імазамокс 22,4 г/л	1,7	0,2	0,2	0,4	0,2	0,1	0,1	0,3
		Імазапір 15 г/л + Імазамокс 33 г/л	0,6	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0
		Середнє	2,7	0,3	0,4	0,7	0,3	0,2	0,2	0,4
	Диметенамід-П 720 г/л	Контроль (без внесення гербіциду)	3,5	0,5	0,5	2,5	0,5	0,5	0,0	0,5
		Імазамокс 40 г/л	0,8	0,0	0,1	0,4	0,0	0,1	0,0	0,1
		Бентазон 480 г/л	1,0	0,1	0,1	0,7	0,2	0,0	0,0	0,2
		Бентазон 480 г/л + Імазамокс 22,4 г/л	0,8	0,1	0,1	0,6	0,1	0,1	0,0	0,1
		Імазапір 15 г/л + Імазамокс 33 г/л	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0
		Середнє	1,3	0,1	0,2	0,9	0,2	0,2	0,0	0,2
	Контроль (ручна прополка)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Середнє		2,6	0,3	0,5	1,5	0,3	0,3	0,4	0,6
	Без зрошення	Контроль (без внесення гербіциду)	Контроль (без внесення гербіциду)	5,5	1,5	1,0	5,0	1,5	0,0	1,5
Імазамокс 40 г/л			1,3	0,2	0,3	0,8	0,2	0,0	0,3	0,7
Бентазон 480 г/л			1,5	0,3	0,2	1,4	0,5	0,0	0,6	0,9
Бентазон 480 г/л + Імазамокс 22,4 г/л			1,1	0,2	0,3	1,1	0,2	0,0	0,3	0,7
Імазапір 15 г/л + Імазамокс 33 г/л			0,4	0,0	0,2	0,3	0,1	0,0	0,0	0,3
Середнє			2,0	0,4	0,4	1,7	0,5	0,0	0,5	1,0
S-метолахлор 960 г/л/га		Контроль (без внесення гербіциду)	2,0	0,5	0,5	3,0	0,0	0,0	0,5	1,0
		Імазамокс 40 г/л	0,5	0,1	0,1	0,5	0,0	0,0	0,1	0,2
		Бентазон 480 г/л	0,6	0,1	0,1	0,8	0,0	0,0	0,2	0,3
		Бентазон 480 г/л + Імазамокс 22,4 г/л	0,4	0,1	0,1	0,7	0,0	0,0	0,1	0,2
		Імазапір 15 г/л + Імазамокс 33 г/л	0,2	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
		Середнє	0,7	0,2	0,2	1,0	0,0	0,0	0,2	0,3
Пендиметалін 330 г/л		Контроль (без внесення гербіциду)	2,5	0,5	0,5	1,5	0,0	0,0	0,5	1,0
		Імазамокс 40 г/л	0,6	0,1	0,1	0,3	0,0	0,0	0,1	0,2
		Бентазон 480 г/л	0,7	0,1	0,1	0,4	0,0	0,0	0,2	0,3
		Бентазон 480 г/л + Імазамокс 22,4 г/л	0,5	0,1	0,1	0,3	0,0	0,0	0,1	0,2
		Імазапір 15 г/л + Імазамокс 33 г/л	0,2	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
		Середнє	0,9	0,2	0,2	0,5	0,0	0,0	0,2	0,3
Диметенамід-П 720 г/л		Контроль (без внесення гербіциду)	1,5	0,0	0,5	1,0	0,5	0,0	0,5	1,0
		Імазамокс 40 г/л	0,4	0,0	0,1	0,2	0,1	0,0	0,1	0,2
		Бентазон 480 г/л	0,4	0,0	0,1	0,3	0,2	0,0	0,2	0,3
	Бентазон 480 г/л + Імазамокс 22,4 г/л	0,3	0,0	0,1	0,2	0,1	0,0	0,1	0,2	
	Імазапір 15 г/л + Імазамокс 33 г/л	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	
	Середнє	0,5	0,0	0,2	0,4	0,2	0,0	0,2	0,3	
Контроль (ручна прополка)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Середнє		1,0	0,2	0,2	0,9	0,2	0,0	0,3	0,5	

звичайної – 60–80, Щириці (види) – 25–75, Лободи (види) – 61–78, Кучерявця Софії – 33–67, Канатника Теофаста – 75, Мишію (види) – 40–100, Полоскухи звичайної – 71–86%. Тоді, як в умовах природного зволоження: Амброзії полинолистої – 55–73%, Нетреби звичайної – 67–100, Щириці (види) – 50, Лободи (види) – 40–80, Кучерявця Софії – 67–100, Мишію (види) – 67, Полоскухи звичайної – 60%. Найефективнішим був досходовий гербіцид с. д. р. Диметенамід-П 720 г/л.

Але застосування досходових гербіцидів не сприяло в подальшому повній чистоті посівів люцерни, тому

необхідно було застосовувати післясходові гербіциди. Найбільш ефективним був гербіцид з діючими речовинами Імазапір 15 г/л + Імазамокс 33 г/л з нормою витрати препарату 1,2 л/га. Він знижував кількість бур'янів, залежно від їх виду та застосування досходового гербіциду, від 75–100% при зрошенні й 80–100% за умов природного зволоження. Але при застосуванні даного гербіциду спостерігалось випадіння 40–50% рослин люцерни при зрошенні та 15–20% в умовах природного зволоження, що в подальшому вплинуло на врожайність насіння.

Насіннева продуктивність люцерни першого року життя, залежно від умов зволоження та застосування досходових і післясходових гербіцидів, кг/га (середнє за 2018–2020 рр.)

Умови зволоження (Фактор А)	Застосування досходового гербіциду (Фактор В)	Застосування післясходового гербіциду (Фактор С)	Врожайність насіння, кг/га	Приріст врожаю до контролю, кг/га
1	2	3	4	5
Зрошення	Контроль (без внесення гербіциду)	Контроль (без внесення гербіциду)	86,92	–
		Імазамокс 40 г/л	107,31	20,39
		Бентазон 480 г/л	100,23	13,31
		Бентазон 480 г/л + Імазамокс 22,4 г/л	103,53	16,61
		Імазапір 15 г/л + Імазамокс 33 г/л	96,15	9,23
		Середнє	103,14	
	S-метолахлор 960 г/л/га	Контроль (без внесення гербіциду)	120,05	33,13
		Імазамокс 40 г/л	167,51	80,59
		Бентазон 480 г/л	156,98	70,06
		Бентазон 480 г/л + Імазамокс 22,4 г/л	162,84	75,92
		Імазапір 15 г/л + Імазамокс 33 г/л	134,20	47,28
		Середнє	154,47	
	Пендиметалін 330 г/л	Контроль (без внесення гербіциду)	127,72	40,80
		Імазамокс 40 г/л	178,27	91,35
		Бентазон 480 г/л	167,07	80,15
		Бентазон 480 г/л + Імазамокс 22,4 г/л	173,32	86,40
		Імазапір 15 г/л + Імазамокс 33 г/л	142,76	55,84
		Середнє	164,37	
	Диметенамід-П 720 г/л	Контроль (без внесення гербіциду)	139,72	52,80
		Імазамокс 40 г/л	195,06	108,14
		Бентазон 480 г/л	182,72	95,80
		Бентазон 480 г/л + Імазамокс 22,4 г/л	189,59	102,67
		Імазапір 15 г/л + Імазамокс 33 г/л	156,11	69,19
		Середнє	179,81	
Контроль (ручна прополка)	215,64	128,72		
Середнє	150,45			
Без зрошення	Контроль (без внесення гербіциду)	Контроль (без внесення гербіциду)	50,63	–
		Імазамокс 40 г/л	62,29	11,66
		Бентазон 480 г/л	57,86	7,23
		Бентазон 480 г/л + Імазамокс 22,4 г/л	60,21	9,58
		Імазапір 15 г/л + Імазамокс 33 г/л	55,81	5,18
		Середнє	59,64	
	S-метолахлор 960 г/л	Контроль (без внесення гербіциду)	69,99	19,36
		Імазамокс 40 г/л	92,63	42,00
		Бентазон 480 г/л	86,50	35,87
		Бентазон 480 г/л + Імазамокс 22,4 г/л	89,84	39,21
		Імазапір 15 г/л + Імазамокс 33 г/л	77,38	26,75
		Середнє	85,91	
	Пендиметалін 330 г/л	Контроль (без внесення гербіциду)	74,46	23,83
		Імазамокс 40 г/л	98,51	47,88
		Бентазон 480 г/л	91,96	41,33
		Бентазон 480 г/л + Імазамокс 22,4 г/л	95,53	44,90
		Імазапір 15 г/л + Імазамокс 33 г/л	82,36	31,73
		Середнє	91,36	
	Диметенамід-П 720 г/л	Контроль (без внесення гербіциду)	81,28	30,65
		Імазамокс 40 г/л	107,58	56,95
		Бентазон 480 г/л	100,48	49,85
		Бентазон 480 г/л + Імазамокс 22,4 г/л	104,35	53,72
		Імазапір 15 г/л + Імазамокс 33 г/л	89,84	39,21
		Середнє	99,78	
Контроль (ручна прополка)	115,13	64,50		
Середнє	84,17			

Оцінка істотності часткових відмінностей				
HIP ₀₅	A		56,280	
HIP ₀₅	B		7,073	
HIP ₀₅	C		1,405	
Оцінка істотності середніх (головних) ефектів				
HIP ₀₅	A		31,901	
HIP ₀₅	B		2,042	
HIP ₀₅	C		0,497	

Найбільшу врожайність насіння люцерни, за обох умов зволоження, було отримано на варіанті при застосуванні досходового гербіциду с д.р. Диметенамід-П 720 г/л, нормою 1,2 л/га та післясходового д.р. Імазамокс 40 г/л, нормою 1,2 л/га.

При зрошенні насіння продуктивність на цьому варіанті становила 195,06 кг/га, що було вище контролю (без внесення післясходового гербіциду) на 55,34 кг/га та контролю (без внесення гербіцидів) на 108,14 кг/га, але було нижче на 20,58 кг/га ніж на варіанті з ручною прополкою. В умовах природного зволоження врожайність насіння становила 107,58 кг/га, що було нижче на 7,55 кг/га при ручній прополці та вище контрольних варіантів на 26,3 й 56,95 кг/га, відповідно.

Висновки. Рослини люцерни першого року життя повільно ростуть й розвиваються та не мають змоги конкурувати з бур'янами. Застосування досходових гербіцидів знижувало забур'яненість посівів на ранній стадії розвитку рослин. Але в подальшому для утримання посівів люцерни в чистоті від бур'янів необхідно було застосовувати післясходові гербіциди. Найбільшу врожайність насіння люцерни, за обох умов зволоження, було отримано на варіанті при застосуванні досходового гербіциду с д.р. Диметенамід-П 720 г/л, нормою 1,2 л/га та післясходового д.р. Імазамокс 40 г/л, нормою 1,2 л/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Acquavella J. et al. Epidemiologic studies of occupational pesticide exposure and cancer: Regulatory risk assessments and biologic plausibility. *Ann. Epidemiol.* 2003. Vol. 13. P. 1–7. DOI: 10.1016/s1047-2797(02)00423-4
- Akhter M.J. et al. Adjuvant improves the efficacy of herbicide for weed management in maize sown under altered sowing methods. *J. Exp. Biol. Agric. Sci.* 2017. Vol. 5. P. 22–30. DOI: 10.18006/2017.5(1).022.030
- Amiri S., Karimjomeni H. and Majidi M.M. Weed control in sainfoin crop using bentazon and imazethapyr herbicides in combination with adjuvants. In: Abstracts of the 4th Iranian Weed Science Congress, Chemical Management. Ahvaz, 2012. P. 625–628.
- Anderson D.M., Swanton C.J., Hall J.C., Mersey B.G. The influence of temperature and relative humidity on the efficacy of glufosinate-ammonium. *Weed Res.* 1993. Vol. 33. P. 139–147. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1993.tb01927.x>
- Appleby J.R. and Valverde B.E. Behavior of dinitroaniline herbicides in plants. *Weed Science Society of America.* 1988. Vol. 3. P. 198–206. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0890037X00031626>
- Asha A., Tomar S.S. Persistence of pendimethalin in soil applied to different crops. *Agricultural Science Digest.* 2008. Vol. 28, Issue 4. P. 295–297.
- Bollman S.L., Sprague C.L., Penner D. Physiological basis for tolerance of sugarbeet varieties to S-metolachlor and dimethenamid-p. *Weed Sci.* 2008. Vol. 56, №. 1. P. 18–25. DOI: 10.1614/ws-07-100.1
- Burke I.C., Everman W.J. Weed control strategies for potato (*Solanum tuberosum* L.). In: *The potato: botany, production and uses.* CABI, Wallingford, UK. 2014. P. 225–236. DOI: 10.1079/9781780642802.0225
- Costa E.M. et al. Simulated Drift of Dicamba and 2,4-D on Soybeans: Effects of Application Dose and Time. *Biosci. J.* 2020. Vol. 36, No 3. P. 857–864. DOI: [org/10.14393/BJ-v36n3a2020-47742](https://doi.org/10.14393/BJ-v36n3a2020-47742)
- Cui L.E. and Yang H. Accumulation and residue of napropamide in alfalfa (*Medicago sativa*) and soil involved in toxic response. *Journal of Hazardous Materials.* 2011. Vol. 190, Issue 1. P. 81–86. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2011.02.086
- Cummings D.C., Berberet R.C., Stritzke J.F. & Caddel J.L. Sod-seeding and grazing effects on alfalfa weevils, weeds, and forage yields in established alfalfa. *Agronomy Journal.* 2004. Vol. 96, Issue 5. P. 1216–1221. <https://doi.org/10.2134/agronj2004.1216>
- Darren E. Robinson, Kristen McNaughton, and Nader Soltani. Weed Management in Transplanted Bell Pepper (*Capsicum annuum*) with Pretransplant Tank Mixes of Sulfentrazone, S-metolachlor, and Dimethenamid-p. *HORTSCIENCE.* 2008. Vol. 43, Issue 5. P. 1492–1494. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.5.1492>
- Dillehay B., Curran W. and Mortensen D. Critical period for weed control in alfalfa. *Weed Science.* 2011. Vol. 59, Issue 1. P. 68–75. DOI: 10.1614/WS-D-10-00073.1
- El-Awadi M.E. and Esmat A. Hassan. Improving Growth and Productivity of Fennel Plant Exposed to Pendimethalin Herbicide: Stress-Recovery Treatments. *Nature and Science.* 2011. Vol. 9, Issue. 2. P. 97–108. <http://www.sciencepub.net/nature>; ISSN: 1545-0740
- Epifantsev V.V. et al. Cover Crops As Sources Of Nutrients Increasing Productivity Of Soya Sown With Wide-Space Method in The Climate Of The Amur Region, Russia. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences.* 2019. Vol. 10. No. 2. P. 1470–1476. ISSN: 0975-8585
- Europe S.P. Weed Control-Global Market Outlook (2017–2026). *Statistics Market Research: Secunderabad, India, June 2018.*
- Frenda A.S. et al. The Critical Period of Weed Control in Faba Bean and Chickpea in Mediterranean Areas. *Weed Science.* 2013. Vol. 61, Issue 3. P. 452–459. <https://doi.org/10.1614/ws-d-12-00137.1>

18. Gesimba R.M., Langat M.C. A review on weeds and weed control in oil crops with special reference to soybeans (*Glycine max* L.) in Kenya. *Agric. Trop. Subtrop.* 2005. Vol. 38, Issue 2. P. 61–65.
19. Gianessi L., Sankula S. The Value of Herbicides in U.S. Crop Production. *Archeamatica* 2003. Vol. 4. P. 46–51. DOI: <https://doi.org/10.1614/WT-06-130.1>
20. Gotz T., Boger P. The very-long-chain fatty acid synthase is inhibited by chloroacetamides. *Zeitschrift für Naturforschung C.* 2004. Vol. 59, No. 7/8. P. 549–553. DOI: [10.1515/znc-2004-7-818](https://doi.org/10.1515/znc-2004-7-818)
21. Idziak R. and Zenon W. Efficacy of Reduced Rates of Soil-Applied Dimethenamid-P and Pendimethalin Mixture Followed by Postemergence Herbicides in Maize. *Agriculture.* 2020. Vol. 10, Issue 163. P. 2–11. DOI: [10.3390/agriculture10050163](https://doi.org/10.3390/agriculture10050163)
22. Jabran K., Cheema Z.A., Farooq M. and Hussain M. Lower doses of pendimethalin mixed with allelopathic crop water extracts for weed management in canola (*Brassica napus*). *Int. J. Agric. Biol.* 2010. Vol. 12. P. 335–340. ISSN Print: 1560–8530; ISSN Online: 1814–959608–144/AWB/2010/12–3–335–340 <http://www.fspublishers.org>
23. Jugulam M., Shyam C. Non-target-site resistance to herbicides: Recent developments. *Plants.* 2019. Vol. 8. P. 417. DOI: [10.3390/plants8100417](https://doi.org/10.3390/plants8100417)
24. Kanatas P. et al. Yield, quality and weed control in soybean crop as affected by several cultural and weed management practices. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca.* 2020. Vol. 48, Issue 1. P. 329–341. DOI: [10.15835/nbha48111823](https://doi.org/10.15835/nbha48111823)
25. Kudsk P., Kristensen J. Effect of environmental factors on herbicide performance. In *Proceedings of the First International Weed Control Congress, Melbourne, Australia, 17–21 February 1992.* Weed Science Society of Victoria: Victoria, Australia. 1992. P. 173–186. ISBN 0-9599210-4-4
26. Lebaron H.M. et al. Metolachlor. In: Kearney P.C., Kaufman D.D. (Ed.). *Herbicides: chemistry, degradation, and mode of action.* Vol. 3. New York: Dekker, 1988. P. 335–373. <https://doi.org/10.1002/jobm.3620291018>
27. Levi S., Hybel A.M., Bjerg P.L. & Albrechtsen H.J. Stimulation of aerobic degradation of bentazone, mecoprop and dichlorprop by oxygen addition to aquifer sediment. *Sci. Total Environ.* 2014. P. 473–474: 667–675. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2013.12.061](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.12.061)
28. Liakat Ali, Hyun Jo, Jong Tae Song & Jeong-Dong Lee. The Prospect of Bentazone-Tolerant Soybean for Conventional Cultivation. *Agronomy.* 2020. Vol. 10. P. 1650. doi: [10.3390/agronomy10111650](https://doi.org/10.3390/agronomy10111650)
29. Lichtenhaler H.K., Meier D., Retzlaff G. & Hamm R. Distribution and effects of bentazon in crop plants and weeds. *Z. Naturforsch. Sect. C J. Biosci.* 1982. Vol. 37. P. 889–897. <https://doi.org/10.1515/znc-1982-1008>
30. Marinov-Serafimov P. et al. Influence of some herbicides on forage quality of alfalfa. *Rasteniєvadni nauki (Bulgarian Journal of Crop Science).* 2016. Vol. 53, Issue 5–6. P. 67–75. http://crops-science-bg.org/page/en/details.php?article_id=311
31. Matzenbacher F.O., Vidal R.A., Merotto A. & Trezzi M.M. Environmental and physiological factors that affect the efficacy of herbicides that inhibit the enzyme protoporphyrinogen oxidase: A literature review. *Planta Daninha.* 2014. Vol. 32. P. 457–463. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582014000200024>.
32. Meiss H. et al. Perennial lucerne affects weed community trajectories in grain crop rotations. *Weed Research.* 2010. Vol. 50, Issue 4. P. 331–340. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2010.00784.x>
33. Merga B., Alemu N. Integrated weed management in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Cogent Food Agric.* 2019. 5:1620152. <https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1620152>
34. Messiha N.K., El-Dabaa M.A.T., El-Masry R.R., & Ahmed S.A.A. The allelopathic influence of *Sinapis alba* seed powder (white mustard) on the growth and yield of *Vicia faba* (faba bean) infected with *Orobanche crenata* (broomrape). *Middle East J Appl Sci.* 2018. Vol. 8, Issue 2. P. 418–425. ISSN 2077-4613
35. Nigatu L., Sharma J.J. Parthenium weed invasion and biodiversity loss in Ethiopia: A literature review. *African Crop Sci. Conf. Proc.* 2013. Vol. 11. P. 377–381. ISSN 1023-070X/2013
36. Pacanoski Z., Mehmeti A. Pre-emergence grass weed control in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) with soil applied premixed herbicides influenced by precipitations. *Agron. Res.* 2019. Vol. 17, Issue 6. P. 2386–2398. DOI: [org/10.15159/AR.19.198](https://doi.org/10.15159/AR.19.198).
37. Peer F.A. et al. Effect of weed control methods on yield and yield attributes of soybean. *African Journal of Agricultural Research.* 2013. Vol. 8, Issue 48. P. 6135–6141. DOI: [10.5897/AJAR11.1172](https://doi.org/10.5897/AJAR11.1172)
38. Punia R., Punia S.S., Sangwan M. & Thakral S.K. Bioefficacy of herbicides against weeds in greengram (*Vigna radiata*) and their residual effect on succeeding Indian mustard (*Brassica juncea*). *Indian Journal of Agronomy.* 2018. Vol. 63, Issue 4. P. 20–24. ISSN: 0537-197X
39. Saad EL-Din S.A. Efficiency of some weed control treatments on growth, yield and its components of broad bean (*Vicia faba* L.) and associated weeds. *Egypt. J. Appl. Sci.* 2003. Vol. 18, Issue 6B. P. 586–604.
40. Shaner D.L. et al. Soil dissipation and biological activity of metolachlor and S-metolachlor in five soils. *Pest Manag. Sci.* 2006. Vol. 62, Issue 7. P. 617–623. DOI: [10.1002/ps.1215](https://doi.org/10.1002/ps.1215)
41. Sherrie E. Emerine et al. Greenhouse Response of Six Aquatic Invasive Weeds to Imazamox. *J. Aquat. Plant Manage.* 2010. Vol. 48. P. 105–111
42. Sherwani S.I., Arif I.A., Khan H.A. Modes of Action of Different Classes of Herbicides. *Herbic. Physiol. Action Saf.* 2015. P. 165–186. DOI: [10.5772/61779](https://doi.org/10.5772/61779)
43. Singh N.P., Singh I. Herbicide Tolerant Food Legume Crops: Possibilities and Prospects. In *Herbicides – Properties, Synthesis and Control of Weeds.* 2012. P. 435–452. <https://doi.org/10.5772/31936>
44. Singh S.P. et al. Evaluation of post emergence herbicide bentazon in potato crop. *IJCS.* 2019. Vol. 7. P. 2816–2820. P-ISSN: 2349–8528
45. Soltani N., Nurse R.E., Shropshire Ch. & Sikkema P.H. Weed Control, Environmental Impact and Profitability of Pre-Plant Incorporated Herbicides in White Bean. *American Journal of Plant Sciences.* 2012. Vol. 3. P. 846–853. <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2012.37102> Published Online July 2012
46. Soltani N. et al. Potential Yield Loss in Dry Bean Crops Due to Weeds in the United States and Canada. *Weed Technology.* 2018. Vol. 32. P. 342–346. <https://doi.org/10.1017/wet.2017.116>
47. Srinivasan M., Nachiappan V. & Rajasekharan R. Potential application of urea-derived herbicides as

cytokinins in plant tissue culture. *Journal of Biosciences*. 2006. Vol. 31, Issue 5. P. 599–605. <https://doi.org/10.1007/BF02708412>

48. Suhaip A.M., Zain, Awadallah B., Dafaallah, Mohamed S.A., Zaroug. Efficacy and selectivity of pendimethalin for weed control in soybean (*Glycine max* L. Merr.), Gezira state, Sudan. *Agricultural science and practice*. 2020. Vol. 7 No. 1. <https://doi.org/10.15407/agrisp7.01.059>

49. Sunitha N., Reddy P.M., Sathineni M. Effect of cultural manipulation and weed management practices on weed dynamics and performance of sweet corn (*Zea mays* L.). *Indian J. Weed Sci*. 2010. Vol. 42. P. 184–188.

50. Tan S. et al. Imidazolinone-tolerant crops: history, current status and future. *Pest Manage. Sci*. 2005. Vol. 61. P. 246–257. DOI: 10.1002/ps.993

51. Tesfaye E., Animut G., Urge M. & Dessie T. Moringa oleifera leaf meal as an alternative protein feed ingredient in broiler ration. *Int. J. Poult. Sci*. 2013. Vol. 12, Issue 5. P. 289–297. DOI: <http://dx.doi.org/10.3923/ijps.2013.289.297>

52. Thomson W.T. *Agricultural Chemicals. Book II: Herbicides*. California: Thomson Publications. 1997.

53. Tomlin C. *The pesticide Manual*. Twelfth Edition. Crop Protection Publication, 2000. 533 p.

54. Travlos I. et al. Weed management in soybean with a special focus on the control of purple nutsedge (*Cyperus rotundus*). *Agron. Res*. 2020. Vol. 18. P. 1–8. DOI: <http://dx.doi.org/10.15159/AR.20.037>

55. Vrbničanin S., Pavlović, D., Božić D. Weed Resistance to Herbicides. *Herbic. Resist. Weeds Crop*. 2017. DOI: 10.5772/67979

56. Wágner G., Nádasy E. Effect of pre-emergence herbicides on growth parameters of green pea. *Commun. Agric. Appl. Biol. Sci*. 2006. Vol. 71. P. 809–813.

57. Zhang H., Huang Q. & Jin S. Development of alfalfa (*Medicago sativa* L.) regeneration system and Agrobacterium-mediated genetic transformation. *Agricultural Sciences in China*. 2010. Vol. 9, Issue 2. P. 170–178. [https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(09\)60081-X](https://doi.org/10.1016/S1671-2927(09)60081-X)

58. Zhu J. et al. Effects of Photosystem-II-Interfering Herbicides Atrazine and Bentazon on the Soybean Transcriptome. *Plant Genome J*. 2009. Vol. 2. P. 191–205. <https://doi.org/10.3835/plantgenome2009.02.0010>

59. Арефьева В.А. Аллелопатические взаимоотношения компонентов агрофитоценоза в посевах яровых зерновых культур. АГРО XXI. 2006. № 1. С. 12–13.

60. Инструкция по засорению полей, многолетних насаждений, культурных сенокосов и пастбищ. М. : Агропромиздат, 1985. 18 с.;

61. Методика оценки экономических порогов вредности сорняков сельскохозяйственных культур. М. : ВНИЭСХ, 1979. 39 с.

62. Мороховец В. Н. и др. Сравнительная оценка эффективности почвенных гербицидов в отношении амброзии полыннолистной (*Ambrosia artemisiifolia* L.). Дальневосточный аграрный вестник. 2018. №4(48). С. 103–108. DOI: 10.24411/1999-6837-2018-14088

63. Пересышкин В.Ф., Коваленко С.Н., Шелестова В.С., Асатур М.К. Практикум по методике опытного дела в защите растений. М.: Агропромиздат, 1989. 175 с.

risk assessments and biologic plausibility. *Ann. Epidemiol*, 13, 1–7. doi: 10.1016/s1047-2797(02)00423-4

2. Akhter, M.J. et al. (2017). Adjuvant improves the efficacy of herbicide for weed management in maize sown under altered sowing methods. *J. Exp. Biol. Agric. Sci*, 5, 22–30. DOI: 10.18006/2017.5(1).022.030

3. Amiri, S., Karimmojeni, H. & Majidi, M.M. (2012). Weed control in sainfoin crop using bentazon and imazethapyr herbicides in combination with adjuvants. *Abstracts of the 4th Iranian Weed Science Congress, Chemical Management* (pp. 625–628). Ahvaz.

4. Anderson, D.M., Swanton, C.J., Hall, J.C. & Mersey B.G. (1993). The influence of temperature and relative humidity on the efficacy of glufosinate-ammonium. *Weed Res*, 33, 139–147. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1993.tb01927.x>

5. Appleby, J.R. & Valverde, B.E. (1988). Behavior of dinitroaniline herbicides in plants. *Weed Science Society of America*, 3. 198–206. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0890037X00031626>

6. Asha, A., Tomar, S.S. (2008). Persistence of pendimethalin in soil applied to different crops. *Agricultural Science Digest*, 28(4), 295–297.

7. Bollman, S.L., Sprague, C.L. & Penner D. (2008). Physiological basis for tolerance of sugarbeet varieties to S-metolachlor and dimethenamid-p. *Weed Sci*, 56(1), 18–25. DOI: 10.1614/ws-07-100.1

8. Burke, I.C., Everman, W.J. (2014). Weed control strategies for potato (*Solanum tuberosum* L.). The potato: botany, production and uses. CABI, Wallingford, UK. 225–236. DOI 10.1079/9781780642802.0225

9. Costa, E.M. et al. (2020). Simulated Drift of Dicamba and 2,4-D on Soybeans: Effects of Application Dose and Time. *Biosci. J*, 36(3), 857–864. doi. org/10.14393/BJ-v36n3a2020-47742

10. Cui, L.E. & Yang, H. (2011). Accumulation and residue of napropamide in alfalfa (*Medicago sativa*) and soil involved in toxic response. *Journal of Hazardous Materials*, 190(1), 81–86. DOI:10.1016/j.jhazmat.2011.02.086

11. Cummings, D.C., Berberet, R.C., Stritzke, J.F. & Caddel, J.L. (2004). Sod-seeding and grazing effects on alfalfa weevils, weeds, and forage yields in established alfalfa. *Agronomy Journal*, 96(5), 1216–1221. <https://doi.org/10.2134/agronj2004.1216>

12. Darren, E. Robinson, Kristen, McNaughton, & Nader, Soltani. (2008). Weed Management in Transplanted Bell Pepper (*Capsicum annuum*) with Pretransplant Tank Mixes of Sulfentrazone, S-metolachlor, and Dimethenamid-p. *HORTSCIENCE*, 43(5), 1492–1494. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.5.1492>

13. Dillehay, B., Curran, W., & Mortensen D. (2011). Critical period for weed control in alfalfa. *Weed Science*, 59(1), 68–75. DOI:10.1614/WS-D-10-00073.1

14. El-Awadi, M.E. & Esmat, A. Hassan. (2011). Improving Growth and Productivity of Fennel Plant Exposed to Pendimethalin Herbicide: Stress-Recovery Treatments. *Nature and Science*, 9(2), 97–108. <http://www.sciencepub.net/nature>; ISSN: 1545-0740

15. Epifantsev, V.V. et al. (2019). Cover Crops As Sources Of Nutrients Increasing Productivity Of Soya Sown With Wide-Space Method In The Climate Of The Amur Region, Russia. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 10(2), 1470–1476. ISSN: 0975-8585

REFERENCES:

1. Acquavella, J. et al. (2003). Epidemiologic studies of occupational pesticide exposure and cancer: Regulatory

16. Europe, S.P. (2018). Weed Control-Global Market Outlook (2017–2026). *Statistics Market Research*: Secunderabad, India.
17. Frenda, A.S. et al. (2013). The Critical Period of Weed Control in Faba Bean and Chickpea in Mediterranean Areas. *Weed Science*, 61(3), 452–459. <https://doi.org/10.1614/ws-d-12-00137.1>
18. Gesimba, R.M. & Langat, M.C. (2005). A review on weeds and weed control in oil crops with special reference to soybeans (*Glycine max* L.) in Kenya. *Agric. Trop. Subtrop*, 38(2), 61–65.
19. Gianessi, L. & Sankula, S. (2003). The Value of Herbicides in U.S. *Crop Production*. *Archeomatica*, 4, 46–51. DOI: <https://doi.org/10.1614/WT-06-130.1>
20. Gotz, T. & Boger, P. (2004). The very-long-chain fatty acid synthase is inhibited by chloroacetamides. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 59(7/8), 549–553. DOI: 10.1515/znc-2004-7-818
21. Idziak, R. & Zenon, W. (2020). Efficacy of Reduced Rates of Soil-Applied Dimethenamid-P and Pendimethalin Mixture Followed by Postemergence Herbicides in Maize. *Agriculture*, 10(163), 2–11. doi:10.3390/agriculture10050163
22. Jabran, K., Cheema, Z.A., Farooq M. & Hussain M. (2010). Lower doses of pendimethalin mixed with allelopathic crop water extracts for weed management in canola (*Brassica napus*). *Int. J. Agric. Biol*, 12, 335–340. ISSN Print: 1560–8530; ISSN Online: 1814–959608–144/AWB/2010/12–3–335–340 <http://www.fspublishers.org>
23. Jugulam, M. & Shyam C. (2019). Non-target-site resistance to herbicides: Recent developments. *Plants*, 8, 417. doi: 10.3390/plants8100417
24. Kanas, P. et al. (2020). Yield, quality and weed control in soybean crop as affected by several cultural and weed management practices. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 48(1), 329–341. doi: 10.15835/nbha48111823.
25. Kudsk, P., Kristensen, J. (1992). Effect of environmental factors on herbicide performance. In *Proceedings of the First International Weed Control Congress, Melbourne, Australia*. (pp. 173–186). Weed Science Society of Victoria: Victoria, Australia. ISBN 0-9599210-4-4
26. Kearney, P.C., Kaufman, D.D. (Eds.), Lebaron, H.M. et al. (1988). *Metolachlor. Herbicides: chemistry, degradation, and mode of action*. (Vol. 3). NewYork: Dekker. 335–373. <https://doi.org/10.1002/jobm.3620291018>
27. Levi, S., Hybel, A.M., Bjerg, P.L. & Albrechtsen, H.J. (2014). Stimulation of aerobic degradation of bentazone, mecoprop and dichlorprop by oxygen addition to aquifer sediment. *Sci. Total Environ*, 473–474, 667–675. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2013.12.061
28. Liakat, Ali, Hyun, Jo, Jong ,Tae Song & Jeong-Dong, Lee. (2020). The Prospect of Bentazone-Tolerant Soybean for Conventional Cultivation. *Agronomy*, 10, 1650. DOI: 10.3390/agronomy10111650
29. Lichtenthaler, H.K., Meier, D., Retzlaff, G. & Hamm, R. (1982). Distribution and effects of bentazon in crop plants and weeds. *Z. Naturforsch. Sect. C J. Biosci*, 37, 889–897. <https://doi.org/10.1515/znc-1982-1008>
30. Marinov-Serafimov, P. et al. (2016). Influence of some herbicides on forage quality of alfalfa. *Rasteniievadna nauka (Bulgarian Journal of Crop Science)*, 53(5–6), 67–75. http://cropscience-bg.org/page/en/details.php?article_id=311
31. Matzenbacher, F.O., Vidal, R.A., Merotto, A. & Trezzi, M.M. (2014). Environmental and physiological factors that affect the efficacy of herbicides that inhibit the enzyme protoporphyrinogen oxidase: A literature review. *Planta Daninha*, 32, 457–463. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582014000200024>
32. Meiss, H. et al. (2010). Perennial lucerne affects weed community trajectories in grain crop rotations. *Weed Research*, 50(4), 331–340. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2010.00784.x>
33. Merga, B., Alemu, N. (2019). Integrated weed management in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Cogent Food Agric*, 5, 1620152. <https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1620152>.
34. Messiha, N.K., El-Dabaa, M.A.T., El-Masry, R.R., & Ahmed, S.A.A. (2018). The allelopathic influence of *Sinapis alba* seed powder (white mustard) on the growth and yield of *Vicia faba* (faba bean) infected with *Orobanche crenata* (broomrape). *Middle East J Appl Sci*, 8(2), 418–425. ISSN 2077-4613
35. Nigatu, L., Sharma, J.J. (2013). Parthenium weed invasion and biodiversity loss in Ethiopia: A literature review. *African Crop Sci. Conf. Proc*, 11, 377–381. ISSN 1023-070X/2013
36. Pacanoski, Z., Mehmeti, A. (2019). Pre-emergence grass weed control in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) with soil applied premixed herbicides influenced by precipitations. *Agron. Res*, 17(6), 2386–2398. doi.org/10.15159/AR.19.198.
37. Peer, F.A. et al. (2013). Effect of weed control methods on yield and yield attributes of soybean. *African Journal of Agricultural Research*, 8(48), 6135–6141. DOI: 10.5897/AJAR11.1172
38. Punia, R., Punia, S.S., Sangwan, M. & Thakral, S.K. (2018). Bioefficacy of herbicides against weeds in green gram (*Vigna radiata*) and their residual effect on succeeding Indian mustard (*Brassica juncea*). *Indian Journal of Agronomy*, 63(4), 20–24. ISSN: 0537-197X
39. Saad, EL-Din S.A. (2003). Efficiency of some weed control treatments on growth, yield and its components of broad bean (*Vicia faba* L.) and associated weeds. *Egypt. J. Appl. Sci*, 18(6B), 586–604. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582008000300014>
40. Shaner, D.L. et al. (2006). Soil dissipation and biological activity of metolachlor and S-metolachlor in five soils. *Pest Manag. Sci*, 62(7), 617–623. DOI: 10.1002/ps.1215
41. Sherrie, E. Emerine et al. (2010). Greenhouse Response of Six Aquatic Invasive Weeds to Imazamox. *J. Aquat. Plant Manage*, 48, 105–111
42. Sherwani, S.I., Arif, I.A., Khan, H.A. (2015). Modes of Action of Different Classes of Herbicides. *Herbic. Physiol. Action Saf*, 165–186. DOI: 10.5772/61779
43. Singh, N.P., Singh, I. (2012). Herbicide Tolerant Food Legume Crops: Possibilities and Prospects. In *Herbicides – Properties, Synthesis and Control of Weeds*, 435–452. <https://doi.org/10.5772/31936>
44. Singh, S.P. et al. (2019). Evaluation of post emergence herbicide bentazon in potato crop. *IJCS*, 7, 2816–2820. P-ISSN: 2349–8528 [in English].
45. Soltani, N., Nurse, R.E., Shropshire, Ch. & Sikkema, P.H. (2012). Weed Control, Environmental Impact and Profitability of Pre-Plant Incorporated Herbicides in White Bean. *American Journal of Plant Sciences*, 3, 846–853. <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2012.37102> Published Online July 2012

46. Soltani N. et al. (2018). Potential Yield Loss in Dry Bean Crops Due to Weeds in the United States and Canada. *Weed Technology*, 32, 342–346. <https://doi.org/10.1017/wet.2017.116>
47. Srinivasan, M., Nachiappan, V. & Rajasekharan, R. (2006). Potential application of urea-derived herbicides as cytokinins in plant tissue culture. *Journal of Biosciences*, 31(5), 599–605. <https://doi.org/10.1007/BF02708412>
48. Suhaip, A.M. Zain, Awadallah, B. Dafaallah, Mohamed, S.A. Zaroug. (2020). Efficacy and selectivity of pendimethalin for weed control in soybean (*Glycine max* L.), Gezira state, Sudan. *Agricultural science and practice*, 7(1), <https://doi.org/10.15407/agrisp7.01.059>
49. Sunitha, N., Reddy, P.M., Sathineni, M. (2010). Effect of cultural manipulation and weed management practices on weed dynamics and performance of sweet corn (*Zea mays* L.). *Indian J. Weed Sci*, 42, 184–188.
50. Tan, S. et al. (2005). Imidazolinone-tolerant crops: history, current status and future. *Pest Manage. Sci*, 61, 246–257. DOI: 10.1002/ps.993
51. Tesfaye, E., Animut, G., Urge, M. & Dessie, T. (2013). Moringa oleifera leaf meal as an alternative protein feed ingredient in broiler ration. *Int. J. Poult. Sci*, 12(5), 289–297. DOI: <http://dx.doi.org/10.3923/ijps.2013.289.297>
52. Thomson W.T. (1997). *Agricultural Chemicals. Book II: Herbicides*. California: Thomson Publications.
53. Tomlin C. (2000). *The pesticide Manual*. Twelfth Edition. Crop Protection Publication.
54. Travlos, I. et al. (2020). Weed management in soybean with a special focus on the control of purple nutsedge (*Cyperus rotundus*). *Agron. Res*, 18, 1–8. doi.org/10.15159/AR.20.037
55. Vrbničanin, S., Pavlović, D., Božić, D. (2017). Weed Resistance to Herbicides. *Herbic. Resist. Weeds Crop*. DOI: 10.5772/67979
56. Wágner, G., Nádasy, E. (2006). Effect of pre-emergence herbicides on growth parameters of green pea. *Commun. Agric. Appl. Biol. Sci*, 71, 809–813.
57. Zhang, H., Huang, Q. & Jin, S. (2010). Development of alfalfa (*Medicago sativa* L.) regeneration system and Agrobacterium-mediated genetic transformation. *Agricultural Sciences in China*, 9(2), 170–178. [https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(09\)60081-X](https://doi.org/10.1016/S1671-2927(09)60081-X)
58. Zhu, J. et al. (2009). Effects of Photosystem-II-Interfering Herbicides Atrazine and Bentazon on the Soybean Transcriptome. *Plant Genome J*, 2, 191–205. <https://doi.org/10.3835/plantgenome2009.02.0010>
59. Aref'eva V.A. (2006). Allelopaticheskie vzaimootnosheniya komponentov agrofytocenoza v posevakh yarovykh zernovykh kul'tur [Allelopathic relationships of agrophytocenosis components in spring grain crops]. *AGRO XXI – AGRO XXI*, 1, 12–13. [in Russian].
60. Agropromizdat (1985). *Instrukciya po zasoreniyu polej, mnogoletnikh nasadzenij, kul'turnykh senokosov i pastbishch* [Instructions for littering fields, perennial plantations, cultivated hayfields and pastures]. Moscow. [in Russian].
61. All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Economics. (1979). *Metodika ocenki ehkonomicheskikh porogov vrednosnosti sornyakov sel'skokhozyajstvennykh kul'tur* [Methodology for assessing the economic thresholds of harmfulness of weeds of agricultural crops]. Moscow [in Russian].
62. Morohovec, V.N. et al. (2018). Sravnitel'naya ocenka ehffektivnosti pochvennykh gerbicidov v otnoshenii ambrosii polynolistnoj (*Ambrosia artemisiifolia* L.) [Comparative assessment of the effectiveness of soil herbicides against ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.)]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik – Far Eastern Agrarian Bulletin*, 4(48), 103–108. DOI: 10.24411/1999-6837-2018-14088 [in Russian].
63. Peres'shkin, V.F., Kovalenko, S.N., Shelestova, B.C. & Asatur M.K. (1989). *Praktikum po metodike opytnogo dela v zashchite rastenij* [Workshop on experimental techniques in plant protection]. M.: Agropromizdat [in Russian].
- Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Куц Г.М., Пільярська О.О., Коновалова В.М. Насіннева продуктивність люцерни першого року життя залежно від застосування гербіцидів**
- Мета роботи.** Дослідити вплив досходових, післясходових гербіцидів та їх поєднання на ступінь засміченості насінницьких посівів люцерни першого року та врожайність насіння. Завдання і методи досліджень. Дослідження проводили протягом 2018-2020 рр. на дослідному полі Інституту зрошувального землеробства НААН. Фактор А – умови зволоження (без зрошення і зрошення); фактор В – застосування досходового гербіциду (Контроль (без внесення гербіциду), діюча речовина (д.р.) S-метолахлор 960 г/л, д.р. Пендиметалін 330 г/л, д.р. Диметенамід-П 720 г/л); фактор С – застосування післясходового гербіциду (Контроль (без внесення гербіциду), Контроль (ручна прополка), д.р. Імазамокс 40 г/л, д.р. Бентазон 480 г/л, д.р. Бентазон 480 г/л + Імазамокс 22,4 г/л, д.р. Імазапир 15 г/л + Імазамокс 33 г/л). Результати досліджень. Застосування досходових гербіцидів знижувало забур'яненість посівів люцерни порівняно з контролем. Найефективнішим був досходовий гербіцид с д.р. Диметенамід-П 720 г/л. Але застосування досходових гербіцидів не сприяло в подальшому повній чистоті посівів люцерни, тому необхідно було застосовувати післясходові гербіциди. Найбільш ефективним був гербіцид з діючими речовинами Імазапир 15 г/л + Імазамокс 33 г/л. Але найбільшу врожайність насіння люцерни, за обох умов зволоження, було отримано на варіанті при застосуванні досходового гербіциду с д.р. Диметенамід-П 720 г/л, нормою 1,2 л/га та післясходового д.р. Імазамокс 40 г/л, нормою 1,2 л/га. При зрошенні насіннева продуктивність на цьому варіанті становила 195,06 кг/га, в умовах природного зволоження врожайність насіння становила 107,58 кг/га. **Висновки.** Застосування досходових гербіцидів знижувало забур'яненість посівів на ранній стадії розвитку рослин. Але в подальшому для утримання посівів люцерни в чистоті від бур'янів необхідно було застосовувати післясходові гербіциди. Найбільшу врожайність насіння люцерни, за обох умов зволоження, було отримано на варіанті при застосуванні досходового гербіциду с д.р. Диметенамід-П 720 г/л, нормою 1,2 л/га та післясходового д.р. Імазамокс 40 г/л, нормою 1,2 л/га.
- Ключові слова:** досходові гербіциди, післясходові гербіциди, насіння, люцерна, бур'яни, зрошення, природне зволоження
- Tyshchenko A.V., Tyshchenko O.D., Kuts G.M., Piliarska O.O., Konvalova V.M. Seed productivity of alfalfa in the first year of life depending on the use of herbicides**
- Purpose.** Investigate the effect of pre-emergence, post-emergence herbicides and their combination on the degree of contamination of alfalfa seed crops in the first

year and seed yield. **Tasks and research methods.** The research was conducted during 2018-2020 in the research field of the Institute of Irrigated Agriculture of NAAS. Factor A – humidification conditions (without irrigation and irrigation); factor B – the use of pre-emergence herbicide (Control (without herbicide), the active substance (a.s.) S-metolachlor 960 g/l, a.s. Pendimethalin 330 g/l, a.s. Dimethenamid-P 720 g/l); factor C – application of post-emergence herbicide (Control (without herbicide), Control (manual weeding), a.s. Imazamox 40 g/l, a.s. Bentazone 480 g/l, a.s. Bentazone 480 g/l + Imazamox 22.4 g/l, a.s. Imazapir 15 g/l + Imazamox 33 g/l). **Research results.** The application of pre-emergence herbicides reduced the weediness of alfalfa crops compared to the control. The most effective was the pre-emergence herbicide with a.s. Dimethenamid-P 720 g/l. But the use of pre-emergence herbicides did not contribute to the further complete purity of alfalfa crops, so it was necessary to apply post-emergence herbicides. The most effective was the herbicide

with active ingredients Imazapir 15 g/l + Imazamox 33 g/l. But the highest yield of alfalfa seeds, under both conditions of moisture, was obtained in the variant when using pre-emergence herbicide with a.s. Dimethenamid-P 720 g/l, the rate of 1.2 l/ha and post-emergence a.s. Imazamox 40 g/l, the rate of 1.2 l/ha. When irrigated, the seed productivity in this variant was 195.06 kg/ha, in conditions of natural moisture, the seed yield was 107.58 kg/ha. **Conclusions.** The use of pre-emergence herbicides reduced weed infestation in the early stages of plant development. But in the future, post-emergence herbicides had to be used to keep alfalfa crops free of weeds. The highest yield of alfalfa seeds, under both conditions of moisture, was obtained in the variant when applying pre-emergence herbicide with a.s. Dimethenamid-P 720 g/l, the rate of 1.2 l/ha and post-emergence a.s. Imazamox 40 g/l, the rate of 1.2 l/ha.

Key words: pre-emergence herbicides, post-emergence herbicides, seeds, alfalfa, weeds, irrigation, natural moisture.

НАШІ ЮВІЛЕЇ

БАЛАШОВІЙ ГАЛИНІ СТАНІСЛАВІВНІ – 60 РОКІВ!

23 січня 2022 року виповнилося 60 років Галині Станіславівні Балашовій, завідувачці відділу біотехнології, овочевих культур та картоплі Інституту зрошувального землеробства НААН, доктору сільськогосподарських наук, професору.

Галина Станіславівна – відома вчена України, яка присвятила своє життя науковим розробкам, пов'язаним із відтворенням насінневого матеріалу картоплі вищих категорій в умовах зрошення півдня України з використанням біотехнологічних методів оздоровлення вихідного матеріалу.

Галина Станіславівна народилась 23 січня 1962 року у с. Єлизаветівка Снігурівського району Миколаївської області. У 1978 р. закінчила Баратівську середню школу. Розпочала трудову діяльність обліковцем, реалізатором та бригадиром тепличного комплексу радгоспу «ім. 40-річчя Жовтня» (1979–1984 рр., с. Баратівка). За направленням радгоспу у 1980 році закінчила з відзнакою Київську однорічну сільськогосподарську школу майстрів-овочівників при АПП «Пуща-Водиця». У 1984 році переїхала до сел. Наддніпрянське та була прийнята на роботу в Український науково-дослідний інститут зрошувального землеробства, де пройшла шлях від лаборанта до завідувача відділу. У 1986 р. закінчила агрономічний факультет Херсонського сільськогосподарського інституту ім. О.Д. Цюрупи за фахом «вчений агроном».

У 2000 р. в Херсонському державному аграрному університеті захистила кандидатську дисертацію на тему: «Удосконалення технології вирощування продовольчої картоплі в умовах зрошення на півдні України» за спеціальністю «Сільськогосподарські меліорації». В 2004 р. присвоєно вчене звання старшого наукового співробітника за спеціальністю «Рослинництво».

У 2016 р. в ДУ Інститут сільського господарства степової зони НААН України (м. Дніпро) захистила докторську дисертацію на тему: «Наукові основи насінництва картоплі на півдні України» за спеціальністю «Селекція і насінництво». В 2021 р. присвоєно вчене звання професора за спеціальністю «Агрономія».

Балашова Г.С. упродовж тридцяти семи років веде активну наполегливу наукову діяльність у сільському господарстві, основні напрями якої зосереджені на розробках, пов'язаних із відтворенням на півдні України оздоровленого біотехнологічними методами добазового та базового насінневого матеріалу картоплі; оцінкою адаптивної здатності та визначенням кращих за продуктивністю та показниками якості сортів та гібридів вітчизняної селекції для подальшої селекційної роботи з метою створення нових сортів картоплі, придатних до вирощування двоврожайною культурою в умовах зрошення на півдні України; визначенням прийомів підвищення індукції бульбоутворення оздоровлених рослин *in vitro*, вдосконаленням схеми насінництва, пошуком нових методів оздоровлення картоплі, розробкою нових



способів уникнення повторного інфікування насіння вірусними хворобами; розробкою технологічного процесу розмноження оздоровленого вихідного матеріалу в розсадниках добазового та базового насінництва, зокрема за краплинного зрошення тощо.

Напрямки діяльності очолюваного Галиною Станіславівною відділу біотехнології, овочевих культур та картоплі Інституту зрошувального землеробства НААН багатогранні й значимі для розвитку України і, насамперед, для поліпшення добробуту людей, які і є основою Держави. У співстворстві зі своїм колективом:

- доведено принципову можливість та економічну доцільність створення насінневого матеріалу картоплі високих категорій безпосередньо на півдні України;
- визначено оптимальні прийоми отримання оздоровленого вихідного матеріалу картоплі в культурі меристем *in vitro*;
- розроблено принципово нову схему насінницького процесу з використанням унікального поєднання біотехнологічних методів оздоровлення вихідного матеріалу (термо- і хемотерапії, апікальної меристеми) та методу двоврожайної культури, яка ввійшла до «Положення про насінництво картоплі в Україні» з наданням права відтворення еліти Інституту зрошувального землеробства

НААН; ця схема включає вирощування еліти за трирічним циклом у двоврожайній культурі. Створена на Півдні еліта за продуктивністю перевищує аналогічний насіннєвий матеріал з регіонів традиційного картоплярства на 35%, а за собівартістю – дешевша на 21%; при послідовному розмноженні у двоврожайній культурі матеріал зберігає високу продуктивність до 6 категорії;

- доведено можливість скорочення терміну створення еліти з 3-х до 1,5-2 року польового репродукування, що дає можливість в значному ступені знизити ризик повторного інфікування картоплі вірусними хворобами в процесі насінництва;

- вдосконалено метод двоврожайної культури;

- розроблено та оптимізовано технології вирощування насінневої та продовольчої картоплі в умовах зрошення у двоврожайній культурі на півдні України.

За результатами багаторічної роботи Балашова Г.С. опублікувала понад 280 наукових праць (у т.ч. 7 монографій), має 5 патентів на винаходи, 21 патент на

корисну модель, 2 авторських свідоцтва на твір та 2 – на сорти картоплі.

Під науковим керівництвом Галини Станіславівни підготовлено 3 кандидати сільськогосподарських наук та 1 доктор філософії, 1 аспірант проходить навчання за освітньо-науковою програмою зі спеціальності «Агрономія».

Успішна реалізація потужного наукового досвіду Балашової Г.С. високо оцінюється як керівництвом Інституту зрошувального землеробства НААН, так і на державному рівні. Вона нагороджена Почесною Відзнакою НААН, Почесними грамотами Президії Національної академії аграрних наук України, Херсонської обласної державної адміністрації, Херсонської обласної ради, Департаменту агропромислового розвитку облдержадміністрації, Головного управління агропромислового розвитку Херсонської обласної державної адміністрації, Південного наукового центру НАН України і МОН України та багатьма іншими.

***Колектив Інституту зрошувального землеробства НААН щиро
вітає Галину Станіславівну з ювілеєм
та бажає міцного здоров'я, невичерпної життєвої енергії,
творчої наснаги, довгих років плідної праці та благополуччя!***

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

АНДРІЄНКО О.О.	40	ЛАРЧЕНКО О.В.	68
БАЗАЛІЙ В.В.	68	ЛИХОВИД П.В.	46
БАЗАЛІЙ Г.Г.	68, 74	ЛЯЛЮК О.С.	32
БАЗИЛЕНКО Є.О.	5	МАДАНИ М.М.	50
БОЙЧУК І.В.	68	МАРЧЕНКО Т. Ю.	5, 74
ВАСИЛЬКОВСЬКА К.В.	40	МІЩЕНКО С.В.	5
ВИСКУБ Р.С.	60	ПІЛЯРСЬКА О.О.	5, 92
ВОЖЕГОВА Р.А.	5	ПОПЛІВКО В.І.	60
ВУЙКО О.М.	16	САВІНА О.І.	83
ГЛЮДЗИК-ШЕМОТА М.Ю.	83	САМОФАЛОВ М.О.	25
ДУДКІН Д.О.	83	СИМОЧКО В.В.	83
ЖУПИНА А.Ю.	74	СКНИПА Н.Л.	60
ЗЕЛЕНЯНСЬКА Н.М.	25	ТИЩЕНКО А.В.	92
ІВЧЕНКО Т.В.	32	ТИЩЕНКО О.Д.	92
КОВАЛЬОВ М.М.	40	УСИК Л.О.	74
КОЗЛОВА О.П.	68	ЦВІГУН Д.І.	83
КОНОВАЛОВА В.М.	92	ЧУГРІЙ Г.А.	60
КУЦ Г.М.	92	ШЕЙДИК К.А.	83
ЛАВРИНЕНКО Ю.О.	5, 74	ШУЛЬЦ Петр	60

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ ІНСТИТУТ ЗРОШУВАНОВОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України є провідною науково-дослідною установою Півдня України, яка працює над виконанням фундаментальних і прикладних завдань державних науково-технічних програм у галузі зрошуваного та неполивного землеробства, насінництва, рослинництва, захисту рослин, агрохімії, меліорації, механізації та економіки.



СТВОРЮЄМО:

- кращі гібриди кукурудзи, сорти пшениці озимої, сої, помідорів, люцерни та багаторічних трав;
- новітні системи зрошуваного й неполивного землеробства відповідно до спеціалізації господарств;
- елементи раціонального природокористування, збереження родючості ґрунтів і навколишнього середовища за рахунок науково обґрунтованої структури посівних площ, системи сівозмін різної спеціалізації, ґрунтозахисних, енергозберігаючих способів обробки ґрунту для сільськогосподарських угідь.



ПРОПОНУЄМО:

- широкий асортимент високоякісного насіння сільськогосподарських культур власної селекції та селекції провідних селекційних центрів, адаптованого до умов вирощування на зрошуваних і неполивних землях;
- агрохімічний аналіз ґрунту та технологічні аналізи зерна пшениці, рису, проса, ячменю й інших сільськогосподарських культур (вологість, засміченість, натура, вміст сирої клітковини, хлібопекарські якості борошна, склоподібність, маса 1000 насінин);
- консультації з відбору зразків ґрунту, води, сільськогосподарської продукції для аналізу;
- рекомендації з використання добрив під сільськогосподарські культури;
- консультативно-методичні послуги з питань вирощування основних сільськогосподарських культур.

Запрошуємо всіх бажаючих до співпраці з метою створення міцного науково обґрунтованого фундаменту для розвитку систем зрошуваного й неполивного землеробства у степовій зоні України!

ІНСТИТУТ ЗРОШУВАНОВОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
73483, Україна, м. Херсон, смт Наддніпрянське
Тел./факс: +38(0552) 361-196
e-mail: izz.ua@ukr.net
сайт: izznaan.com.ua
www.facebook.com/izz.herson

НОТАТКИ

Наукове видання

АГРАРНІ ІННОВАЦІЇ

Випуск 11

Відповідальний секретар – Грановська Л.М.

Підписано до друку 28.01.2022 р. Формат 60×84 1/8.
Папір офсетний. Гарнітура Arial. Цифровий друк.
Умовно-друк. арк. 12,56. Наклад 300. Зам. № 0422/160
Віддруковано з готового оригінал-макета.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
73034, Україна, м. Херсон, вул. Паровозна, 46-а
Телефон +38 (048) 709 38 69, +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 6424 від 04.10.2018 р.