

# **АГРОБІОЛОГІЯ**

*Збірник наукових праць*

**№ 1 (179) 2023**

УДК 631/635(062.552):378.4(477.41)БНАУ

А 26

Агробіологія = Agrobiology: збірник наукових праць. № 1 (179) 2023. Білоцерківський національний аграрний університет. Біла Церква: БНАУ, 2021. 230 с. DOI 10.33245

Засновник, редакція, видавець і виготовлювач:  
Білоцерківський національний аграрний університет (БНАУ)

Збірник розглянуто і затверджено до друку рішенням Вченої ради БНАУ  
(Протокол № 5 від 25.05.2023 р.)

«Агробіологія» («Agrobiology») – збірник наукових праць є фаховим виданням, який включено до Переліку наукових фахових видань України категорії «Б» (Наказ Міністерства освіти і науки України № 1643 від 28.12.2019 р.), і є продовженням «Вісника Білоцерківського державного аграрного університету», започаткованого 1992 року. Збірник представлено на порталі Національної бібліотеки України ім. В.І. Вернадського, включено до міжнародних наукометричних баз Index Copernicus, Google Scholar, Crossref.

### **Редакційна колегія:**

Головний редактор – **Карпук Л.М.**, д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

Заступник головного редактора – **Єзерковська Л.В.**, канд. с.-г. наук, доц., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

### **Члени редакційної колегії:**

**Базіль П.**, гол. інженер, Французька асоціація географічної інформації (AFIGEO), Сен-Манде, Франція

**Белік П.**, д-р габіл., проф., Словацький сільськогосподарський університет, Нітра, Словацька Республіка

**Вахній С.П.**, д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

**Грабовський М.Б.**, д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

**Демидась Г.І.**, д-р с.-г. наук, проф., Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна

**Заячук В.Я.**, канд. с.-г. наук, доцент, Національний лісотехнічний університет України, Львів, Україна

**Іщук Г.П.**, канд. с.-г. наук, доцент, Уманський національний університет садівництва, Умань, Україна

**Іщук Л.П.**, д-р біол. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

**Копій Л.І.**, д-р с.-г. наук, проф., Національний лісотехнічний університет України, Львів, Україна

**Лавров В.В.**, д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

**Литвиненко М.А.**, д-р с.-г. наук, проф., академік НААН, Селекційно-генетичний інститут Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення, Одеса, Україна

**Лобачова С.В.**, ст. викладач, Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

**Марченко А.Б.**, д-р с.-г. наук, доц., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

**Малюга В.М.**, д-р с.-г. наук, проф., Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна

**Осадчук Л.С.**, д-р с.-г. наук, проф., Національний лісотехнічний університет України, Львів, Україна

**Примак І.Д.**, д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

**Рубік Х.**, д-р філософії, доц., Чеський університет природничих наук, Прага, Чехія

**Сич З.Д.**, д-р с.-г. наук, проф., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

**Ткаченко Н.**, д-р філософії, Університет Варвіка, Ковентрі, Великобританія

**Фучило Я.Д.**, д-р с.-г. наук, проф., Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, Київ, Україна

**Хахула В.С.**, канд. с.-г. наук, доц., Білоцерківський НАУ, Біла Церква, Україна

**Шмідке К.**, д-р наук, проф., Науково-дослідницький інститут органічного землеробства, Фрік, Швейцарія

**Юхновський В.Ю.**, д-р с.-г. наук, проф., Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна

**Editorial board:**

Editor-in-Chief – **Karpuk L.**, D.Sc., Prof., Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine  
Deputy Editor-in-Chief – **Ezerkovska L.**, PhD, Assistant Professor, Bila Tserkva NAU, Bila Tserkva, Ukraine

**Members of editorial board:**

**Bazile P.**, Chief Engineer, French Association for Geographic Information (AFIGEO), Saint-Mandé, France

**Bielik P.**, Dr habil., Professor, Slovak University of Agriculture, Nitra, Slovak Republic

**Demydas' G.**, Dr of Agriculture Science, Professor, National University of Life and Environmental Sciences, Kyiv, Ukraine

**Fuchylo Ya.**, Dr of Agriculture Science, Professor, Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of NAAN, Kyiv, Ukraine

**Grabovskyi M.**, Dr of Agriculture Science, Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

**Ishchuk H.**, Candidate of agricultural Science, Associate Professor, Uman National University of Horticulture, Uman, Ukraine

**Ishchuk L.**, Dr of Biological Science, Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

**Kopiy L.**, Dr of Agriculture Scs, Professor, Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine

**Khakhula V.**, Candidate of Agricultural Science, Associate Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

**Lavrov V.**, Dr of Agriculture Science, Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

**Lobachova S.**, Senior Lecturer, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

**Lytvynenko M.**, Dr of Agriculture Science, Professor, Academician of NAAS, Breeding and Genetic Institute of the National Center for Seed Science and Variety Research, Odessa, Ukraine

**Maliuha V.**, Dr of Agriculture Scs, Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**Marchenko A.**, Dr of Agriculture Science, Associate Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

**Osadchuk L.**, Dr of Agriculture Scs, Professor, Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine

**Prymak I.**, Dr of Agriculture Science, Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

**Roubík H.**, PhD, Associate Professor, Czech University of Life Sciences, Prague, Czech Republic

**Schmidtke K.**, Dr., Professor, Research Institute of Organic Agriculture, Frick, Switzerland

**Sych Z.**, Dr of Agriculture Science, Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

**Tkachenko N.**, PhD, University of Warwick, Coventry, United Kingdom

**Vakhniy S.**, Dr of Agriculture Science, Professor, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

**Yukhnovskyi V.**, Dr of Agriculture Science, Professor, National University of Life and Environmental Sciences, Kyiv, Ukraine

**Zayachuk V.**, Candidate of agricultural Science, Associate Professor, Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine

Адреса редакції: Білоцерківський національний аграрний університет, Соборна площа, 8/1, м. Біла Церква, 09117, Україна, e-mail: redakciaviddil@ukr.net.

## ЗМІСТ

<b>Гуменюк О.В., Кириленко В.В., Сабатин В.Я., Дубовик Н.С.</b> Прояв фенотипового домінування в F <sub>1</sub> та ступеня трансгресії у F <sub>2</sub> за елементами продуктивності головного колоса пшениці м'якої озимої.....	6
<b>Дрига В.В., Доронін В.А., Щербиніна Н.П., Шкляр В.Д.</b> Урожайність та якість насіння проса прутноподібного ( <i>Panicum virgatum</i> L.) залежно від сортових особливостей.....	15
<b>Куманська Ю.О., Лозінський М.В., Сабатин В.Я., Сидорова І.М., Дубовик Н.С.</b> Формування в сортів пшениці м'якої озимої довжини колосу і кількості колосків залежно від генотипу і умов року.....	23
<b>Піскова О.В., Костенко А.В., Шляхтун І.С., Діхтяр І.О., Ільченко Я.В., Присяжнюк Л.М.</b> Визначення поліморфізму ріпаку озимого ( <i>Brassica napus</i> L.) на основі SSR маркерів та морфологічних ознак.....	32
<b>Потапов А.В., Грабовський М.Б.</b> Економічна та енергетична ефективність застосування фунгіцидів та мікродобрив за вирощування гібридів буряків цукрових.....	42
<b>Слюсар І.Т., Сербенюк В.О., Соляник О.П., Сербенюк Г.А.</b> Природоохоронні аспекти мінерального удобрення кукурудзи на дренажних органогенних ґрунтах.....	52
<b>Хижняк С.В., Коверсун І.В., Довбиш О.Б., Войціцький В.М.</b> Характеристика екологічних ризиків в екосистемах та оцінювання можливості їх прояву.....	61
<b>Орлов С.Д., Корнєєва М.О., Кулік О.Г., Бровко С.М.</b> Формування та використання зразків генетичного фонду біоенергетичних культур в селекції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України.....	70
<b>Коновалов Д.В., Поліщук В.В., Карпук Л.М., Чухлеб С.Л., Шкляр В.Д.</b> Формування сортових ресурсів пшениці озимої.....	83
<b>Оліфірович В.О.</b> Особливості залуження еродованих схилів у південній частині Лісостепу Західного.....	91
<b>Примак І.Д., Глеваський В.І., Войтовик М.В., Павліченко А.А., Качан Л.М., Панченко О.Б., Образій С.В.</b> Запаси доступної ґрунтової вологи, урожайність і маса кореневих решток пшениці озимої та післяжнивної гірчиці білої залежно від систем обробітку, попередників і удобрення в п'ятипільній сівозміні.....	98
<b>Заїка Н.В., Карпук Л.М.</b> Урожайність та якість зерна спельти ( <i>Triticum spelta</i> L.) в умовах Лісостепу України.....	114
<b>Панченко Т.В., Грабовський М.Б., Лозінський М.В., Федорук Ю.В., Правдива Л.А., Горновська С.В.</b> Формування елементів продуктивності пшениці озимої та їх зв'язок із якістю сівби в умовах центральної частини Правобережного Лісостепу України.....	123
<b>Хахула В.С., Лозінська Т.П., Горновська С.В., Михайлюк Д.В., Крупа Н.М.</b> Успадкування та трансгресивна мінливість кількості зерен у колосі у F <sub>1</sub> – F <sub>2</sub> пшениці м'якої ярої...	133
<b>Чайка Т.О., Короткова І.В.</b> Напрями та технології відтворення родючості ґрунтів в Україні в післявоєнний період.....	142
<b>Шита О.П.</b> Розробка протоколу отримання асептичної культури <i>Prunus dulcis</i> (Mill.) D.A. Webb.....	157
<b>Присяжнюк О.І., Мусіч В.В., Маляренко О.А., Музика О.В., Свистунова І.В., Слободянюк В.В., Заришняк А.С., Сінченко В.М.</b> Потреба проса прутноподібного ( <i>Panicum virgatum</i> L.) в елементах живлення за вирощування на маргінальних ґрунтах Правобережного Лісостепу України.....	169
<b>Єщенко В.О., Коваль Г.В., Накльока Ю.І.</b> Плюси і мінуси No-till технології.....	178
<b>Сиромятников Ю.М.</b> Вплив агротехніки та строків сівби за різних погодних умов на врожайність сої.....	187
<b>Скиба В.В.</b> Екологічний моніторинг міграції техногенних радіонуклідів між абіотичними компонентами та водними рослинами екосистеми Канівського водосховища.....	196
<b>Хрик В.М., Левандовська С.М.</b> Сучасний стан протиерозійних соснових насаджень Придніпровського Правобережного Лісостепу.....	205
<b>Роговський С.В., Іщук Л.П., Струтинська Ю.В., Ярмола М.А., Круцілов А.І.</b> Підсумки інвентаризації дендрофлори та оцінка стану насаджень парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва «Томилівський».....	215



## CONTENT

<b>Humeniuk O., Kyrylenko V., Sabadyn V., Dubovyk N.</b> Manifestation of phenotypic dominance in F <sub>1</sub> and the degree of transgression in F <sub>2</sub> by elements of productivity of the main ear of soft winter wheat.....	6
<b>Dryga V., Doronin V., Shcherbynina N., Skhlyar V.</b> Yield and quality of <i>Panicum virgatum</i> ( <i>Panicum virgatum</i> L.) seed depends on varietal characteristics.....	15
<b>Kumanska Yu., Lozinskiy M., Sabadyn V., Sydorova I., Dubovyk N.</b> Formation of spike length and number of spikelets in soft winter wheat varieties depending on the genotype and conditions of the year.....	23
<b>Piskova O., Kostenko A., Shliakhtun I., Dikhtiar I., Ilchenko Y., Prysiazhniuk L.</b> Determination of winter rapeseed ( <i>Brassica napus</i> L.) polymorphism based on SSR markers and morphological characters.....	32
<b>Potapov A., Grabovskyi M.</b> Economic and energy efficiency of fungicides and microfertilizers in the cultivation of sugar beet hybrids.....	42
<b>Slyusar I., Serbeniuk V., Solyanyk O., Serbeniuk G.</b> Environmental protection aspects of mineral fertilizer of corn on drained organic soils.....	52
<b>Khyzhnyak S., Koversun I., Dovbysh O., Voytsitskiy V.</b> Characteristics of ecological risks in ecosystems and assessment of the possibility of their manifestation.....	61
<b>Orlov S., Kornieieva M., Kulyk O., Brovko S.</b> Institute of bioenergy crops and sugar beet NAAS: bioenergy crops gene bank formation and use in breeding.....	70
<b>Konovalov D., Polishchuk V., Karpuk L., Chuhleb S., Shklyar V.</b> Formation of varietal resources of winter wheat.....	83
<b>Olifirovych V.</b> The eroded slopes alkalization peculiarities in southern part of western Forest Steppe.....	91
<b>Prymak I., Hlevaskiy V., Voitovyk M., Pavlichenko A., Kachan L., Pancenko O., Obrazhyy S.</b> Reserves of available soil moisture, productivity and mass of root residues of winter wheat and post-harvest white mustard depending on cultivation, precursors and fertilizer.....	98
<b>Zaika N., Karpuk L.</b> Yield and quality of spelta grain ( <i>Triticum spelta</i> L.) in the conditions of the Forest Steppe of Ukraine.....	114
<b>Panchenko T., Hrabovskyi M., Lozinskiy M., Fedoruk Yu., Pravdiva L., Hornovska S.</b> Formation of productivity elements in winter wheat and their connection with sowing quality in the central part of the right-bank Forest-Steppe of Ukraine.....	123
<b>Khakhula V., Lozinska T., Hornovska S., Mykhailiuk D., Krupa N.</b> Inheritance and transgressive variability of the number of grains per ear in F <sub>1</sub> –F <sub>2</sub> soft spring wheat .....	133
<b>Chaika T., Korotkova I.</b> Directions and reproduction soil fertility technologies in the post-war period in Ukraine.....	142
<b>Shyta O.</b> Features of obtaining an aseptic culture of <i>Prunus dulcis</i> (Mill.) D.A. Webb.....	157
<b>Prysiazhniuk O., Musich V., Maliarenko O., Muzyka O., Svystunova I., Slobodyanuk V., Zaryshniak A., Sinchenko V.</b> Nutrient requirement of switchgrass ( <i>Panicum virgatum</i> L.) cultivated on marginal land of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine.....	169
<b>Yeshchenko V., Koval H., Naklioka Yu.</b> Pros and cons of No-till technology.....	178
<b>Syromyatnikov Y.</b> Influence of agricultural practices and sowing dates under different weather conditions on soybean yield.....	187
<b>Skyba V.</b> Ecological monitoring of migration of technogenic radionuclides between abiotic components and aquatic plants in the ecosystem of the Kaniv reservoir.....	196
<b>Khryk V., Levandovska S.</b> The current state of anti-erosion pine plantations of the Dnieper Right Bank Forest Steppe.....	205
<b>Rogovskyi S., Ishchuk L., Strutynska Y., Yarmola M., Krutysilov A.</b> Results of the den-droflora inventory and assessment of the plantations of the Tomylivskiy Park, a monument of landscape art.....	215

УДК 633.11. «324»: 631.528.6

## Прояв фенотипового домінування в $F_1$ та ступеня трансгресії у $F_2$ за елементами продуктивності головного колоса пшениці м'якої озимої

Гуменюк О.В.<sup>1</sup>, Кириленко В.В.<sup>1</sup>, Сабадин В.Я.<sup>2</sup>, Дубовик Н.С.<sup>2</sup><sup>1</sup> Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН України<sup>2</sup> Білоцерківський національний аграрний університет

✉ Сабадин В.Я. E-mail: valia.sabady@btsau.edu.ua



Гуменюк О.В., Кириленко В.В., Сабадин В.Я., Дубовик Н.С. Прояв фенотипового домінування в  $F_1$  та ступеня трансгресії у  $F_2$  за елементами продуктивності головного колоса пшениці м'якої озимої. «Агробіологія», 2023. № 1. С. 6–14.

Humeniuk O., Kyrylenko V., Sabady V., Dubovyk N. Manifestation of phenotypic dominance in  $F_1$  and the degree of transgression in  $F_2$  by elements of productivity of the main ear of soft winter wheat. «Agrobiologia», 2023. no. 1, pp. 6–14.

Рукопис отримано: 01.03.2023 р.

Прийнято: 16.03.2023 р.

Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-179-1-6-14

Наведено результати вивчення фенотипового домінування в  $F_1$  та ступеня трансгресії у  $F_2$  за елементами продуктивності: кількість та маса зерен і довжина головного колоса пшениці м'якої озимої. Підбір батьківських компонентів для схрещування формували за схемою діалельних схрещувань 7x7: за продуктивністю (Подольанка, МП Княжна, МП Ювілейна, МП Довіра), харчовим напрямом (Чорноброва, Білява, Софіївка).

У  $F_1$  за довжиною головного колоса гетерозис або наддомінування визначено у 25 комбінаціях схрещування (61,0 %). Найвищий прояв гетерозису виявлено за реципрокних схрещувань: МП Княжна ↔ Білява, МП Ювілейна ↔ Софіївка, МП Княжна ↔ МП Ювілейна та ін. За кількістю зерен у головному колосі виявлено гетерозис у 26 комбінаціях схрещування (63,5 %): МП Княжна ↔ Чорноброва, Чорноброва ↔ МП Ювілейна, МП Довіра ↔ МП Ювілейна та ін. За масою зерен з головного колоса виявлено наддомінування у 29 комбінаціях схрещування (72,5 %): МП Княжна ↔ Чорноброва, МП Ювілейна ↔ Білява, Софіївка ↔ Чорноброва та ін. Зазначені групи мають найвищу цінність для селекційної практики.

У  $F_2$  більшість популяцій значно перевищували батьківські компоненти, що вказує на значний формотворчий процес та можливість проведення доборів. За довжиною головного колоса виявлено позитивну трансгресію у 96,7 % гібридних популяцій. За кількістю зерен з головного колоса ступінь позитивної трансгресії визначено у 32 гібридних популяціях (80,9 %). За масою зерен із головного колоса – в 40 досліджуваних популяціях (97,5 %). Високим ступенем трансгресії характеризувалися гібридні популяції, де за материнську форму використовували сорти: МП Княжна, МП Ювілейна, МП Довіра, Софіївка, Чорноброва та ін.

**Ключові слова:** пшениця озима, гібриди  $F_1$ , елементи продуктивності, фенотипове домінування, популяції  $F_2$ , трансгресія.

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** На сьогодні обсяги врожайності сільськогосподарських культур не задовольняють потреби людства повною мірою. Кліматичні коливання останніх років значно впливають на стабільність виробництва рослинницької продукції [1, 2]. Одним з найбільш ефективних способів зростання та стабілізації виробництва зерна пшениці м'якої озимої є створення та впровадження у сільськогосподарське виробництво нових високоврожайних сортів, адаптованих до умов вирощування [3, 4].

Найбільш важливою проблемою у теорії селекції залишається процес підбору вихідного матеріалу для різних напрямів селекційної роботи. Вченими опрацьовано значну кількість принципів підбору батьківських компонентів для схрещування [5–7].

Досягнення в селекції пшениці досить часто пов'язані з застосуванням генетичного різноманіття споріднених видів та родів злаків. Новий напрям в селекції сортів пшениці спеціального використання (кондитерського, макаронного, технічного) також потребує за-

лучення в гібридизацію принципово нового генетичного матеріалу. Вчені постійно вдосконалюють метод гібридизації [8] та метод підвищення ефективності інтрогресивних схрещувань з метою подолання несумісності і стерильності гібридів перших поколінь. Окремі види мають споріднені геноми і спроможні за гібридизації передавати ознаки звичайним способом. Для переважної більшості родичів необхідно застосування певних прийомів перетворення чужорідного генетичного матеріалу у форму, доступну для ініціації рекомбінаційних процесів і отримання ліній з транслокаціями, заміщенням хромосом і субгеномів [9, 10].

Зважаючи на це, проблема підвищення врожайності пшениці, якості зерна та стійкості сортів до несприятливих біотичних чинників докільля набуває актуальності. Успіх у вирішенні цих питань, здебільшого, залежить від ефективності генетичного поліпшення сортів пшениці [11–13].

Продуктивність пшениці озимої формується з різних структурних елементів, оптимальний розвиток яких пов'язаний з певними фазами розвитку культури. Продуктивність пшениці озимої складається з низки структурних елементів, найважливішими з-поміж яких є кількість продуктивних стебел, довжина й озерненість колоса, кількість колосків [14].

Прогнозування селекційної цінності гібридного матеріалу ранніх поколінь є одним з важливих питань у теорії селекції. Вивчення особливостей успадкування морфологічної продуктивності у гібридів  $F_1$  належить до основного методу встановлення селекційної цінності гібридних комбінацій. Установлено наявність значного різноманіття особливостей успадкування залежно від комбінації схрещувань та ознак [15].

Відомо, що для селекції на продуктивність найбільш цінними є позитивні трансгресії, отримані в результаті появи зразків за певними цінними господарськими ознаками. Повну інформацію щодо генетичних властивостей сортів і перспективність їх використання у селекції можна отримати, вивчивши прояв успадкування ознак у  $F_1$  [16]. Високий рівень трансгресивної мінливості ознак продуктивності у гібридів пшениці виявляється за позитивного наддомінування та проміжного типу успадкування, тимчасом негативне наддомінування зумовлює незначне розщеплення в наступних поколіннях [17].

Установлено вплив на показники ступеня фенотипового домінування компонентів гібридизації, гіпотетичного та істинного гетерозису.

Виявлено, що більшість популяцій  $F_1$  значно перевищує батьківські компоненти гібридизації за крайніми максимальними показниками довжини головного колоса, що вказує на значний формотворчий процес і можливість проведеного добору [18].

У дослідженнях визначено кореляційні зв'язки озерненості головного колоса та елементів структури врожайності, які мають вплив на формування продуктивності колоса та урожайність зерна пшениці м'якої озимої. Мінливість кількості зерен у головному колосі була обумовлена взаємодією чинників генотип і умови року [19–21].

**Мета дослідження.** Вивчити закономірності успадкування комплексу селекційних ознак продуктивності головного колоса, виділити трансгресивні генотипи з цінними ознаками і властивостями для розширення генетичного різноманіття селекційного матеріалу різного напрямку використання зерна.

**Матеріал і методика дослідження.** Матеріалом для досліджень слугували сорти пшениці м'якої озимої Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла НААН України (МІП): Подолянка, МІП Княжна, МІП Ювілейна, МІП Довіра; Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насінництва та сортовивчення НААН (СГІ-НЦНС): Чорноброва, Білява, Софіївка.

Підбір батьківських компонентів для схрещування формували за схемою діалельний схрещувань  $7 \times 7$ : за продуктивністю (Подолянка, МІП Княжна, МІП Ювілейна, МІП Довіра)  $\leftrightarrow$  харчовим напрямом (Чорноброва, Білява, Софіївка) – продуктивність  $\leftrightarrow$  продуктивність, харчовий напрям  $\leftrightarrow$  харчовий напрям.

Досліди оцінки генотипів пшениці заклали в польових розсадниках МІП лабораторії селекції озимої пшениці. Дослідження гібридних комбінацій та популяцій  $F_1$ ,  $F_2$  проводили у 2021–2022 рр. Для максимальної реалізації елементів продуктивності та зручності добору і обліку застосовували розріджений спосіб сівби: відстань між рослинами в рядку 5 см, між рядками – 15–30 см, довжина рядка 1 м. Упродовж вегетації проводили фенологічні спостереження, за настання повної стиглості – структурний аналіз елементів продуктивності колоса батьківських компонентів та комбінацій схрещування ( $F_1$  – 25 рослин та  $F_2$  – 200 рослин).

Ступінь фенотипового домінування у гібридних комбінаціях  $F_1$  за цією кількісною ознакою обраховували за формулою В. Griffing [22]. Діапазон, в якому лежить ступінь домінування (hp), охоплює будь-які значення від

– ∞ до + ∞. Дані групували за класифікацією G. M. Veil, R. E. Atkins [23]. Позитивне наддомінування (гетерозис)  $h_p > +1$ ; часткове позитивне домінування  $+0,5 < h_p \leq +1$ ; проміжне успадкування  $-0,5 \leq h_p \leq +0,5$ ; часткове від'ємне успадкування  $-1 \leq h_p < -0,5$ ; і негативне наддомінування (депресія)  $h_p < -1$ .

Дослідження проводили відповідно до «Методики польового досліду» [24]. Статистичну обробку отриманого цифрового матеріалу виконували за допомогою комп'ютерних програм «Excel 2010».

**Результати дослідження та обговорення.** За результатами структурного аналізу  $F_1$  встановлено середнє значення довжини головного колоса 10,7 см, мінімальне – 8,5 см, максимальне – 14,4 см, розмах варіювання становив 5,9 см; середнє значення за кількістю зерен з головного колоса – 56,2 шт., розмах варіювання – 29,4 шт.; середня маса зерна з головного колоса становила 2,8 г, а розмах варіювання 1,8 г.

Найдовший головний колос 14,4 см відмічено у комбінації МП Ювілейна/МП Довіра; 12,5 см – Чорноброва/Білява, 12,4 см – МП Княжна/Чорноброва і 12,3 см – МП Княжна/МП Довіра.

Високу кількість зерен у головному колосі визначили в чотирьох комбінаціях: МП Ювілейна/Софіївка (70,6 шт.), Білява/Софіївка (68,9 шт.), МП Довіра/Білява (67,6 шт.), Чорноброва/МП Ювілейна (64,8 шт.). Середнє значення за кількістю зерен з головного колоса становило 56,2 шт.

За кращою масою зерна з головного колоса виокремились комбінації: МП Ювілейна/МП Довіра, МП Ювілейна/Софіївка – 3,4 г, МП Княжна/Подольянка, МП Княжна/Білява, Чорноброва/МП Ювілейна, МП Довіра/Подольянка – 3,3 г. Найменша маса зерна з колоса отримана у комбінації Чорноброва/МП Довіра – 1,6 г. Середня маса зерна з головного колоса становила 2,8 г.

У результаті аналізу експериментального матеріалу рослин за діалельною схемою схрещування сортів виявлено диференціацію між гібридами першого покоління за довжиною головного колоса та за типами успадкування. За результатами структурного аналізу встановлено, що ступінь фенотипового домінування довжини колоса в  $F_1$  варіював від гетерозису – наддомінування (НД) до частково від'ємного успадкування (ЧВУ) (табл. 1).

Аналіз у першому поколінні рослин пшениці за ознакою довжина головного колоса (рис. 1) вказав на наступну диференціацію: гетерозис або наддомінування встановлено в 25 комбінаціях схрещування (61,0 %), часткове позитивне домінування – 7 (17,0 %); проміжне успадкування – 8 (19,5 %); часткове від'ємне успадкування виявлено в одній комбінації, що становить 2,5 %. Гетерозис (наддомінування) зафіксовано у реципрокних схрещуваннях: МП Княжна ↔ Білява, МП Ювілейна ↔ Софіївка, МП Княжна ↔ МП Ювілейна, МП Довіра ↔ Білява та інші. Зазначені групи мають найвищу цінність для селекційної практики за довжиною головного колоса.

Таблиця 1 – Прояв фенотипового домінування ( $h_p$ ) у  $F_1$  та ступінь трансгресії ( $T_c$ ) в  $F_2$  за довжиною головного колоса (2021, 2022 рр.)

Сорт	МП Княжна	МП Ювілейна	Подольянка	МП Довіра	Чорноброва	Білява	Софіївка
МП Княжна	–	НД 46,2	НД 44,5	НД 56,0	ЧПД 20,1	НД 33,2	НД 78,1
МП Ювілейна	НД 32,1	–	ЧВУ 25,0	НД 29,4	ЧПД 19,2	ПУ -13,1	НД 5,9
Подольянка	НД 29,4	НД 41,2	–	ПУ 29,8	ЧПД 18,2	ЧПД 15,4	НД 30,2
МП Довіра	НД 32,1	НД 29,8	ПУ 26,5	–	ПУ 5,4	НД 36,0	ПУ 15,9
Чорноброва	ЧПД 12,5	НД 44,3	ПУ 8,6	ПУ 11,8	–	ЧПД 18,0	ПУ 7,8
Білява	НД 23,0	ПУ 15,9	НД 28,9	НД 30,2	ЧПД 20,1	–	НД 29,8
Софіївка	НД 30,7	НД 70,5	НД 65,4	НД 42,1	НД 18,2	НД 13,1	–

**Примітка:** у чисельнику – ( $h_p$ ) ступінь фенотипового домінування у  $F_1$ ; у знаменнику – ( $T_c$ ) ступінь трансгресії у  $F_2$ ; НД – наддомінування (гетерозис), ЧПД – часткове позитивне домінування, ПУ – проміжне успадкування, ЧВУ – частково від'ємне успадкування.

Ступінь позитивної трансгресії за ознакою довжина головного колоса виявлено в 96,7 % гібридів, негативна трансгресія – у 2,3 % гібридних популяціях. Високий ступінь трансгресії проявили 13 гібридних популяцій (30,9 %), розмах варіювання становив від 5,4 до 78,1 см.

Найбільше значення досліджуваної ознаки визначили у таких гібридних популяціях: МПП Княжна/Софіївка (78,1 %), Софіївка/МПП Ювілейна (70,5 %), Софіївка/Подольанка (65,4 %) та МПП Княжна/МПП Довіра (56,0 %). Високим ступенем трансгресії характеризувалися гібридні популяції, де за материнську форму використовували сорти: МПП Княжна, Софіївка, Чорноброва.

У результаті аналізу експериментального матеріалу рослин виявлено диференціацію між гібридами першого покоління за успадкуванням кількості зерен у головному колосі від гетерозису – наддомінування (НД) до негативного наддомінування – депресія (Д) (табл. 2).

Аналіз у першому поколінні рослин пшениці за ознакою кількість зерен у головному колосі (рис. 2) вказав на наступну диференціацію: гетерозис або наддомінування встановили для 26 комбінацій схрещування (63,5 %); часткове позитивне домінування – 2 (4,9 %); проміжне успадкування – 5 (12,2 %); часткове від'ємне успадкування виявлено у двох комбінаціях, що становить 4,8 %. Прояв депресії встановлено у шести комбінаціях (14,6 %).

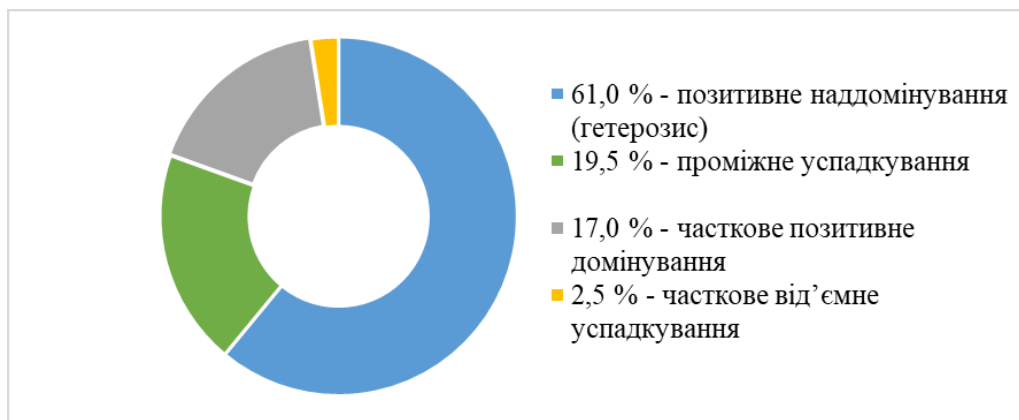


Рис. 1. Класовий розподіл фенотипового домінування за довжиною головного колоса у  $F_1$  (2021 р.).

Таблиця 2 – Прояв фенотипового домінування (hp) у  $F_1$  та ступінь трансгресії (Тс) в  $F_2$  за кількістю зерен у головному колосі (2021, 2022 рр.)

Сорт	МПП Княжна	МПП Ювілейна	Подольанка	МПП Довіра	Чорноброва	Білява	Софіївка
МПП Княжна	–	<u>ЧПД</u> 20,1	<u>НД</u> 35,2	<u>Д</u> -10,1	<u>НД</u> 23,5	<u>НД</u> 19,3	<u>НД</u> 9,8
МПП Ювілейна	<u>НД</u> 22,3	–	<u>ЧВУ</u> 5,3	<u>НД</u> 30,1	<u>НД</u> 28,2	<u>НД</u> 19,0	<u>НД</u> 11,3
Подольанка	<u>НД</u> 36,2	<u>ПУ</u> 5,6	–	<u>Д</u> -10,1	<u>НД</u> 7,8	<u>ЧПД</u> 8,1	<u>ПУ</u> 19,5
МПП Довіра	<u>Д</u> -3,0	<u>НД</u> 40,1	<u>НД</u> 80,4	–	<u>НД</u> 15,2	<u>НД</u> 17,8	<u>ПУ</u> 28,3
Чорноброва	<u>НД</u> 8,9	<u>НД</u> 9,5	<u>НД</u> 7,0	<u>Д</u> -2,3	–	<u>НД</u> 15,6	<u>ПУ</u> 10,9
Білява	<u>НД</u> 8,9	<u>НД</u> 10,3	<u>Д</u> -1,8	<u>НД</u> 10,9	<u>НД</u> 15,3	–	<u>НД</u> 7,0
Софіївка	<u>НД</u> 19,4	<u>ПУ</u> 5,2	<u>ПУ</u> -1,2	<u>ЧВУ</u> -8,9	<u>НД</u> 15,9	<u>Д</u> -14,3	–

**Примітка:** у чисельнику – (hp) ступінь фенотипового домінування у  $F_1$ ; у знаменнику – (Тс) ступінь трансгресії у  $F_2$ ; НД – наддомінування (гетерозис), ЧПД – часткове позитивне домінування, ПУ – проміжне успадкування, ЧВУ – частково від'ємне успадкування, Д – депресія (негативне домінування).



Максимальним ступенем гетерозису характеризувалися гібриди реципрокних схрещувань: МП Княжна ↔ Чорноброва, Чорноброва ↔ МП Ювілейна, МП Довіра ↔ МП Ювілейна, МП Довіра ↔ Білява. Зазначені групи мають найвищу цінність для селекційної практики за кількістю зерен з головного колоса.

Ступінь позитивної трансгресії за ознакою кількість зерен з головного колоса визначено у 32 гібридних популяціях (80,9 %), високий – у чотирьох (9,5 %) (табл. 3). Розмах варіювання становив від 1,8 до 80,4 шт., що відповідав 78,6 шт. Найвищий ступінь трансгресії мали гібридні популяції МП Довіра/Подольнка (80,4 %), МП Довіра/МП Ювілейна (40,1 %), Подольнка/МП Княжна (36,2 %), МП Княжна/Подольнка (35,2 %).

У результаті аналізу експериментального матеріалу рослин виявлено диференціацію між гібридами першого покоління за типами успадкування маси зерен із колоса від гетерозису (наддомінування) (НД) до частково від'ємного успадкування (ЧВУ) (табл. 3).

Аналіз у першому поколінні рослин пшениці за ознакою маса зерна з головного колоса (рис. 3) вказав на наступну диференціацію: гетерозис або наддомінування виявлено у 29 комбінаціях схрещування (72,5 %), проміжне успадкування – 10 (25,0 %); часткове від'ємне успадкування – 1 (2,5 %). Максимальним ступенем гетерозису характеризувалися гібриди реципрокних схрещувань: МП Княжна ↔ Чорноброва, МП Ювілейна ↔ Білява, Софіївка ↔ Чорноброва.

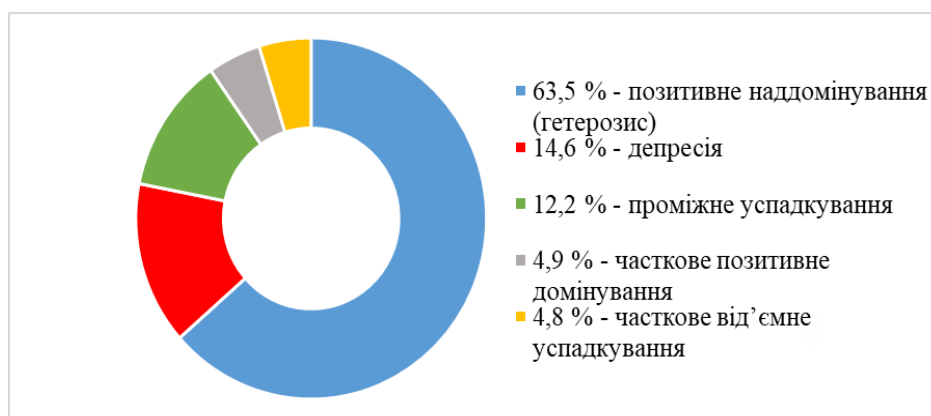


Рис. 2. Класовий розподіл фенотипового домінування за кількістю зерен у головному колосі у F<sub>1</sub> (2021 р.).

Таблиця 3 – Прояв фенотипового домінування (hp) у F<sub>1</sub> та ступінь трансгресії (Tc) в F<sub>2</sub> за масою зерен з головного колоса (2021, 2022 рр.)

Сорт	МП Княжна	МП Ювілейна	Подольнка	МП Довіра	Чорноброва	Білява	Софіївка
МП Княжна	–	ПУ 19,2	НД 37,0	НД 78,5	НД 20,1	НД 5,9	ПУ -1,2
МП Ювілейна	НД 62,0	–	ПУ 59,6	НД 85,1	НД 18,2	НД 6,1	НД 7,2
Подольнка	НД 69,0	ПУ 35,0	–	НД 56,2	НД 15,7	ПУ -1,8	НД 18,0
МП Довіра		ПУ 15,8	НД 63,2	–	НД 26,3	ПУ 5,0	ПУ 20,1
Чорноброва	НД 40,2	НД 40,2	НД 12,0	ЧВУ 2,6	–	НД 8,9	НД 5,0
Білява	НД 36,0	НД 25,0	НД 17,8	ПУ 1,9	НД 1,9	–	НД 5,2
Софіївка	НД 12,3	ПУ 20,0	НД 5,6	НД 10,1	НД 8,9	НД 7,9	–

**Примітка:** у чисельнику – (hp) ступінь фенотипового домінування у F<sub>1</sub>; у знаменнику – (Tc) ступінь трансгресії у F<sub>2</sub>; НД – наддомінування (гетерозис), ПУ – проміжне успадкування, ЧВУ – частково від'ємне успадкування.



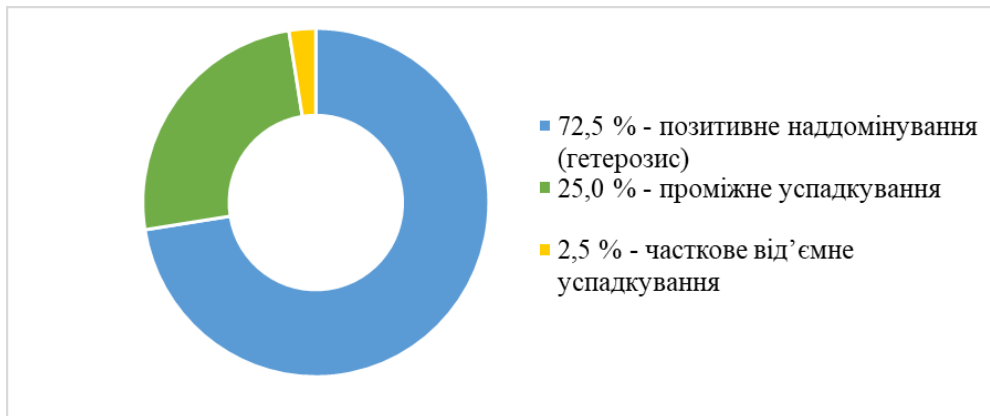


Рис. 3. Класовий розподіл фенотипового домінування за масою зерен з головного колоса у  $F_1$  (2021 р.).

Зазначені групи мають найвищу цінність для селекційної практики за масою зерен з головного колоса.

Позитивну трансгресію за ознакою маса зерна із головного колоса визначили в 40 досліджуваних популяціях (97,5 %). Високим ступенем трансгресії характеризувались гібридні популяції – МПП Ювілейна/МПП Довіра (85,1 %), МПП Княжна/МПП Довіра (78,5 %), Подолянка/МПП Княжна (69,0 %). Розмах трансгресії знаходився в межах від 2,6 до 85,1 г, що відповідає 82,5 г. Зафіксовано ступінь депресії у двох популяціях (4,8 %).

**Висновки.** Успадкування елементів продуктивності головного колоса в  $F_1$ , за гібридизації батьківських компонентів пшениці м'якої озимої різного напрямку використання, в більшості випадків відбувалось за позитивним наддомінуванням (гетерозис). Підбір батьківських пар для гібридизації мав значний вплив на показник фенотипового домінування.

У  $F_1$  за цінними господарськими ознаками елементів продуктивності головного колоса визначили ступінь фенотипового домінування:

- за довжиною головного колоса, гетерозис або наддомінування визначено у 25 комбінаціях схрещування (61,0 %). Найвищий прояв гетерозису виявлено за реципрокних схрещувань: МПП Княжна ↔ Білява, МПП Ювілейна ↔ Софіївка, МПП Княжна ↔ МПП Ювілейна, МПП Довіра ↔ Білява та ін.

- за кількістю зерен у головному колосі, виявлено гетерозис або наддомінування у 26 комбінаціях схрещування (63,5 %). Комбінації схрещування: МПП Княжна ↔ Чорноброва, Чорноброва ↔ МПП Ювілейна, МПП Довіра ↔ МПП Ювілейна, МПП Довіра ↔ Білява мали найвищий прояв гетерозису;

- за масою зерен з головного колоса, виявлено наддомінування у 29 комбінаціях схрещування (72,5 %). Максимальним ступенем гетерозису характеризувались гібриди за реципрокних схрещувань: МПП Княжна ↔ Чорноброва, МПП Ювілейна ↔ Білява, Софіївка ↔ Чорноброва.

Зазначені групи мають найвищу цінність для селекційної практики.

У  $F_2$  за цінними господарськими ознаками елементів продуктивності головного колоса встановили ступінь позитивної трансгресії:

- за довжиною головного колоса, виявлено позитивну трансгресію у 96,7 % гібридних популяцій. Високим ступенем трансгресії характеризувались гібридні популяції, де за материнську форму використовували сорти: МПП Княжна, Софіївка і Чорноброва;

- за кількістю зерен з головного колоса, ступінь позитивної трансгресії визначено у 32 гібридних популяціях (80,9 %). Найвищий ступінь трансгресії мали гібридні популяції МПП Довіра/Подолянка (80,4 %), МПП Довіра/МПП Ювілейна (40,1 %), Подолянка/МПП Княжна (36,2 %), МПП Княжна/Подолянка (35,2 %);

- за масою зерен із головного колоса, визначили позитивну трансгресію в 40 досліджуваних популяціях (97,5 %). Високим ступенем трансгресії характеризувались гібридні популяції – МПП Ювілейна/МПП Довіра (85,1 %), МПП Княжна/МПП Довіра (78,5 %), Подолянка/МПП Княжна (69,0 %).

Перспективою подальших досліджень є проведення доборів та оцінка одержаних рекомбінантів за комплексом цінних господарських ознак з метою створення нового вихідного матеріалу для селекції сортів пшениці м'якої озимої з високим рівнем продуктивності та харчового напрямку використання.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Tavares L., Carvalho C., Bassoi M. Adaptability and stability as selection criterion for wheat cultivars in Paraná State. *Ciências Agrárias*. Londrina. 2015. Vol. 36. № 5. P. 2933–2942. DOI: 10.5433/1679-0359.2015v36n5p2933.
2. Machold J., Honeremeier B. Impact of climate change on cultivar choice: adaptation strategies of farmers and advisors in German cereal production. *Agronomy*, 2016. Vol. 6 (40).
3. Впровадження у виробництво нових, стійких до стресових факторів, високопродуктивних сортів озимої пшениці, створених на основі використання хромосомної інженерії та маркер-допоміжної селекції / В.В. Моргун та ін. Наука та інновація. 2014. № 5. С. 40–48. DOI: 10.15407/scin10.05.040.
4. Чернобай Ю.О., Рябчун В.К., Ярош А.В., Моргунов О.І. Елементи продуктивності та врожайності зразків пшениці м'якої озимої в залежності від походження. Генетичні ресурси рослин. 2019. № 24. С. 47–57. DOI: 10.36814/pgr.2019.24.03.
5. Бурденюк-Тарасевич Л.А., Лозінський М.В. Принципи підбору пар для гібридизації в селекції озимої пшениці *T. aestivum* L. на адаптивність до умов. Фактори експериментальної еволюції організмів: зб. наук. пр. Київ: Укр. т-во генетиків і селекціонерів ім. М.І. Вавилова, 2015. Т. 16. С. 92–96.
6. Гадзало Я.М., Кириченко В.В., Дзюбецький Б.В. Стратегія інноваційного розвитку селекції і насінництва зернових культур в Україні. Київ-Харків-Дніпро, 2016. 32 с.
7. Influence of climatic factors on *Triticum aestivum* L. grains formation in  $F_1$  crossing varieties with 1AL.1RS and 1BL.1RS translocations / V.V. Kurylenko et al. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2021. 11 (2). P. 99–105. DOI: 10.15421/2021\_85.
8. Патент на корисну модель № 139973 Україна. Спосіб подвійного запилення в селекції пшениці м'якої озимої *Triticum aestivum* L. / Вологдіна Г.Б. та ін. МПК (2020.02), A01H1/04, № а 2019050991; заяв. 14.05.2019; опубл. 10.02.2020, Бюл. № 3/2020.
9. Селекційно-генетичні особливості прояву кількості зерен у головному колосі у гібридів з пшенично-житніми транслокаціями 1BL.1RS і 1AL.1RS в умовах Лісостепу України / Н.С. Дубовик та ін. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2022. № 1 (171). С. 85–94. DOI: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-85-94.
10. Correlation and genetic component studies for peduncle length affecting grain yield in wheat / M.U. Farooq et al. *Int J Adv Appl Sci*, 2018. № 5. P. 67–75.
11. Ecological significance of winter wheat varieties in phytosanitary optimization of agroecosystems / I. Beznosko et al. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2021. № 1. P. 180–187. DOI: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-180-187
12. Парфенюк А.І. Сорт рослин як чинник біологічної безпеки в агроценозах України. Агроекологічний журнал. 2017. № 2. С. 155–163.
13. Моргун В.В. Внесок генетики і селекції рослин у забезпечення продовольчої безпеки України. Вісник НАН України. 2016. № 5. С. 20–23.
14. Ходаніцький В., Ходаніцька О. Формування продуктивності колоса в зернових. Пропозиція. 2017. № 4. С. 78–80. URL: <https://propozitsiya.com/ua/formuvannya-produktivnosti-kolosa-v-zernovih>.
15. Криворученко Р.В., Гопцій В.О. Характер успадкування комплексу морфофізіологічних ознак продуктивності в гібридів  $F_1$  пшениці м'якої озимої. Вісник Харківського національного аграрного університету. «Рослинництво, селекція і насінництво, плодовоочівництво і зберігання». 2019. Вип. 2. С. 176–197. DOI: 10.35550/ISSN2413-7642.2019.02.18.
16. Орлюк А.П. Трансгресивна мінливість господарсько-цінних ознак і властивостей у озимої пшениці. Зб. наук. пр. СГІ – НЦНС. Одеса, 2004. Вип. 6 (46). С. 20–31.
17. Базалій В.В., Бойчук І.В. Трансгресивна мінливість гібридів пшениці м'якої озимої і її використання в селекції. Таврійськ. наук. вісн. 2012. Вип. 78. С. 5–8.
18. Лозінський М.В., Устинова Г.Л. Успадкування в  $F_1$  і трансгресивна мінливість в  $F_2$  довжини головного колосу за схрещування різних за швидкістю сортів пшениці м'якої озимої. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2020. № 2. С. 70–78. DOI: 10.33245/2310-9270-2020-161-2-70-78.
19. Лозінський М.В. Оцінка селекційних номерів пшениці м'якої озимої на адаптивність за кількістю зерен із головного колосу. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2018. № 2. С. 60–70. DOI: 10.33245/2310-9270-2018-142-2-60-70.
20. Evaluation of selected soft winter wheat lines for main ear grain weight / M. Lozinskiy et al. *Agronomy Research* 19 (2). 2021. P. 540–551. DOI: 10.15159/AR.21.071.
21. Бакуменко О.М., Осьмачко О.М., Власенко В.А. Комбінаційна здатність сортів пшениці озимої Крижинка та Смуглянка: монографія. Суми: Мрія, 2019. 194 с.
22. Griffing B. Analysis of quantitative gene action by constant parent regression and related techniques. *Genetics*. 1950. Vol. 35. P. 303–321.
23. Beil G.M., Atkins R.E. Inheritance of quantitative characters in grain sorghum. *Iowa St. J. Science*. 1965. Vol. 39, N 3. P. 345–358.
24. ДСТУ 3768-2010 Пшениця. Технічні умови. Київ: Держспоживстандарт України, 2010. 14 с.

## REFERENCES

1. Tavares, L., Carvalho, C., Bassoi, M. (2015). Adaptability and stability as selection criterion for wheat cultivars in Paraná State. *Ciências Agrárias*. Londrina. Vol. 36 (5), pp. 2933–2942. DOI: 10.5433/1679-0359.2015v36n5p2933
2. Machold, J., Honeremeier, B. (2016). Impact of climate change on cultivar choice: adaptation strategies of farmers and advisors in German cereal production. *Agronomy*. Vol. 6 (40).
3. Morhun, V.V., Havryliuk, M.M., Oksom, V.P. (2014). Vprovadzhennia u vyrobnytstvo novykh, stiikykh do stresovykh faktoriv, vysokoproduktyvnykh sortiv ozymoi pshenytsi, stvorenykh na osnovi vykorystannia khromosomnoi inzhenerii ta marker-do-

pomizhnoi selektsii [Introduction into production of new, stress-resistant, highyielding varieties of winter wheat, created on the basis of the use of chromosomal engineering and marker-auxiliary selection]. Nauka ta innovatsiia [Science and innovation]. Vol. 10, no. 5, pp. 40–48.

4. Chernobai, Yu.O., Riabchun, V.K., Yarosh, A.V., Morhunov, O.I. (2019). Elementy produktyvnosti ta vrozhnist zrazkiv pshenytsi miakoi ozymoi v zalezhnosti vid pokhodzhennia [Winter bread wheat productivity elements and yield capacity in relation to its origin]. Henetychni resursy roslyn [Genetic resources of plants]. DOI: 10.36814/pgr.2019.24.03.

5. Burdenjuk-Tarasevych, L.A., Lozins'kyj, M.V. (2015). Pryncypy pidboru par dlja gibrydyzatsii v selektsii ozymoi pshenytsi *T. aestivum* L. na adaptivnist' do umov [Principles of selection of steam for hybridization in winter wheat selection *T. aestivum* L. on adaptability to conditions]. Faktory eksperymental'noi' evolucii' organizmiv: zb. nauk. pr. Nacional'na akad emija nauk Ukraïny, AN Ukraïny, Instytut molekularnoi' biologii' i genetyky, Ukr. t-vo genetykiv i selekcioneriv im. M.I. Vavyl'ova [Factors of Experimental Evolution of Organisms: collected works National Academy of Sciences of Ukraine, Academy of Sciences of Ukraine, Institute of Molecular Biology and Genetics, Ukrainian Society of Genetics and Breeders named after M.I. Vavilov]. Kyiv, Ukrainian Society of Genetics and Breeders M.I. Vavilov, Vol. 16, pp. 92–96.

6. Gadzalo, Ja.M., Kyrychenko, V.V., Dzubec'kyj, B.V. (2016). Strategija innovacijnogo rozvytku selektsii i nasinnytva zernovykh kul'tur v Ukraïni [Strategy of innovative development of breeding and seed production of grain crops in Ukraine]. Kyiv-Harkiv-Dnipro, 32 p.

7. Kyrylenko, V.V., Kochmarskyi, V.S., Humeniuk, O.V., Volohdina, H.B., Pykalo, S.V., Dubovyk, N.S., Sabadyn, V.Ya., Lobachov, V.O. (2021). Influence of climatic factors on *Triticum aestivum* L. grains formation in  $F_1$  crossing varieties with 1AL.1RS and 1BL.1RS translocations. Ukrainian Journal of Ecology. no. 11 (2), pp. 99–105. DOI: 10.15421/2021\_85.

8. Volohdina, H.B., Demydov, O.A., Humeniuk, O.V., Zamlila, N.P., Derhachov, O.L. (2020). Patent na korysnu model № 139973 Ukraina. Sposib podviinoho zapyleniia v selektsii pshenytsi miakoi ozymoi *Triticum aestivum* L. [Patent for a utility model No. 139973 Ukraine. The method of double pollination in the selection of soft winter wheat *Triticum aestivum* L.]. IPC (2020.02), A01H1/04, No. a 2019050991; statement 14.05.2019; published 10.02.2020, Bul. No. 3/2020.

9. Dubovyk, N.S., Sabadyn, V.Ya., Kyrylenko, V.V., Humeniuk, O.V., Lobachov, V.O. (2022). Selektiino-henetychni osoblyvosti proiavu kilkosty zeren u holovnomu kolosi u hibrydiv z pshenychno-zhytnimy translokatsiiami 1BL.1RS i 1AL.1RS v umovakh Lisostepu Ukraïny [Selection and genetic features of the manifestation of the number of grains in the main spike in hybrids with wheat-rye translocations 1BL.1RS and 1AL.1RS in the conditions of the Forest Steppe of Ukraine]. Zbirnyk naukovykh prats «Ahrobiologia» [Collection of scientific works "Agrobiology"].

no. 1 (171), pp. 85–94. DOI: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-85-94.

10. Farooq, M.U., Cheema, A.A., Ishaq, I., Zhu, J. (2018). Correlation and genetic component studies for peduncle length affecting grain yield in wheat. Int J Adv Appl Sci. no. 5, pp. 67–75.

11. Beznosko, I., Parfenyuk, A., Gorgan, T., Gavrilyuk, L., Turovnik, Y. (2021). Ecological significance of winter wheat varieties in phytosanitary optimization of agroecosystems. Zbirnyk naukovykh prac' «Agrobiologija» [Collection of scientific works "Agrobiology"]. no. 1, pp. 180–187. DOI: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-180-187.

12. Parfeniuk, A.I. (2017). Sort roslyn yak chynnyk biolohichnoi bezpeky v ahrotsenozakh Ukraïny [Plant variety as a factor of biological safety in agrocenoses of Ukraine]. Ahroekolohichnyi zhurnal [Agroecological journal]. no. 2, pp. 155–163.

13. Morhun, V.V. (2016). Vnesok henetyky i selektsii roslyn u zabezpechennia prodovolchoi bezpeky Ukraïny [The contribution of genetics and plant breeding in ensuring food security of Ukraine]. Visnyk NAN Ukraïny [Bulletin of the NAS of Ukraine]. no. 5, pp. 20–23.

14. Khodanitskyi, V., Khodanitska, O. (2017). Formuvannia produktyvnosti kolosa v zernovykh [Formation of ear productivity in cereals]. Propozyttsiia [Offer]. no. 4, pp. 78–80. Available at: <https://propozyttsiia.com/ua/formuvannya-produktivnosti-kolosa-v-zernovykh>

15. Kryvoruchenko, R.V., Hoptsi, V.O. (2019). Kharakter uspadkuvannia kompleksu morfofiziolohichnykh oznak produktyvnosti v hibrydiv  $F_1$  pshenytsi miakoi ozymoi. [Character of inheritance of morphophysiological complex trait in  $F_1$  soft winter wheat hybrids]. Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahroarhnoho universytetu. «Roslynnytstvo, selektsiia i nasinnytstvo, plodoovochivnytstvo i zberihannia» [Bulletin of the Kharkiv National Agrarian University. "Crop production, selection and seed production, fruit and vegetable production and storage"]. no. 2, pp. 176–197. DOI: 10.35550/ISSN2413-7642.2019.02.18.

16. Orliuk, A.P. (2004). Transhresyvnna minlyvist hospodarsko-tsinnnykh oznak i vlastyvostei u ozymoi pshenytsi. [Transgressive variability of economic and valuable traits and properties in winter wheat]. Zb. nauk. pr. SHI – NTsNS. Odesa [Coll. of science Ave. SGI – NCNS. Odesa]. Issue 6 (46), pp. 20–31.

17. Bazalii, V.V., Boichuk, I.V. (2012). Transhresyvnna minlyvist hibrydiv pshenytsi miakoi ozymoi i yii vykorystannia v selektsii [Transgressive variability of soft winter wheat hybrids and its use in breeding]. Tavriisk. nauk. visn. [Tavriysk of science release]. Issue 78, pp. 5–8.

18. Lozins'kyj, M.V., Ustynova, G.L. (2020). Uspadkuvannja v  $F_1$  i transgresyvnna minlyvist' v  $F_2$  dozvhynny golovnogo kolosu za shreshhuvannja riznykh za skorostyglystju sortiv pshenytsi mjakoi ozymoi [Inheritance in  $F_1$  and transgressive variability in  $F_2$  of the length of the main spike in crossing of soft winter wheat varieties with different precocity]. Zbirnyk naukovykh prac' «Agrobiologija» [Collection of sci-

entific works "Agrobiology"]. no. 2, pp. 70–78. DOI: 10.33245/2310-9270-2020-161-2-70-7820.

19. Lozinskyi, M.V. (2018). Otsinka selektsiinykh nomeriv pshenytsi miakoi ozymoi na adaptyvnysh za kilkistiu zeren iz holovnoho kolosu [Evaluation of selection numbers of soft winter wheat for adaptability by the number of grains from the main ear]. Zbirnyk naukovykh prats «Ahrobiolohiia» [Collection of scientific works "Agrobiology"]. no. 2, pp. 60–70. DOI: 10.33245/2310-9270-2018-142-2-60-70.

20. Lozinskiy, M., Burdenyuk-Tarasevych, L., Grabovskiy, M., Lozinska, T., Sabadyn, V., Sidorova, I., Panchenko, T., Fedoruk, Y., Kumanska, Y. (2021). Evaluation of selected soft winter wheat lines for main ear grain weight. *Agronomy Research* 19 (2), pp. 540–551. DOI: 10.15159/AR.21.071.

21. Bakumenko, O.M., Osmachko, O.M., Vlasenko, V.A. (2019). Kombinatsiina zdatnist sortiv pshe-nytsi ozymoi Kryzhynka ta Smuhlianka: monohrafiia [Combinative ability of winter wheat cultivars Kryzhynka and Smuhlianka]. Sumy, Mriya, 194 p.

22. Griffing, B. (1950). Analysis of quantitative gene-action by constant parent regression and related techniques. *Genetics*. Vol. 35, pp. 303–321.

23. Beil, G.M., Atkins, R.E. (1965). Inheritance of quantitative characters in grain sorghum. *Iowa State Journal*. no. 39, 3 p.

24. DSTU 3768-2010 Pshenytsia. Tekhnichni umovy. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2010. 14 s. [DSTU 3768-2010 Wheat. Specifications. Kyiv: Derzhspozhyvstandard of Ukraine]. 2010. 14 p.

**Manifestation of phenotypic dominance in  $F_1$  and the degree of transgression in  $F_2$  by elements of productivity of the main ear of soft winter wheat**  
**Humeniuk O., Kyrylenko V., Sabadyn V., Dubovyk N.**

The results of the study of phenotypic dominance in  $F_1$  and the degree of transgression in  $F_2$  by elements

of productivity: the number and mass of grains and the length of the main ear of soft winter wheat are presented. The selection of parental components for crossing was formed according to the scheme of 7x7 diallel crossings: by productivity (Podolianka, MIP Kniiazna, MIP Yuvileina, MIP Dovira), nutritional direction (Chornobrova, Biliava, Sofiivka).

In  $F_1$ , according to the length of the main spike, heterosis or overdominance was determined in 25 crossing combinations (61.0 %). The highest manifestation of heterosis was found in reciprocal crossings: MIP Kniiazna ↔ Biliava, MIP Yuvileina ↔ Sofiivka, MIP Kniiazna ↔ MIP Yuvileina, etc. According to the number of grains in the main spike, heterosis was found in 26 crossing combinations (63.5 %) of MIP Kniiazna ↔ Chornobrova, Chornobrova ↔ MIP Yuvileina, MIP Dovira ↔ MIP Yuvileina, etc. By the mass of grains from the main ear, overdominance was found in 29 crossing combinations (72.5 %) of MIP Kniiazna ↔ Chornobrova, MIP Yuvileina ↔ Biliava, Sofiivka ↔ Chornobrova, etc. These groups have the highest value for selection practice.

In  $F_2$ , most populations significantly exceeded parental components, which indicates a significant formative process and the possibility of selection. According to the length of the main ear, positive transgression was found in 96.7 % of the hybrid populations. According to the number of grains from the main ear, the degree of positive transgression was determined in 32 hybrid populations (80.9 %). According to the mass of grains from the main ear - in 40 studied populations (97.5 %). A high degree of transgression was characterized by hybrid populations where varieties were used as the maternal form: MIP Kniiazna, MIP Yuvileina, MIP Dovira, Sofiivka, Chornobrova, etc.

**Key words:** winter wheat,  $F_1$  hybrids, productivity elements, phenotypic dominance,  $F_2$  populations, transgression.



Copyright: Гуменюк О.В. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Гуменюк О.В.  
 Кириленко В.В.  
 Сабадин В.Я.  
 Дубовик Н.С.

<https://orcid.org/0000-0002-1147-088X>

<https://orcid.org/0000-0002-8096-4488>


<https://orcid.org/0000-0002-8397-8973>

<https://orcid.org/0000-0002-1473-9565>



## АГРОНОМІЯ

УДК 633.179: 631. 53.01:631.559

Урожайність та якість насіння проса прутіподібного (*Panicum virgatum* L.) залежно від сортових особливостейДрига В.В.<sup>1</sup> , Доронін В.А.<sup>1</sup> , Щербиніна Н.П.<sup>2</sup> , Шкляр В.Д.<sup>2</sup> <sup>1</sup> Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України<sup>2</sup> Український інститут експертизи сортів рослин E-mail: vikadrynika@mail.ru

Дрига В.В., Доронін В.А., Щербиніна Н.П., Шкляр В.Д. Урожайність та якість насіння проса прутіподібного (*Panicum virgatum* L.) залежно від сортових особливостей. «Агробіологія», 2023. № 1. С. 15–22.

Dryga V., Doronin V., Shcherbynina N., Shklyar V. Yield and quality of *Panicum virgatum* (*Panicum virgatum* L.) seed depends on varietal characteristics. «Agrobology», 2023. no. 1, pp. 15–22.

Рукопис отримано: 12.04.2023 р.

Прийнято: 27.04.2023 р.

Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-179-1-15-22

У статті наведено результати досліджень з формування урожаю і якості насіння проса прутіподібного залежно від сортових особливостей. Експериментально доведено, що в умовах Правобережного Лісостепу України проходження фенологічних фаз росту та розвитку проса прутіподібного залежало як від сортових особливостей (груп стиглості сортів), так і від кількості ефективних температур. Від проходження фенологічних фаз росту та розвитку, за яких умов, особливо фази цвітіння та формування насіння, залежали урожайність та якість культури. У середньому за три роки, ранні та пізньостиглі сорти мали достовірно нижчу урожайність насіння, порівняно з іншими сортозразками. Значно більшу урожайність насіння мали ранньостиглі, середньоранні та середньопізні сортозразки. Найнижча урожайність була в дуже раннього сортозразка Дакота – 88,3 кг/га. Урожайність дуже пізніх сортозразків – Інденпенденс, Канлоу та Лядівське становила, відповідно – 89,7, 88,3 та 99,4 кг/га. За дослідження чинників, які впливають на урожайність насіння встановлено, що вплив чинника сорт був найбільшим і становив 61,1 %, а чинника умови вирощування був меншим – 11,9 %. Енергія проростання та схожість насіння, так як і його урожайність, залежали від груп стиглості сортозразків. Найвищі показники якості мали сорти дуже ранній, ранньостиглі та середньостиглі, достовірної різниці залежно від сортових особливостей не виявлено. Сорти середньопізні мали достовірно нижчі показники якості і найнижча якість – дуже пізнього сорту Канлоу. За дослідження чинників, які впливають на якість насіння встановлено, що вплив чинника умови року на енергію проростання та схожість був найбільшим і становив 37,6–48 %, чинника сорт, відповідно 33,8 та 30 %.

З'ясовано, що чим сорт більш пізньої групи стиглості, тим більша йому потрібна сума ефективних температур і, відповідно – довший термін настання фенологічних фаз росту і розвитку культури, що впливає на особливості формування та дозрівання насіння і, відповідно – на його якість та урожайність. Сорти середньопізні мали достовірно нижчі показники якості і найнижчі – вони були в дуже пізнього сорту. Середньопізні, пізні та дуже пізні сорти біологічно не дозрівають, що позначається на якості насіння – схожість якого дуже низька.

**Ключові слова:** сортозразки, групи стиглості, енергія проростання, схожість, фенологічні фази росту та розвитку.

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** Створення відновлювальних джерел енергії є важливою альтернативою традиційним викопним енергоресурсам. Україна має великий потенціал біомаси, доступної для виробництва енергії – близько 29 млн т у.п. [1]. Використання альтернативного біопалива дасть змогу частково вирішити проблеми енергозалежності України, яка має значний енергетичний потенціал біомаси, наявні трудові, матеріальні та земельні ресурси [2]. Енергетичні культури є важливою складовою біоенергетичного сектору [3]. Тому актуальним завданням є пошук та дослідження нових біоенергетичних культур, розроблення технології їх вирощування і перероблення на біопаливо.

Серед нових перспективних енергетичних рослин родини злакових, що інтродуються в Україні, на особливу увагу заслуговує багаторічна злакова культура, яка здатна нагромаджувати значні обсяги біомаси завдяки фотосинтезу – просо прутоподібне (*Panicum virgatum* L.) [4]. За кордоном цю культуру інтенсивно досліджують для всебічного застосування – на біопаливо, для тваринництва та паперової промисловості [5]. Ця культура має низку переваг порівняно з іншими біоенергетичними культурами: розмноження насінням, високий потенціал продуктивності, висока ефективність використання поживних речовин і води, оскільки це культура С4 фотосинтетичної діяльності, хороші горючі властивості біомаси та його можна збирати один раз на рік з пізньої осені до ранньої весни, можливий і відкладений урожай [6].

Усі сорти проса прутоподібного (свічграсу) розділені на два основних екологічних типи: низовинні та височинні (високогірні). Класифікація на екологічні типи ґрунтується на морфологічних характеристиках [7]. Низовинні види вирощують на вологих ґрунтах – вони мають високі, товсті, грубі стебла, які ростуть кущами. Височинний тип адаптований до сухого клімату – вони мають тонші стебла, ніж низовинні та більшу їх кількість [8]. Порівняно з сортами височинного екологічного типу низовинного екологічного типу характеризуються більшою урожайністю [9]. Вони вищі, товсті стеблові та більше підходять для вологіших умов. Для порівняння високогірні рослини коротші, тонші та пристосовані до більш сухих умов [10]. Низовинні сорти свічграсу мають високий ризик загибелі взимку в перший рік, коли рослини невеликі [11]. Американськими вченими виявлено, що низинні сорти свічграсу є переважно тетраплоїдними ( $2n = 4x = 36$  хромосом), тимчасом як високогірні – переважно октоплоїдними ( $2n = 8x = 72$  хромосоми) [12].

За терміном дозрівання сорти проса прутоподібного відносять до ранніх, середньостиглих, середньопізніх та пізньостиглих [13]. Групи стиглості сортів відображаються на біометричних показниках рослин і, відповідно – на їх продуктивності [14]. Американськими вченими проведено оцінку генотипів проса прутоподібного на толерантність до температур. Усі генотипи класифікували як чутливі, помірно чутливі, генотипи які помірно переносять низькі температури і толерантні до них. Ці дані можна використовувати за впровадження сортів в певних кліматичних умовах, а також в селекційній практиці за створення нових сортів, толерантних до низьких або високих температур [15].

Для промислового вирощування сировини цієї культури для біопалива необхідно мати достатню кількість якісного насіння. Тому, дослідження сортів і розробка способів вирощування, які забезпечать підвищення схожості насіння є актуальним.

**Метою дослідження** було встановлення врожайних та якісних показників насіння проса прутоподібного сортозразків різних груп стиглості з метою визначення можливості їх вирощування для біопалива або включення в селекційний процес для створення нових високопродуктивних сортів культури.

**Матеріал і методика дослідження.** Лабораторні дослідження проводили в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків, польові – в умовах Ялтушківської дослідно-селекційної станції в 2018–2022 рр. Досліди проводили із сортозразками та сортами різних груп стиглості: дуже ранні (Дакота), ранньостиглі (Форестбург), середньоранні (Самбург), середньопізні (Морозко, Кейв-ін-рок, Аламо), пізні (Шавні, Ліберті) та дуже пізні (Канлоу, Інденпенденс, Лядівське). Енергію проростання та схожість насіння визначали за методикою Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків [16]. Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали методами дисперсійного аналізу за методом Фішера [17] з використанням комп'ютерної програми Statistica 6.0 від StatSoft [18].

**Результати дослідження та обговорення.** Для підвищення продуктивності сільськогосподарських культур необхідно створювати сприятливі умови для прояву високої потенційної продуктивності культур. Всі елементи технології мають бути спрямовані на забезпечення оптимальних умов для проходження фізіологічних процесів, які визначають високу продуктивність рослин [19]. Одним з таких елементів є строк сівби, а для багаторічних



культур – початок відростання рослин, отримання повних сходів. Цей період залежить як від груп стиглості сортів, так і суми ефективних температур. Строки з’явлення сходів є початком відліку настання всіх наступних фенологічних фаз росту і розвитку рослин.

В умовах Ялтушківської ДСС, яка розміщена в Правобережному Лісостепу України, поява повних сходів залежала як від груп стиглості сортів проса прутоподібного, так і кількості ефективних температур. Сума ефективних температур – це сума середніх за добу температур, зменшена на величину біологічного мінімуму, застосовується для визначення проходження фаз росту і розвитку рослин [20]. Повні сходи дуже раннього сортозразка Дакота та середньораннього Самбурст були отримані 15.05. (табл. 1), сума ефективних температур становила 406,5 °С.

Повні сходи сортозразків середньопізніх та пізніх груп стиглості отримано через 5 діб – 20 травня, сума ефективних температур для них становила 474,0 °С. Найпізніше повні сходи отримано дуже пізніх сортозразків – 25 травня за суми ефективних температур 541,5 °С. Спостерігалася аналогічна тенденція проходження інших фенологічних фаз. Зокрема, фаза побуріння рослин дуже раннього стигло-

го сортозразка Дакота розпочалася 10 вересня за суми ефективних температур 2615,9 °С. У середньопізніх сортозразків ця фаза настала лише 30 вересня за суми ефективних температур 2859,9 °С. Найпізніше фаза побуріння рослин настала в дуже пізніх сортозразків – 01 листопада, сума ефективних температур становила 3080,0 °С.

Тобто, спостереження щодо проходження фаз розвитку рослин проса прутоподібного в умовах Правобережного Лісостепу показали, що чим сортозразок більш пізньої групи стиглості, тим більша йому потрібна сума ефективних температур і, відповідно – довший термін настання фенологічних фаз росту і розвитку культури.

Від того як проходять фенологічні фази росту та розвитку, за яких умов, особливо фази цвітіння та формування насіння, залежить його урожайність та якість.

Урожайність насіння проса прутоподібного залежала від групи стиглості сортозразків: в умовах Правобережного Лісостепу в середньому за три роки ранні та пізньостиглі сорти мали достовірно нижчу урожайність насіння, порівняно з іншими сортозразками. Найбільшу урожайність насіння мали ранньостиглі, середньоранні та середньопізні сортозразки (рис. 1).

Таблиця 1 – Дати проходження фенологічних фаз розвитку залежно від сортових особливостей (Ялтушківська ДСС, 2022 р.)

Варіант		Дата настання фенологічних фаз					
сортозразок	група стиглості	повні сходи	кущіння	викидання волоті	масове цвітіння	дозрівання	побуріння рослин
Дакота	Дуже ранній	15.05.	30.05.	10.08.	25.08.	10.09.	10.09.
Самбурст	Середньоранній	15.05.	30.05.	10.08.	25.08.	15.09.	20.09.
Кейв-ін-рок	Середньопізній	20.05.	2.06.	15.08.	30.08.	20.09.	30.09.
Морозко	Середньопізній	20.05.	2.06.	15.08.	30.08.	20.09.	30.09.
Аламо	Середньопізній	20.05.	2.06.	15.08.	30.08.	20.09.	30.09.
Шавні	Пізній	20.05.	2.06.	15.08.	30.08.	20.09.	10.10.
Ліберті	Пізній	20.05.	2,06.	15.08.	30.08.	20.09.	10.10.
Інден-пенденс	Дуже пізній	25.05.	5.06.	20.08.	10.09.	20.10.	01.11.
Канлоу	Дуже пізній	25.05.	5.06.	20.08.	10.09.	20.10.	01.11.
Лядівське	Дуже пізній	25.05.	5.06.	20.08.	10.09.	20.10.	01.11.

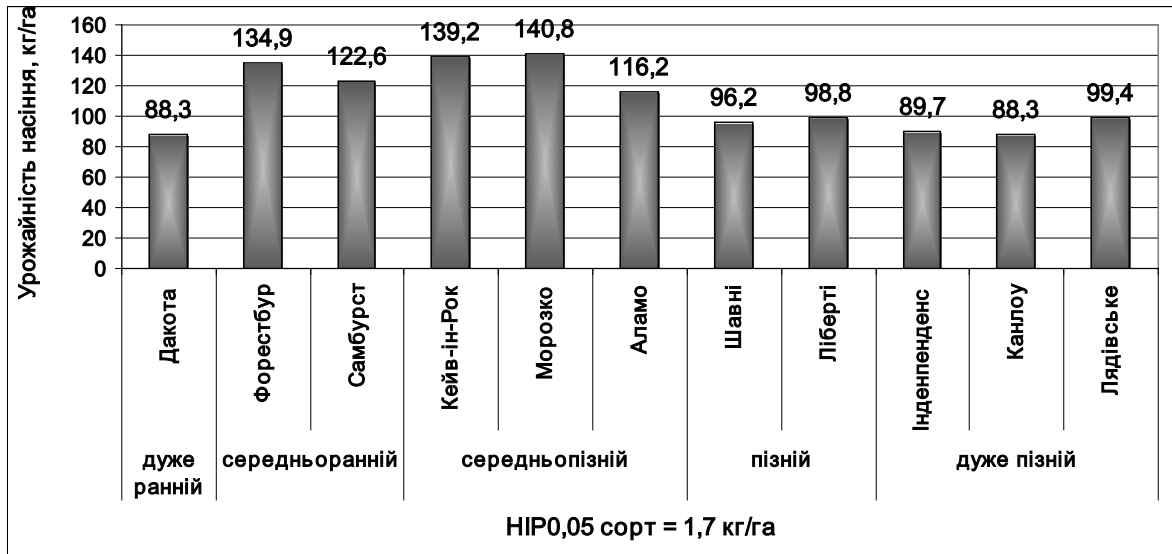


Рис. 1. Урожайність насіння проса прутноподібного залежно від сортових особливостей та груп стиглості (середнє за 2020–2022 рр.).

Найнижча урожайність була в дуже раннього сортозразка Дакота – 88,3 кг/га. Урожайність дуже пізніх сортозразків – Інденпенденс, Канлоу та Лядівське становила, відповідно – 89,7; 88,3 та 99,4 кг/га. Пізні сортозразки мали урожайність вищу, ніж дуже пізні, але значно нижчу, ніж середньопізні сортозразки.

Середньоранні сортозразки Форестбург та Самбурст мали урожайність насіння значно нижчу, ніж середньопізній та ранньостиглі сортозразки, але вищу, ніж дуже ранній та дуже пізні сортозразки – на рівні 122,6–134,9 кг/га. На урожайність насіння значний вплив мали групи стиглості сортозразків. Сортозраз-

ки однакової плоїдності, але різних груп стиглості, зокрема ранньостиглий тетраплоїдний сортозразок Форестбург забезпечив урожайність насіння 134,9 кг/га, а сортозразок такої ж плоїдності але дуже пізній Канлоу – лише 88,3 кг/га. Аналогічно і по інших сортозразках.

За дослідження чинників, які впливають на урожайність насіння встановлено, що вплив чинника сорт був найбільшим і становив 61,1%, чинника умови вирощування був меншим і становив 11,9% (рис. 2).

Енергія проростання та схожість насіння, так як і урожайність, залежали від груп стиглості сортозразків (табл. 2).

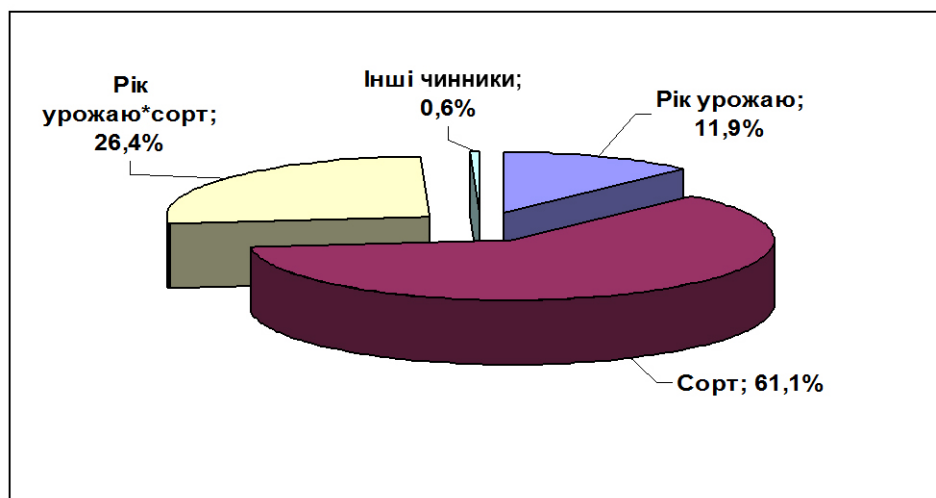


Рис. 2. Вплив чинників на урожайність насіння (середнє за 2020–2022 рр.).

Таблиця 2 – Якість насіння залежно від сортових особливостей (середнє за 2018–2022 рр.)

Варіант		Енергія проростання, %	Схожість, %
сортозразок	група стиглості		
Дакога	дуже ранній	50	52
Форестбур	ранньостиглий	30	32
Небраска	середньоранній	34	34
Самбурет	середньоранній	50	53
Кейв-ін-рок	середньопізній	33	35
Аламо	середньопізній	26	31
Картадж	пізній	19	23
Канлоу	дуже пізній	6	6
НІР <sub>0,05</sub> заг.		8,00	7,9
НІР <sub>0,05</sub> сорт		3,59	3,54

Найвищі показники якості – енергію проростання і схожість мали сорти дуже ранній, ранньостиглі та середньостиглі, достовірної різниці залежно від сортових особливостей не виявлено. Сорти середньопізні мали достовірно нижчі показники якості і найнижча якість – була в дуже пізнього сорту.

За даними L.E. Moser та K.P. Vogel [21], основними чинниками, які визначають територію пристосування (адаптацію) сорту є реакція на довжину світлового дня, кількість опадів та вологість. Середньопізні, пізні та дуже пізні сорти біологічно не дозрівають, що позначається на якості насіння – схожість якого дуже низька. У такому випадку, ймовірно, жодний агрозахід не забезпечить підвищення цього показника. Тому, для вирішення питання отримання високоякісного насіння сортів цих груп стиглості їх вирощування необхідно концентрувати в інших ґрунтово-кліматичних умовах,

сприятливих для формування якісного насіння культури.

Експериментальним способом виявлено, що між урожайністю насіння та схожістю проса прутноподібного наявна середня кореляція, яка зображена у вигляді графіка на рисунку 3.

Розташування точок на діаграмах свідчить про те, що із збільшенням урожайності насіння підвищується його схожість. Залежність між вказаними величинами є лінійною, кореляція середньою, коефіцієнт кореляції становить 0,48. Побудоване рівняння регресії, що описує цю залежність:  $y = 0,2716x + 5,9952$ , величина достовірності апроксимації становить 0,2349.

За дослідження чинників, які впливають на якість насіння встановлено, що вплив чинника умови року у період вегетації на енергію проростання та схожість був найбільшим і становив 37,3–37,6 %, чинника сорт був меншим і становив, відповідно – 33,8 та 34,0 % (рис. 4).

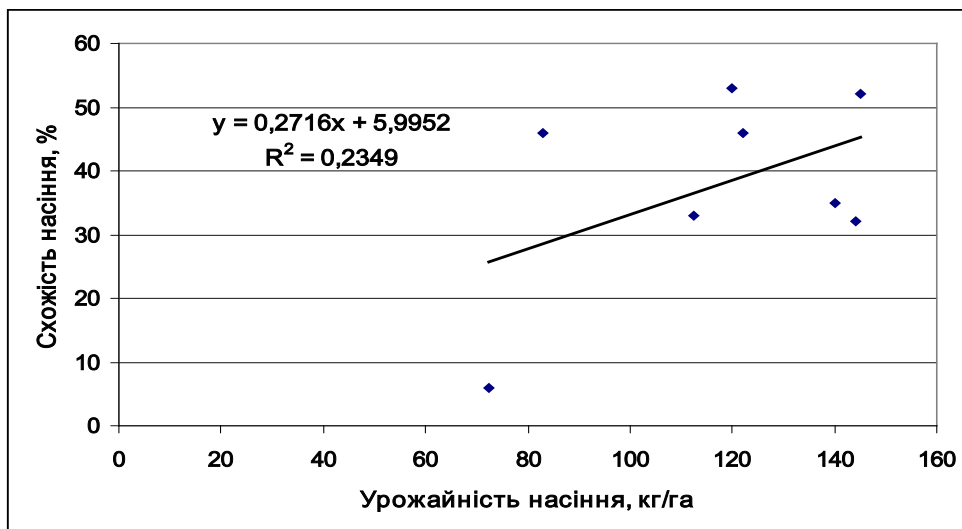
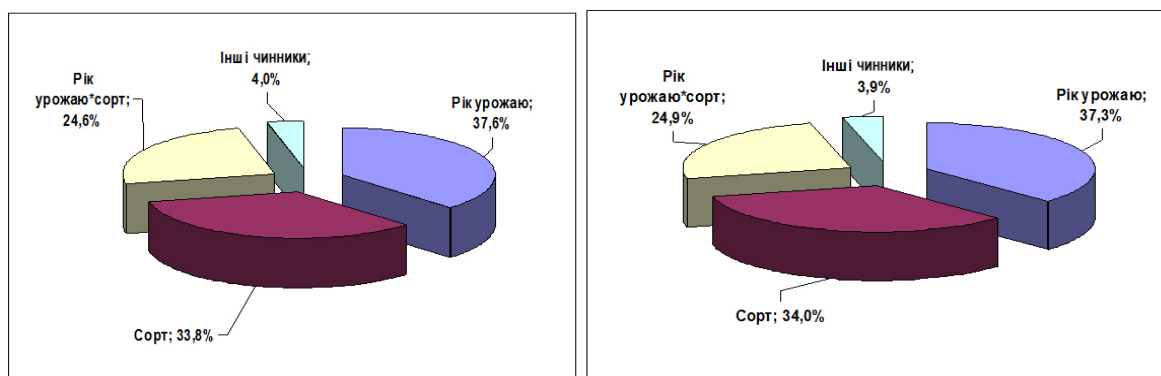


Рис. 3. Залежність урожайності насіння та його схожості.



а) на енергію проростання

б) на схожість

Рис. 4. Вплив чинників на якість насіння проса прутіподібного.

Дослідження низки сортів та сортозразків проса прутіподібного різних груп стиглості дає можливість виявити перспективні сортозразки для ґрунтово-кліматичних умов України з метою їх вирощування на біопаливо або включення їх в селекційну програму зі створення нових сортів. З'ясовано, що за насінневою продуктивністю для наших умов найбільш придатні ранньостиглі, середньоранні та середньопізні сортозразки.

**Висновки.** З'ясовано, що чим сорт більш пізньої групи стиглості, тим більша йому потрібна сума ефективних температур і, відповідно – довший термін настання фенологічних фаз росту і розвитку культури, що впливає на особливості формування та дозрі-

вання насіння і, відповідно – на його якість та урожайність. Достовірно більшу урожайність насіння мали ранньостиглі, середньоранні та середньопізні сорти, яка становила, відповідно – 145, 120–124 та 110–150 кг/га. Встановлено, що на урожайність насіння найбільший вплив мав чинник сорт – 61,1 %, на якість насіння – чинник умови року – 48 %. Сорти середньопізні мали достовірно нижчі показники якості і найнижчі – вони були в дуже пізнього сорту. Середньопізні, пізні та дуже пізні сорти біологічно не дозрівають, що позначається на якості насіння – схожість якого дуже низька. У такому випадку, ймовірно, жодний агрозахід не забезпечить підвищення цього показника.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гелетука Г.Г., Железна Т.А. Стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні. Промислова теплотехніка. 2017. Т. 39. № 2. С. 60–64.
2. Доронін А.В. Формування конкурентоспроможності альтернативних видів пального в контексті стратегії розвитку АПК України. 36. наук. праць ІБКіЦБ. Київ, 2013. Вип. 19. С. 181–187.
3. Biomass-derived aviation fuels: Challenges and perspective / M. Wang et al. Prog. Energy Combust. Sci. 2019. 74. P. 31–49.
4. Щербакова Т.О., Рахметов Д.Б. Особливості будови пагонів проса прутіподібного (*Panicum virgatum* L.) в умовах інтродукції в Правобережному Лісостепу та Поліссі України. Plant Varieties Studying and protection. 2017. Т. 13. № 1. С. 85–88.
5. Wolf D.D., Fiske D.A. Planting and managing switchgrass for forage, wildlife, and conservation. Virginia Cooperative Extension. P. 418–013. URL: [http://pubs.ext.vt.edu/418/418-013/418-013\\_pdf.pdf](http://pubs.ext.vt.edu/418/418-013/418-013_pdf.pdf).
6. The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe / I. Lewandowska et al. Biomass and Bioenergy. 2003. 25. P. 335–361.
7. Nuclear DNA content and chromosome numbers in switchgrass / K. Lu et al. Great Plains Research: J. Nat. Soc. Sci. 1998. 8. P. 269–280.
8. Sector B. Plentiful switchgrass emerges as breakthrough biofuel. The San Diego Union-Tribune. 2008. P. 5–24.
9. Exploring Potential U.S. / C. Gunderson et al. Switchgrass Production for Lignocellulosic Ethanol. 2008. DOI: 10.2172/936551.
10. Vogel K.P. Switchgrass / L.E. Moser, B.L. Burson, L.E. Sollenberger, editors. Warm-season (C4) Grasses. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Madison. WI. 2004. P. 561–588.
11. Switchgrass Seed Quality. Switchgrass / R. Samson et al. Agronomy. Ontario, 2016. P. 20–22. URL: [https://www.agrireseau.net/documents/Document\\_93992.pdf](https://www.agrireseau.net/documents/Document_93992.pdf)

12. Elmore S.J., Lee D., Vogel K.P. Chloroplast DNA variations in *Panicum virgatum* L. Proc. Am. Forage Grassland Council. 1993. P. 216–219.

13. Wolter Elbersen. Switchgrass foe biomass: Bibliography and management practices Draft document FAIR 5-CT97-3701: Switchgrass (*Panicum virgatum* L.) as an alternative energy crop in Europe. Initiation of a productivity network. ATO-DLO, Wageningen. 1998. 22 p.

14. Кулик М.І., Юрченко С.О. Формування продуктивності інтродукованого в центральній частині України *Panicum virgatum* L. (проса лозоподібного). Фактори експериментальної еволюції організмів. 2014. Т. 14. С. 160–164.

15. Seepaul R., Macoon B., Reddy K. Raja, Baldwin B. Switchgrass (*Panicum virgatum* L.) Intraspecific Variation and Thermotolerance Classification Using in Vitro Seed Germination Assay. American Journal of Plant Sciences. Vol. 2. No 2. 2011. P. 134–147. DOI: 10.4236/ajps.2011.22015

16. Визначення схожості насіння проса прутоподібного (свічграсу) *Panicum virgatum* L.: методичні рекомендації / В.А. Доронін та ін. Київ: ІБ-КІЦБ НААН, 2015. 10 с.

17. Fisher R.A. Statistical methods for research workers. New Delhi: Cosmo Publications, 2006. 354 p.

18. Сайт компанії StatSoft, разработчика программы Statistica 6.0. URL: <http://www.statsoft.ru/>.

19. Глеваський І.В. Буряківництво. Київ: Вища школа, 1991. С. 278–280.

20. Агропрогноз: активні та ефективні температури для сільгоспкультур. URL: <https://kurkul.com/blog/690-agropogoda-rozrahovuyemo-aktivni-ta-efektivni-temperaturi-dlya-silgospkultury>.

21. Moser L.E., Vogel K.P. Switchgrass, Big Bluestem, and Indiangrass. In: An introduction to grassland agriculture. Ames, IA: Iowa University Press, 1995. Vol. 1. P. 409–420.

## REFERENCES

1. Geletuxa, G.G., Zhelyezna, T.A. (2017). Stan ta perspektyvy rozvytku bioenergetyky v Ukrainy [State and prospects of bioenergy development in Ukraine]. Promy'slova teplotexnika [Industrial heat engineering]. Vol. 39, no. 2, pp. 60–64.

2. Doronin, A.V. (2013). Formuvannya konkurentospromozhnosti al'ternatyvny'x vydiv pal'nogo v konteksti strategiyi rozvytku APK Ukrainy [Formation of the competitiveness of alternative types of fuel in the context of the strategy for the development of the agro-industrial complex of Ukraine]. Zb. nauk. prac' IBKiCzB [Coll. of science works of IBKiCB]. Kyiv, Issue 19, pp. 181–187.

3. Wang, M., Dewil, R., Maniatis, K., Wheeldon, J., Tan, T., Baeyens, J., Fang, Y. (2019). Biomass-derived aviation fuels: Challenges and perspective. Prog. Energy Combust. Sci. no. 74, pp. 31–49.

4. Shherbakova, T.O., Raxmetov, D.B. (2017). Osoblyvosti budovy pagoniv prosa prutopodibnogo (*Panicum virgatum* L.) v umovax introdukciyi v Pravoberezhnomu Lisostepu ta Polissi Ukrainy [Peculiarities of the structure of the shoots of the

rod-shaped millet (*Panicum virgatum* L.) under the conditions of introduction in the Right Bank Forest Steppe and Polissia of Ukraine]. Plant Varieties Studying and protection. Vol. 13, no. 1, pp. 85–88.

5. Wolf, D.D., Fiske, D.A. Planting and managing switchgrass for forage, wildlife, and conservation. Virginia Cooperative Extension. pp. 418–013. Available at: [http://pubs.ext.vt.edu/418/418-013/418-013\\_pdf.pdf](http://pubs.ext.vt.edu/418/418-013/418-013_pdf.pdf).

6. Lewandowskia, I., Jonathan, M.O., Scurlock, Lindvall, E., Myrsini, C. (2003). The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. Biomass and Bioenergy. no. 25, pp. 335–361.

7. Lu, K., Kaeppler, S.W., Vogel, K., Arumuganathan, K., Lee, D.J. (1998). Nuclear DNA content and chromosome numbers in switchgrass. Great Plains Research: J. Nat. Soc. Sci. no. 8, pp. 269–280.

8. Sectar, B. (2008). Plentiful switchgrass emerges as breakthrough biofuel. The San Diego Union-Tribune. pp. 5–24.

9. Gunderson, C., Davis, E., Jager, Y., West, T., Perlack, R., Brandt, C., Wulschleger, S., Baskaran, L., Webb, E., Downing, M. (2008). Exploring Potential U.S. Switchgrass Production for Lignocellulosic Ethanol. DOI: 10.2172/936551.

10. Vogel, K.P. (2004). Switchgrass. Warm-season (C4) Grasses. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America. Madison, WI. pp. 561–588.

11. Samson, R., Delaquis, E., Deen, B. De Bruyn, J., Eggimann, U. (2016). Switchgrass Seed Quality. Switchgrass. Agronomy. Ontario, pp. 20–22. Available at: [https://www.agrireseau.net/documents/Document\\_93992.pdf](https://www.agrireseau.net/documents/Document_93992.pdf)

12. Elmore, S.J., Lee, D., Vogel, K.P. (1993). Chloroplast DNA variations in *Panicum virgatum* L. Proc. Am. Forage Grassland Council. pp. 216–219.

13. Elbersen, W. (1998). Switchgrass foe biomass: Bibliography and management practices Draft document FAIR 5-CT97-3701: Switchgrass (*Panicum virgatum* L.) as an alternative energy crop in Europe. Initiation of a productivity network. ATO-DLO, Wageningen. 22 p.

14. Kulyk, M.I., Yurchenko, S.O. (2014). Formuvannya produktyvnosti introdokovanogo v central'nij chasty'ni Ukrainy *Panicum virgatum* L. (prosa lozopodibnogo) [Formation of the productivity of *Panicum virgatum* L. (vine millet) introduced in the central part of Ukraine]. Faktory' ekspery'mental'noyi evolyuciyi organizmiv [Factors of experimental evolution of organisms]. Vol. 14, pp. 160–164.

15. Seepaul, R., Macoon, B., Reddy, K. Raja, Baldwin, B. (2011). Switchgrass (*Panicum virgatum* L.) Intraspecific Variation and Thermotolerance Classification Using in Vitro Seed Germination Assay. American Journal of Plant Sciences. Vol. 2, no. 2, pp. 134–147. DOI: 10.4236/ajps.2011.22015

16. Doronin, V.A., Kravchenko, Yu.A., Busol, M.V., Doronin, V.V., Mandrovs'ka, S.M., Goncharuk, G.S. (2015). Vy'znachennya sxozhosti nasinnya prosa prutopodibnogo (svichgrasu) *Panicum virgatum* L.: meto-



dy`chni rekomendaciyi [Determination of the germination of the seeds of the rod-shaped millet (switchgrass) *Panicum virgatum* L.]. Kyiv, IBKICzB NAAN, 10 p.

17. Fisher, R.A. (2006). Statistical methods for research workers. New Delhi: Cosmo Publications. 354 p.

18. Sajt kompaniy`y` StatSoft, razrabotchy`ka programmy Statistica 6.0 [The website of the StatSoft company, the developer of the Statistica 6.0 program]. Available at: <http://www.statsoft.ru/>.

19. Glevas`ky`j I.V. (1991). Buryakivny`czstvo [Beet cultivation]. Kyiv, Higher school, pp. 278–280.

20. Agroprognoz: akty`vni ta efekty`vni temperatury` dlya sil` gospkul`tur [Agricultural forecast: active and effective temperatures for agricultural crops]. Available at: <https://kurkul.com/blog/690-agropogoda-rozrahovuyemo-aktivni-ta-efektivni-temperaturi-dlya-silgospkultury>.

21. Moser, L.E., Vogel, K.P. (1995). Switchgrass, Big Bluestem, and Indiangrass. In: An introduction to grassland agriculture. Ames, IA: Iowa University Press, Vol. 1, pp. 409–420.

#### Yield and quality of *Panicum virgatum* (*Panicum virgatum* L.) seed depending on varietal characteristics

Dryga V., Doronin V., Shcherbynina N., Skhlyar V.

The article presents the results of research on millet seeds the crop formation and the quality, depending on its varietal characteristics. It was experimentally proven that in the conditions of the Right Bank Forest-Steppe of Ukraine, the passage of phenological phases of growth and development of millet depended both on varietal characteristics (groups of varietal maturity) and on the number of effective temperatures. The crop yield and quality depended on the phenological phases of growth and development, particularly the phases of flowering and seed formation and their conditions. On average, over three years, early and

late ripening varieties had significantly lower seed yield compared to other variety samples. Early-ripening, mid-early and mid-late varieties had significantly higher seed yield. The lowest productivity was in the very early sample of Dakota – 88.3 kg/ha. The yield of very late varieties – Nezalezhnist, Kanlow and Lyadivske – made 89.7, 88.3 and 99.4 kg/ha, respectively. The study on factors affecting seed yield established that the influence of the factor "variety" was the largest and amounted to 61.1 %, and the factor of "growing conditions" affected the crop less – 11.9 %. Germination energy and seed germination, as well as its yield, depended on the maturity groups of the variety samples. Very early, early-ripening and medium-ripening varieties had the highest quality indicators, no significant difference was found depending on varietal characteristics. The mid-late varieties had significantly lower quality indicators, and the lowest quality was the very late Kanlow variety. The study on factors affecting seed quality established that the influence of the "year conditions" factor on germination energy and germination was the greatest and was 37.6–48 %, and the "variety" factor was 33.8 and 30 %, respectively.

It was found that the later is the variety is of the maturity group, the higher is the sum of effective temperatures it needs and, accordingly, the longer the onset of the phenological phases of growth and development of the crop, which affects the features of seed formation and ripening and, accordingly, its quality and yield. The mid-late varieties had significantly lower quality indicators and the lowest ones were observed in the very late variety. Mid-late, late and very late varieties do not ripen biologically, which affects the seeds quality its germination is very low.

**Key words:** variety samples, maturity groups, germination energy, germination, phenological phases of growth and development.



Copyright: Дрига В.В. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Дрига В.В.

Доронін В.А.

Щербиніна Н.П.

Шкляр В.Д.

<https://orcid.org/0000-0001-8085-5313>

<https://orcid.org/0000-0001-9355-881X>


<https://orcid.org/0000-0003-1599-061X>

<https://orcid.org/0000-0002-0812-0627>



## АГРОНОМІЯ

УДК 631.526.3/528.01:551.524:633.111"324"

**Формування в сортів пшениці м'якої озимої довжини колосу і кількості колосків залежно від генотипу і умов року**Куманська Ю.О. , Лозінський М.В. , Сабадин В.Я. ,Сидорова І.М. , Дубовик Н.С. *Білоцерківський національний аграрний університет* Куманська Ю.О. E-mail: kumanska@i.ua

Куманська Ю.О., Лозінський М.В., Сабадин В.Я., Сидорова І.М., Дубовик Н.С. Формування в сортів пшениці м'якої озимої довжини колосу і кількості колосків залежно від генотипу і умов року. «Агробіологія», 2023. № 1. С. 23–31.

Kumanska Yu., Lozinskiy M., Sabadyn V., Sydorova I., Dubovyk N. Formation of spike length and number of spikelets in soft winter wheat varieties depending on the genotype and conditions of the year. «Agrobiology», 2023. no. 1, pp. 23–31.

Рукопис отримано: 21.04.2023 р.

Прийнято: 08.05.2023 р.

Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-179-1-23-31

Значення сорту щодо збільшення врожайності пшениці м'якої озимої незаперечне. Тому застосування генетичних закономірностей в селекції дає змогу покращити адаптивність сучасних сортів. У селекційно-генетичних дослідженнях розглядають формування врожайності як комплексної ознаки, що обумовлена багатьма складовими. Вивчення мінливості та стабільності основних структурних елементів продуктивності є важливим завданням у селекції пшениці м'якої озимої. Метою роботи було дослідження особливостей формування в сортів пшениці м'якої озимої довжини колосу і кількості в ньому колосків залежно від генотипу і умов року та виділення із стабільно високим проявом для залучення в селекційний процес. Дослідження виконували в умовах дослідного поля Навчально-виробничого центру Білоцерківського національного аграрного університету у 2018–2020 рр. Вихідним матеріалом для досліджень були сорти різного еколого-географічного походження, рекомендовані для вирощування в Лісостепу України. Визначали середню арифметичну ( $\bar{x}$ ), мінімальне та максимальне значення ознак (*min–max*), стандартне відхилення (*s*), коефіцієнт варіації (*V, %*), показник гомеостатичності (*Нот*). Для характеристики вологозабезпеченості обраховували гідротермічний коефіцієнт. За результатами досліджень найбільшу довжину колосу формували сорти Тобак, Богемія, Квітка полів, Легенда білоцерківська, Світило, Платін, Колонія, Акратос з перевищенням над сортом-стандартом Лісова пісня на 1,6–2,3 см. Високий показник гомеостатичності за цією ознакою визначили у сортів Квітка полів (758), Колонія (343), Світило (334), Перлина Лісостепу (204). За кількістю колосків у колосі виділено сорти Акратос, Фаворитка, Колонія, Світило, Платін, Легенда Білоцерківська, Тобак, які мали показники від 19,0 до 20,4 шт., що на 2,1–3,5 шт. більше за сорт-стандарт (16,9 шт.). Найбільшу гомеостатичність за кількістю колосків у колосі отримано в сортів Скаген (930), Колонія (826), Квітка полів (780), Акратос (682), Лісова пісня (461).

**Ключові слова:** пшениця м'яка озима, сорт, довжина колосу, кількість колосків у колосі, гомеостатичність, селекція.

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** Пшениця м'яка озима – є основною зерновою продовольчою культурою в Україні. Багаторічні дослідження провідних наукових установ вказують, що важливим чинником підвищення урожайності польових культур та її стабільності є створення і впровадження у с.-г. виробництво сортів з високим потенціалом

урожайності й адаптивності до несприятливих умов навколишнього середовища [1].

За останні десятиріччя умови для вирощування пшениці м'якої озимої в Україні значно погіршилися, у зв'язку із зниженням природної родючості ґрунтів, зменшенням вмісту гумусу в них, недостатнім внесенням добрив (особливо органічних), а також недотриманням сівозміни.

Також стримуючим чинником реалізації генетичного потенціалу пшениці м'якої озимої та інших с.-г. культур є кліматичні зміни, які мають тенденцію до зменшення кількості опадів та підвищення температури в осінньо-зимовий і весняно-літній періоди вегетації рослин [2].

За вирощування с.-г. культур, зокрема пшениці м'якої озимої, одним із головних елементів агротехнологій є сорт, від вибору якого залежить ефективність решти технологічних процесів [3–6]. Важливе значення сорту пшениці доведено багатьма вченими [7–10]. Також сорт є важливим чинником у виробництві органічної продукції [11].

Підвищення адаптивного потенціалу нових сортів є важливим завданням у селекції зернових культур, за умови збереження досягнутого рівня продуктивності. Здатність сорту забезпечувати високу і стабільну продуктивність за різних умов вирощування характеризує його адаптивність. Адаптивний сорт є екологічно пластичним і може реалізувати обумовлений потенціал як за оптимальних, так і обмежених агрокліматичних ресурсів [12]. Пшениця м'яка озима як біологічний вид, з найтривалішим серед однорічних польових культур періодом вегетації, у процесі еволюції адаптувалася до метеорологічних умов впродовж року.

Дослідження впливу генотипу на формування кількісних ознак продуктивності і використання їх особливостей у практичній селекційній роботі за створення нових комерційних сортів пшениці може значно підвищити їх адаптивний потенціал. За таких умов сорти стають більш пристосованими до конкретних умов вирощування, однак реагують на раптові несприятливі чинники генотипово обумовленою нормою реакції. Різкі зміни метеорологічних умов у природі значно посилюються зі змінами клімату, і є досить небезпечними для сортів з обмеженими діапазонами фенотипової мінливості за кількісними ознаками [13, 14].

Формування врожаю зерна обумовлено реалізацією в онтогенезі пшениці основних складових продуктивності колосу [15]. Важливе значення у фотосинтетичній активності рослин пшениці має архітектоніка колосу, яка характеризується його довжиною, кількістю і розподілом колосків, розміром колоскових та квіткових лусок [16]. Чим більше сегментів сформується на III етапі органогенезу, то більше може бути членників колосового стрижня, і відповідно довшим буде колос з ймовірністю утворення великої кількості колосків [17]. Довжина колосу має чіткий фенотиповий прояв у різних генотипів пшениці, тому є важливою в селекції на продуктивність [16, 18].

Ступінь і особливості прояву певної кількісної ознаки є результатом взаємодії генів і чинників зовнішнього середовища, які мають мінливість як по роках, так і впродовж вегетаційного періоду [13, 19]. У разі зміни екологічного чинника будь-який сорт проявляє властиві лише для нього ефекти, які й визначають рівень його гомеостазу [20]. Одним із важливих напрямів досліджень у селекції кожної культури є вивчення взаємодії генотип – середовище, а також оцінка генотипів за стабільністю та пластичністю [16, 12]. Тому створення сорту передбачає не лише отримання та відбір нових селекційних форм, а також пошук екологічної ніші, де генотип реалізує високу продуктивність і якість продукції з екологічною стабільністю, що є основними завданнями селекції рослин.

Продуктивність найбільш важлива ознака будь-якого сорту і тому зазвичай визначається як головний напрям селекції та є основним показником, що характеризує господарську цінність генотипу. Формування врожайності, яка обумовлена комплексом ознак і властивостей, є результатом складної взаємодії середовища й генотипу впродовж усіх фаз онтогенезу.

Довжина головного колосу і кількість колосків у колосі пшениці є досить важливими структурними елементами продуктивності культури. Тому актуальним напрямом досліджень є встановлення прояву і норми реакції сортів пшениці м'якої озимої, придатних для поширення в умовах Лісостепу України, за кількісними елементами продуктивності у певних ґрунтово-кліматичних умовах.

**Метою** роботи було дослідження особливостей формування в сортів пшениці м'якої озимої довжини колосу і кількості в ньому колосків, залежно від генотипу і умов року, та виділення із стабільно високим проявом для залучення в селекційний процес.

**Матеріал і методи дослідження.** Дослідження виконували в умовах дослідного поля Навчально-виробничого центру Білоцерківського національного аграрного університету у 2018–2020 рр. Вихідним матеріалом у колекційному розсаднику кафедри генетики, селекції і насінництва сільськогосподарських культур були 57 сортів, рекомендованих для вирощування в Лісостепу України.

Біометричний аналіз проводили за загальноприйнятими методиками по середньому зразку 25 рослин у триразовій повторності, відібраних на початку повної стиглості пшениці. Визначали середню арифметичну ( $\bar{x}$ ), мінімальне та максимальне значення досліджуваних ознак (*min–max*), стандартне відхилення (*s*),

коефіцієнт варіації ( $V$ , %) [21]. Показник гомеостатичності ( $Hom$ ) розраховували за формулою  $Hom = \bar{x}^2/s$  [22]. Результати експериментальних даних обробляли за допомогою комп'ютерних програм Excel і Statistica 7.0.

Для комплексної оцінки умов зволоження користувалися гідротермічним коефіцієнтом (ГТК) – за Трибельом [23], який враховує як надходження води у вигляді опадів, так і сумарну їх витрату на випаровування, яка визначається температурою повітря за цей же час і вираховується за формулою:

$$ГТК = \frac{10\sum R}{\sum T_n},$$

де  $\sum R$  – сума опадів за аналізований період, мм;

$\sum T_n$  – сума позитивних температур, вища порогових за цей же період, °С.

Вважається, що за ГТК < 0,5–0,7 – оптимальне, від 0,8 до 1,0 – недостатнє зволоження, від 1,1 до 1,5 – середня посуха, понад 1,6 – надлишкове зволоження [23].

Досліди закладали відповідно до методики проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні [24]. Технологія вирощування загальноприйнята для Лісостепу України. Попередник – гірчиця. Сівбу пшениці проводили першого жовтня.

### Результати дослідження та обговорення.

Метеорологічні умови 2018–2020 рр. були контрастними, як за температурним режимом, так і кількістю опадів та їх розподілом (табл. 1). Водночас спільним для них були підвищені середні температури повітря, за осінню вегетацію, період зимового спокою і весняно-літню вегетацію пшениці м'якої озимої. Зокрема, середні температури повітря осінньої вегетації 8,7 °С (2018 р.) і 9,6 °С (2019 р.) перевищили середньобагаторічні показники цих періодів на 2,6 та 4,5 °С відповідно.

Стійкий перехід температури повітря через 5 °С в бік зниження (припинення вегетації) відмітили 12 (2018 р.) і 21 листопада у 2019 р. Тобто, тривалість осінньої вегетації становила 36 діб у 2018 р. і 44 доби – 2019 р. Кількість опадів з першого вересня до закінчення вегетації становила 70,3 мм у 2018 р. і 147,4 мм – 2019 р., за багаторічних показників 82,5 і 96,0 мм відповідно.

Середні температури повітря в період зимового спокою 2018–2019 рр. мінус 2,4 °С і 2019–2020 рр. 1,4 °С були більшими на 0,1 і 1,5 °С відповідно середньобагаторічних даних. Кількість опадів за цей період становила 172,2 мм у 2018–2019 рр. (тривалістю 110 діб) і 97,3 мм – 2019–2020 рр. за 99 діб. За кількістю опадів у період зимового спокою встановили перевищення над середньобагаторічними показниками у 2018–2019 рр. на 23,4 мм і меншу їх кількість на 27,7 мм у 2019–2020 рр.

Таблиця 1 – Метеорологічні умови у 2018–2020 рр.

Місяць	Середня температура повітря, °С				Опади, мм			
	2018 р.	2019 р.	2020 р.	багаторічні дані	2018 р.	2019 р.	2020 р.	багаторічні дані
Вересень	16,2	15,3	17,3	13,8	47,9	19,2	26,7	35
Жовтень	9,9	10,6	12,7	7,9	22,0	6,1	96,8	33
Листопад	-0,1	5,0	3,5	2,0	23,1	23,4	27,2	41
Грудень	-2,0	2,5	-0,5	0,4	71,1	35,1	33,0	44
Січень	-	-4,8	0,4	-5,9	-	56,8	22,6	35
Лютий	-	0,4	2,2	-4,4	-	21,4	38,4	33
Березень	-	4,7	5,9	0,3	-	23,4	17,2	30
Квітень	-	10,0	9,2	8,4	-	45,5	13,2	47
Травень	-	16,6	12,5	14,9	-	54,0	102,3	46
Червень	-	22,0	21,2	17,8	-	79,2	60,7	73
Липень	-	19,3	20,6	19,0	-	41,2	79,2	85

Відновлення весняної вегетації (стійкий перехід температури повітря через 5 °С в бік збільшення) відбулося другого березня (2018 р.) і 28 лютого – 2020 р. Середні температури повітря від часу відновлення весняної вегетації до повної стиглості зерна визначені на рівні 13,8 °С – 2019 р. і 13,0 °С – 2020 р., що більше середньобагаторічних на 2,5 і 2,0 °С відповідно. Весняно-літня вегетація тривала 135 діб у 2019 р. і 139 діб – 2020 р. за кількості опадів 214,5 мм та 233,1 мм відповідно, що в порівнянні з середньобагаторічними показниками за ці періоди є меншим на 21,6 мм у 2019 р. та близьким до норми (232 мм) у 2020 р. – 233,1 мм.

Активний період вегетації середньостиглих сортів пшениці м'якої озимої у проведених нами дослідженнях становив 171 добу у 2018–2019 рр. і 183 доби – 2019–2020 рр., онтогенез – 281 і 282 доби відповідно.

Проведений аналіз метеорологічних умов досліджень повністю узгоджується з висловлюваннями науковців [25, 26] про те, що вагомим чинником погіршення умов вирощування польових культур є кліматичні зміни з тенденцією до підвищення температур з нерівномірним розподілом опадів у періоди вегетації.

Передпосівні періоди у вересні характеризувалися недостатньою зволоженістю ґрунту у 2018 р. (ГТК=0,99) і слабким зволоженням у 2019 р. (ГТК=0,42). У жовтні 2018 р. (ГТК=0,72) і 2019 р. (ГТК=0,19) було слабке зволоження.

Веgetація пшениці з квітня до повної стиглості зерна у 2019 р. відбувалася за оптималь-

ної вологості – ГТК=1,11, що сприяло формуванню довжини колосу і кількості в ньому колосків.

У 2020 р. в квітні спостерігалась слабка зволоженість (ГТК=0,48), яка негативно вплинула на формування довжини колосу і кількості колосків. В подальшому до повної стиглості зерна вегетація пшениці відбувалася за оптимального зволоження – ГТК=1,52, що покращило формування інших складових врожайності.

Досліджувані сорти пшениці м'якої озимої різного еколого-географічного походження за формування довжини головного колосу у 2019–2020 рр. виявили значну різноманітність. В середньому за два роки, із 57 досліджуваних сортів лише 14 за довжиною колосу перевищили сорт-стандарт Лісова пісня на 0,6–2,3 см (табл. 2).

Найбільшу довжину колосу визначено у сортів Колонія та Акратос – 10,8 см, з достовірним перевищенням над стандартом на 2,3 см. У сорту Колонія в 2019 р. формувалась довжина колосу на рівні 11,1 см, у 2020 р. – 10,5 см, незалежно від різних погодних умов вирощування в роки досліджень. Показник гомеостатичності сорту Колонія становив 343, що є досить високим і вказує на стабільність формування довжини колосу в роки досліджень.

Прояв високої гомеостатичності, здебільшого, пов'язаний з меншою варіабельністю за одних і тих же лімітуючих чинників середовища. В наших дослідках колекцію сортів вирощували за однакових агротехнічних умов, змінювалися лише погодні умови.

Таблиця 2 – Довжина головного колосу у сортів пшениці м'якої озимої

Сорт	2019 р.	2020 р.	Середнє за 2019–2020 рр.				
			$\bar{x}$	Lim, min-max	s	V, %	Ном
Лісова пісня st	9,4	7,5	8,5	7,5–9,5	1,03	12,1	70
Фаворитка	9,9	8,7	9,3	8,6–9,9	0,68	7,3	127
Либідь	11,3	7,1	9,2	7,1–11,4	2,28	24,8	37
Тобак	10,6	9,5	10,1	9,5–10,7	0,61	6,0	167
МПП Вишиванка	11,2	7,9	9,5	7,8–11,3	1,83	19,3	49
Колонія	11,1	10,5	10,8	10,4–11,2	0,34	3,1	343
Платін	12,0	9,4	10,7	9,3–12,1	1,43	13,4	80
Царівна	9,8	8,4	9,1	8,3–9,9	0,79	8,7	105
Акратос	10,1	11,4	10,8	10,0–11,6	0,73	6,8	160
Легенда білоцерківська	11,3	9,4	10,4	9,4–11,4	1,03	9,9	105
Скаген	10,8	8,8	9,8	8,7–10,9	1,10	11,2	87
Світило	10,8	10,3	10,5	10,1–11,0	0,33	3,1	334
Богемія	11,2	9,4	10,3	9,3–11,3	0,99	9,6	107
Перлина Лісостепу	10,3	9,4	9,9	9,4–10,4	0,48	4,8	204
Квітка полів	10,2	10,4	10,3	10,1–10,5	0,14	1,4	758
НІР <sub>05</sub>	0,20	0,14					

В середньому за 2019–2020 рр. довжину колосу більше 10,0 см також визначили у сортів Тобак, Богемія, Квітка полів, Легенда білоцерківська, Світило, Платін з достовірним перевищенням над стандартом на 1,6–2,2 см. Сорти Царівна, Либідь, Фаворитка, МП Вишиванка, Скаген, Перлина Лісостепу формували ознаку на рівні 9,1–9,9 см з достовірним перевищенням – 0,6–1,4 см.

Слід також виділити сорт Світило, який впродовж 2019–2020 рр. незалежно від різних погодних умов формував високі показники довжини колосу – 10,8 і 10,3 см, з незначним варіюванням –  $V=3,1\%$ .

Кожний сорт характеризувався певним генетичним рівнем мінливості формування довжини колосу. За цією властивістю досліджувані сорти можна розділити на три групи. Перша група, це сорти які мали незначний розмах варіювання ознаки у 2019–2020 рр. до 1,4 см – Фаворитка, Тобак, Колонія, Світило, Перлина Лісостепу, Квітка полів.

Друга група – сорти з мінливістю довжини колосу 1,5–2,9 см: Лісова пісня, Платін, Царівна, Акратос, Легенда білоцерківська, Скаген, Богемія.

Третя група характеризується найбільшим розмахом мінливості ознаки – МП Вишиванка (3,5 см) і Либідь (4,3 см).

Коефіцієнтваріаціїдовжиниголовногоколосу в більшості сортів був незначним (1,4–9,9%), в чотирьох середнім (11,2–19,3%) і лише у сорту Либідь значним – 24,8%.

За показником гомеостатичності найвищу адаптивну здатність за довжиною колосу мали

сорти Квітка полів (758), Колонія (343), Світило (334), Перлина Лісостепу (204). Дещо менший показник (*Ном*) визначили у Тобак (167), Акратос (160), Фаворитка (127). У решти сортів гомеостатичність змінювалась від 37 (Либідь) до 107 (Богемія).

У середньому за 2019–2020 рр., найбільшу кількість колосків у головному колосі встановили у сорту Акратос – 20,4 шт., з достовірним перевищенням на 3,5 шт. над сортом Лісова пісня (16,9 шт.) (табл. 3).

Сорти Тобак, Легенда білоцерківська, Платін, Світило, Колонія, Фаворитка перевищували стандарт на 2,1–3,0 шт. Інші сорти формували досліджувану ознаку від 17,6 (Перлина Лісостепу) до 18,8 шт. (Скаген), що також достовірно на 0,7–1,9 шт. більше стандарту.

В умовах 2019 р. більшість досліджуваних сортів формували вищі показники кількості колосків у головному колосі, лише для сортів Акратос, Світило і Колонія умови 2020 р. були сприятливішими.

Залежно від особливостей мінливості кількості колосків у колосі можна виділили сорт Колонія, який мав високі показники і незначну мінливість ознаки 1,2 шт. у 2019–2020 рр. Сорти Лісова пісня, Акратос, Скаген, Перлина Лісостепу, Квітка полів мали мінливість довжини колосу на рівні 1,3–2,5 шт. В інших сортів мінливість становила від 2,6 до 3,5 шт.

У 2019–2020 рр., за виключенням сорту Либідь ( $V=10,5\%$ ), всі досліджувані сорти характеризувалися незначним варіюванням кількості колосків у колосі, на що вказує визначений коефіцієнт варіації, який не перевищує 10%.

Таблиця 3 – Кількість колосків у головному колосі сортів пшениці озимої

Сорт	2019 р.	2020 р.	Середнє за 2019–2020 рр.				
			$\bar{x}$	Lim, min-max	s	V, %	Ном
Лісова пісня st	17,4	16,3	16,9	16,2–17,5	0,62	3,7	461
Фаворитка	21,2	18,6	19,9	18,4–21,4	1,44	7,2	275
Либідь	19,7	16,2	18,0	16,2–19,7	1,89	10,5	171
Тобак	20,6	17,5	19,0	17,4–20,6	1,68	8,8	215
МП Вишиванка	19,9	17,0	18,5	16,9–20,0	1,59	8,6	215
Колонія	19,3	20,1	19,7	19,1–20,3	0,47	2,4	826
Платін	21,0	18,2	19,6	18,0–21,2	1,54	7,9	250
Царівна	20,1	16,9	18,5	16,8–20,3	1,76	9,5	195
Акратос	19,8	20,9	20,4	19,7–21,0	0,61	3,0	682
Легенда білоцерківська	21,0	18,2	19,6	18,1–21,1	1,55	7,9	248
Скаген	19,1	18,5	18,8	18,3–19,3	0,38	2,0	930
Світило	18,5	20,9	19,7	18,4–21,1	1,32	6,7	294
Богемія	19,4	16,8	18,1	16,6–19,5	1,45	8,0	226
Перлина Лісостепу	18,4	16,7	17,6	16,6–18,5	0,94	5,3	330
Квітка полів	18,5	17,7	18,1	17,7–18,5	0,42	2,3	780
НІР <sub>05</sub>	0,24	0,21					



Найбільші показники гомеостатичності, за кількістю колосків у колосі визначили в сортів Скаген (930), Колонія (826), Акратос (682), Квітка полів (730), Лісова пісня st (461), що вказує на їх високу пластичність до умов року.

Середню стабільність ознаки за показником гомеостатичності встановлено у сортів Світило (294), Фаворитка (275), Платін (250), Легенда білоцерківська (248), Богемія (226), Тобак (215), МІП Вишиванка (215). Найменшу гомеостатичність за кількістю колосків у колосі показали сорти Либідь і Царівна.

**Висновки.** 1. Обумовлюючи час припинення осінньої, відновлення весняної вегетації, метеорологічні умови впливають на тривалість осінньої і весняно-літньої вегетації, період зимового спокою та онтогенез загалом, обмежуючи продукційний процес формування довжини колосу і кількості колосків пшениці м'якої озимої.

2. За високих показників гомеостатичності з достовірним перевищенням над стандартом Лісова пісня в 2019–2020 рр. за довжиною головного колосу виділено сорти Квітка полів ( $Hom=758$ ), Колонія ( $Hom=343$ ) і Світило ( $Hom=334$ ).

3. Достовірно більшу кількість колосків у головному колосі і високу гомеостатичність в роки досліджень визначено в сортів Скаген ( $Hom=930$ ), Колонія ( $Hom=826$ ), Квітка полів ( $Hom=780$ ), Акратос ( $Hom=682$ ).

4. Виділені сорти пшениці м'якої озимої за довжиною колосу і кількістю колосків залучені нами в подальшу практичну селекційну роботу для створення адаптованого до умов Лісостепу вихідного матеріалу.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бурденюк-Тарасевич Л.А., Лозінський М.В., Дубова О.А. Особливості формування довжини стебла у селекційних номерів пшениці озимої в залежності від їх генотипів та умов вирощування. Агробіологія. 2015. №1(117). С. 11–15.

2. Вожегова Р.А. Напрями адаптації галузі рослинництва до регіональних змін клімату: Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти, 10–12 квітня 2019 року: міжнар. наук.-практ. конф. ДУ НМЦ «Агроосвіта», Київ–Миколаїв–Херсон, 2019. С. 6–8.

3. Любич В.В., Полянецька І.О. Оцінювання сортів пшениці твердої озимої за показниками росту та розвитку. Агробіологія. 2021. № 1. С. 85–92. DOI: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-85-92

4. Назаренко М.М. Продуктивність сучасних сортів пшениці озимої в умовах підзони Півночі Степу України. Аграрні інновації. № 4. 2020. С. 120–125. DOI 10.32848/agrar.innov.2020.4.18

5. Пшениця спельта / Г.М. Господаренко та ін.; за заг. ред. Г.М. Господаренка. Київ: СІК ГРУП УКРАЇНА, 2016. 312 с.

6. Васильківський С.П., Івко Ю.О. Порівняння колекції сортозразків ріпаку озимого за стабільністю висоти стебла та елементів структури урожаю. Агробіологія. 2010. Вип. 3 (74). С. 12–16.

7. Nazarenko M., Mykolenko S., Okhmat P. Variation in grain productivity and quality of modern winter wheat varieties in northern Ukrainian Steppe. Ukrainian Journal of Ecology, 2020. 10 (4). P. 102–108. DOI: 10.15421/2020\_175

8. Detection of molecular markers associated with yield and yield components in durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum Desf.) under drought conditions / S. Dura et al. Crop Pasture Sci. 2013. Vol. 64. P. 957–964.

9. Analysis of gluten proteins composition during grain filling in two durum wheat cultivars submitted to two water regoms / M.M. Giuliani et al. Ital. J. Agron. 2014. Vol. 90 (1). P. 15–19.

10. Любич В.В. Продуктивність сортів і ліній пшениць залежно від абіотичних і біотичних чинників. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2017. Вип. 95. С. 146–161.

11. Evaluation of lines from a farmer participatory organic wheat breeding program / M.H. Entz et al. Crop Sci. 2018. Vol. 58. P. 243–255.

12. Дубовик Н.С., Кириленко В.В., Дергачев О.Л. Вихідний матеріал для селекції пшениці м'якої озимої за пластичністю та стабільністю. Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області. 2015. Вип. 18. С. 132–138. URL: <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/7528>

13. Тараріко Ю.А., Величко В.А., Сайдак Р.В., Книш В.В. Сучасна практика та перспективи розвитку аграрного виробництва в Одеському регіоні. Вісник аграрної науки. 2020. № 3. С. 61–70. DOI: 10.31073/agrovisnyk202003-09

14. Adverse weather conditions for UK wheat production under climate change / C. Harkness et al. Agricultural and Forest Meteorology. 15 March, 2020. Vol. 282–283. DOI: 10.1016/j.agrformet.2019.107862

15. Farag H.I.A. Efficiency of three methods of selection in wheat breeding under saline stress conditions. Egypt. J. Plant Breed. 2013. Vol. 17. P. 85–95.

16. Бурденюк-Тарасевич Л.А., Лозінський М.В. Формування довжини головного колосу в ліній пшениці озимої різного еколого-географічного походження. Агробіологія. 2013. Вип. 11 (104). С. 30–34.

17. Лихочвор В.В., Проць Р.Р. Озима пшениця. Львів: НВФ «Українські технології», 2006. 216 с.

18. Чернобай Ю.О., Рябчун В.К., Ярош А.В., Моргунов О.І. Елементи продуктивності та врожайності зразків пшениці м'якої озимої в залежності від походження. Генетичні ресурси рослин. 2019. № 24. С. 47–57. DOI: 10.36814/pgr.2019.24.03



19. Abdullah A. Jaradat Simulated climate change differentially impacts phenotypic plasticity and stoichiometric homeostasis in major food crops. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 2018. 30 (6). P. 429–442. DOI: 10.9755/ejfa.2018.v30.i6.1705

20. Власенко В.А., Кочмарський В.С., Коломієць Л.А., Маринка С.М. Підвищення продуктивного і адаптивного потенціалів пшениці м'якої озимої. Фактори експериментальної еволюції організмів. Київ: Логос, 2008. Т. 5. С. 25–29.

21. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.

22. Хангильдин В.В., Литвиненко В.В. Гомеостатичність и адаптивність сортів озимої пшениці. Науч.-техн. бюл. ВСГИ. Одесса, 1981. Вып. 39. С. 8–14.

23. Методики випробування і застосування пестицидів / С.О. Трибель та ін.; за ред. С.О. Трибеля. Київ: Світ, 2001. 448 с.

24. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні (ПСП) / за ред. С.О. Ткачика. Київ: ТОВ НіландЛТД, 2014. 82 с.

25. Лифенко С.П., Наконечний М.Ю., Нарган Т.П. Особливості селекції сортів пшениці м'якої озимої степового еко типу у зв'язку зі змінами клімату в умовах Півдня України. Вісник аграрної науки. 2021. № 3 (816). С. 53–62. DOI: 10.31073/agrovisnyk202103-07

26. Оцінка врожайних та адаптивних властивостей нових сортів пшениці м'якої озимої / М.О. Самойлик та ін. Вісник аграрної науки. 2023. № 2 (839). С. 34–42. DOI: 10.31073/agrovisnyk202302-05

## REFERENCES

1. Burdenjuk-Tarasevych, L.A., Lozins'kyj, M.V., Dubova, O.A. (2015). Osoblyvosti formuvannja dovzhyny stebly u selekcijnyh nomeriv pshenyци ozymoї v zalezhnosti vid i'h genotypiv ta umov vyroshhuvannja [Peculiarities of stem length formation in selection numbers of winter wheat depending on their genotypes and growing conditions]. *Agrobiologija [Agrobiology]*. no. 1(117), pp. 11–15.

2. Vozhegova, R.A. (2019). Naprjamy adaptacii' galuzi roslynnyctva do regional'nyh zmin klimatu: Klimatychni zminy ta sil's'ke gospodarstvo [Directions of adaptation of crop production to regional climate changes: Climatic changes and agriculture]. *Vyklyky dlja agrarnoi' nauky ta osvity, 10–12 kvitnja 2019 roku: mizhnar. nauk.-prakt. konf. DU NMC «Agrosvita» [Challenges for agricultural science and education, April 10–12, 2019: international science and practice conf. State University of Agricultural Education and Research Center]*. Kyi'v–Mykolai'v–Kherson, pp. 6–8.

3. Ljubyč, V.V., Poljanec'ka, I.O. (2021). Ocinjuvannja sortiv pshenyци tvrdoї ozymoї za pokaznykamy rostu ta rozvytku [Evaluation of hard winter wheat varieties according to growth

and development indicators]. *Agrobiologija [Agrobiology]*. no. 1, pp. 85–92. DOI: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-85-92

4. Nazarenko, M.M. (2020). Produktyvništ' suchasnyh sortiv pshenyци ozymoї v umovah pidzony Pivnochi Stepu Ukraїny [Productivity of modern winter wheat varieties in the conditions of the Northern Steppe subzone of Ukraine]. *Agrarni innovacii' [Agrarian innovations]*. no. 4, pp. 120–125. DOI: 10.32848/agrar.innov.2020.4.18

5. Gospodarenko, G.M. (2016). Pshenyca spel'ta [Spelled wheat]. Kyiv, SIK GRUP UKRAINE, 312 p.

6. Vasy'l'kivs'kyj, S.P., Ivko, Yu.O. (2010). Porivnjannja kolekcii' sortozrazkiv ripaku ozymogo za stabil'ništju vysoty stebly ta elementiv struktury urozhaju [Comparison of the collection of winter rape samples for the stability of the stem height and elements of the crop structure]. *Agrobiologija [Agrobiology]*. Issue 3 (74), pp. 12–16.

7. Nazarenko, M., Mykolenko, S., Okhmat, P. (2020). Variation in grain productivity and quality of modern winter wheat varieties in northern Ukrainian Steppe. *Ukrainian Journal of Ecology*. no. 10 (4), pp. 102–108. DOI: 10.15421/2020\_175

8. Dura, S. (2013). Detection of molecular markers associated with yield and yield components in durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum Desf.) under drought conditions. *Crop Pasture Sci.* Vol. 64, pp. 957–964.

9. Giuliani, M.M. (2014). Analysis of gluten proteins composition during grain filling in two durum wheat cultivars submitted to two water regimens. *Ital. J. Agron.* Vol. 90 (1), pp. 15–19.

10. Ljubyč, V.V. (2017). Produktyvništ' sortiv i linij pshenyци zalezjno vid abiotyčnyh i biotyčnyh chynnykiv [Productivity of wheat varieties and lines depending on abiotic and biotic factors]. *Visnyk agrarnoi' nauky Prychornomor'ja [Herald of Agrarian Science of the Black Sea Region]*. Issue 95, pp. 146–161.

11. Entz, M.H. (2018). Evaluation of lines from a farmer participatory organic wheat breeding program. *Crop Sci.* Vol. 58, pp. 243–255.

12. Dubovyk, N.S., Kyrylenko, V.V., Dergachev, O.L. (2015). Vyhidnyj material dlja selekcii' pshenyци m'jakoi' ozymoї za plastyčnistju ta stabil'ništju [Raw material for the selection of soft winter wheat for plasticity and stability]. *Visnyk CNZ APV Harkivs'koi' oblasti [Bulletin of the Center for APV of the Kharkiv region]*. Issue 18, pp. 132–138. Available at: <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/7528>

13. Tarariko, Ju.A., Velychko, V.A., Sajdak, R.V., Knysh, V.V. (2020). Suchasna praktyka ta perspektyvy rozvytku agrarnogo vyrobnyctva v Odes'komu regioni [Modern practice and prospects for the development of agricultural production in the Odesa region]. *Visnyk agrarnoi' nauky [Herald of Agrarian Science]*. no. 3, pp. 61–70. DOI: 10.31073/agrovisnyk202003-09

14. Harkness, C., Semenov, M.A., Areal, F., Senapati, N., Trnka, M., Balek, J., Bishop, J.

(2020). Adverse weather conditions for UK wheat production under climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*. 15 March. Vol. 282–283. DOI: 10.1016/j.agrformet.2019.107862

15. Farag, H.I.A. (2013). Efficiency of three methods of selection in wheat breeding under saline stress conditions. *Egypt. J. Plant Breed.* Vol. 17, pp. 85–95.

16. Burdenjuk-Tarasevych, L.A., Lozins'kyj, M.V. (2013). Formuvannya dovzhyny golovnoho kolosu v liniy pshenyци ozymoi' riznogo ekologo-geografichno-go pohodzhennja [Formation of the length of the main ear in winter wheat lines of different ecological and geographical origins]. *Agrobiologija [Agrobiology]*. Issue 11 (104), pp. 30–34.

17. Lyhochvor, V.V., Proc', R.R. (2006). *Ozyna pshenyця [Winter wheat]*. Lviv, Ukrainian technologies, 216 p.

18. Chernobaj, Ju.O., Rjabchun, V.K., Jarosh, A.V., Morgunov, O.I. (2019). Elementy produktyvnosti ta vrozhajnist' zrazkiv pshenyци m'jakoї' ozymoi' v zalezhnosti vid pohodzhennja [Elements of productivity and yield of soft winter wheat samples depending on the origin]. *Genetychni resursy roslyn [Genetic resources of plants]*. no. 24, pp. 47–57. DOI: 10.36814/pgr.2019.24.03

19. Jaradat, Abdullah A. (2018). Simulated climate change differentially impacts phenotypic plasticity and stoichiometric homeostasis in major food crops. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. no. 30 (6), pp. 429–442. DOI: 10.9755/ejfa.2018.v30.i6.1705

20. Vlasenko, V.A., Kochmars'kyj, V.S., Kolomijec', L.A., Marynka, S.M. (2008). Pidvyshhennja produktyvnogo i adaptivnogo potencialiv pshenyци m'jakoї' ozymoi' [Increasing the productive and adaptive potential of soft winter wheat]. *Fakty eksperymental'noi' evolucii' organizmiv [Factors of experimental evolution of organisms]*. Kyiv, Logos, Vol. 5, pp. 25–29.

21. Dospheov, B.A. (1985). *Metodika polevogo opyita (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy) [Field experiment methodology (with the basics of statistical processing of research results)]*. Moscow, Agropromizdat, 351 p.

22. Khanhyldyn, V.V., Lytvynenko, V.V. (1981). Homeostatychnost y adaptivnost sortov ozymoi pshenytsy [Homeostasis and adaptability of winter wheat varieties]. *Nauch.-tekhn. biul. VSHY [Scientific-technical bul. VSGI]*. Odessa, Issue 39, pp. 8–14.

23. Trybel, S.O., Siharova, D.D., Sekun, M.P., Ivashchenko, O.O. (2001). *Metodyky vyprovuvannia i zastosuvannia pestytsydiv [Test methods and application of pesticides]*. Kyiv, World, 448 p.

24. Tkachyk, S.O. (2014). *Metodyka provedennja ekspertyzy sortiv roslyn grupy zernovyh, krup'janyh ta zernobobovyh na prydatnist' do poshyrennja v Ukraїni (PSP) [Methodology for examination of plant*

*varieties of the cereal, cereal and leguminous groups for suitability for distribution in Ukraine (PSP)]*. Kyiv, NilandLTD, 82 p.

25. Lyfenko, S.P., Nakonechnyj, M.Ju., Nargan, T.P. (2021). Osoblyvosti selekcii' sortiv pshenyци m'jakoї' ozymoi' stepovogo ekotypu u zv'jazku zi zminamy klimatu v umovah pivdnja ukrai'ny [Peculiarities of the selection of soft winter wheat varieties of the steppe ecotype in connection with climate changes in the conditions of southern Ukraine]. *Visnyk agrarnoi' nauky [Herald of Agrarian Science]*. no. 3 (816), pp. 53–62. DOI: 10.31073/agrovisnyk202103-07

26. Samoilyk, M.O., Ustynova, G.L., Lozins'kyj, M.V., Korhova, M.M., Ulich, O.L. (2023). Ocinka vrozhajnyh ta adaptivnyh vlastyvostry novyh sortiv pshenyци m'jakoї' ozymoi' [Evaluation of yield and adaptive properties of new varieties of soft winter wheat]. *Visnyk agrarnoi' nauky [Herald of Agrarian Science]*. no. 2 (839), pp. 34–42. DOI: 10.31073/agrovisnyk202302-05

#### **Formation of spike length and number of spikelets in soft winter wheat varieties depending on the genotype and conditions of the year**

**Kumanska Yu., Lozinskiy M., Sabadyn V., Sydorova I., Dubovyk N.**

The value of the variety in increasing the yield of soft winter wheat is undeniable. Therefore, the use of genetic patterns in breeding can improve the adaptability of modern varieties. In breeding and genetic studies, the formation of yield is considered as a complex characteristic due to many components. Studying the variability and stability of the main structural elements of productivity is an important task in the selection of soft winter wheat. The aim of the study was to investigate the peculiarities of the formation in soft winter wheat spike length and the number of spikelets in it depending on the genotype and the conditions of the year, and to select genotypes with a consistently high expression for involvement in the selection process. The research was carried out in the conditions of the experimental field of the Educational and Production Center of the Bila Tserkva National Agrarian University in 2018–2020. The source material for the research was varieties of different ecological and geographical origin recommended for growing in Ukrainian forest-steppe. Arithmetic mean ( $\bar{x}$ ), minimum and maximum value of features (min–max), standard deviation (s), coefficient of variation (V, %), homeostatic index (Hom) were determined. To characterize moisture availability, the hydrothermal coefficient was calculated. According to the research results, such varieties as Tobak, Bohemia, Kvitka poliov, Legenda bilotserkivska, Svitilo, Platin, Kolonia, Akrotos formed the largest spike length, exceeding the standard variety Lisova pisnia by 1.6–2.3 cm. A high homeostatic index was determined by this feature in varieties Kvitka poliov (758), Kolonia (343), Svitilo (334), Perlyna Lisostepu (204).

The varieties Akrotos, Favorite, Kolonia, Svitilo, Platin, Legenda Bilotserkivska, Tobak were selected according to the number of in the ear, which had indicators from 19.0 to 20.4 pcs., which is 2.1–3.5 pcs. more than the standard sort (16.9 pcs.). The highest homeostaticity, in terms of the number spikelets in the

spike, was received in Skagen (930), Kolonia (826), Flower of the Fields (780), Akrotos (682), and Forest Song (461).

**Key words:** soft winter wheat, variety, spike length, number of spikelets in the spike, homeostatics, selection.



Copyright: Куманська Ю.О. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Куманська Ю.О.

<https://orcid.org/0000-0001-5945-5737>

Лозінський М.В.

<https://orcid.org/0000-0002-6078-3209>

Сабадин В.Я.

<https://orcid.org/0000-0002-8397-8973>

Сидорова І.М.

<https://orcid.org/0000-0002-0224-2981>

Дубовик Н.С.

<https://orcid.org/0000-0002-1473-9565>


УДК 577.11:577.21:633.853.494

## Визначення поліморфізму ріпаку озимого (*Brassica napus* L.) на основі SSR маркерів та морфологічних ознак

Піскова О.В. , Костенко А.В. , Шляхтун І.С. ,

Діхтяр І.О. , Ільченко Я.В. , Присяжнюк Л.М. 

Український інститут експертизи сортів рослин

 Присяжнюк Л.М. E-mail: prysiazhniuk\_l@ukr.net



Піскова О.В., Костенко А.В., Шляхтун І.С., Діхтяр І.О., Ільченко Я.В., Присяжнюк Л.М. Визначення поліморфізму ріпаку озимого (*Brassica napus* L.) на основі SSR маркерів та морфологічних ознак. «Агробіологія», 2023. № 1. С. 32–41.

Piskova O., Kostenko A., Shliakhtun I., Dikhtiar I., Ichenko Y., Prysiazhniuk L. Determination of winter rapeseed (*Brassica napus* L.) polymorphism based on SSR markers and morphological characters. «Agrobiology», 2023. no. 1, pp. 32–41.

Рукопис отримано: 27.03.2023 р.

Прийнято: 10.04.2023 р.

Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-179-1-32-41

У статті наведено результати досліджень з оцінки генетичного різноманіття ріпаку озимого за допомогою молекулярно-генетичного аналізу з використанням SSR маркерів та визначення поліморфізму гібридів за морфологічними ознаками.

Метою досліджень було визначення поліморфізму генотипів ріпаку озимого за SSR маркерами та морфологічними маркерними ознаками.

Досліджували 12 гібридів ріпаку озимого, які проходили кваліфікаційну експертизу на ВОС в 2021–2022 рр. та 24 батьківських компоненти до цих гібридів. Дослідження з оцінки генотипів ріпаку озимого за 8 SSR маркерами проводили в 2021 році. Визначено, що більшість гібридів та їх батьківських компонентів за досліджуваними SSR маркерами характеризуються алелями однакового розміру та є гомозиготами за цими маркерами. Водночас, встановлено наявність у батьківських компонентів лише по одному алелю, які ідентифіковані у гібрида. Таке розподілення алелів надає можливість визначити ступінь гібридності гібридів та провести їх ідентифікацію. Встановлено, що найбільш поліморфним виявився маркер Na12-A02, PIC становить 0,77. Найменше значення PIC отримано для маркера Na12-E02 – 0,47. У середньому для досліджуваних маркерів PIC склав 0,66, що вказує на рівномірність розподілу ідентифікованих алелів за SSR маркерами у цій вибірці генотипів ріпаку озимого.

У результаті кластеризації виділено п'ять кластерів, які сформовані із гібридів ріпаку озимого за 8 SSR маркерами. Найбільш близькими виявились гібриди із значеннями генетичних дистанцій 2,45. Тимчасом найбільш віддаленими є гібриди зі значенням генетичних дистанцій 5,83 та 5,74. В результаті кластеризації за кодами прояву морфологічних ознак досліджувані гібриди ріпаку озимого розподілились на 3 кластери. Визначено, що найбільш подібними виявились гібриди із значеннями генетичних дистанцій 3,46. Тимчасом найбільш відмінними є гібриди із значеннями генетичних дистанцій між ними 5,29–9,38. Отже, враховуючи різну диференціацію досліджуваних генотипів за ідентифікованими алелями за SSR маркерами та кодами прояву морфологічних ознак, SSR маркери можуть застосовуватись як додатковий інструмент визначення відмінності генотипів.

**Ключові слова:** генетичні дистанції, ріпак озимий, частота алелів, PIC, генетичне різноманіття, SSR маркери.

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** Ріпак посідає третє місце серед олійних культур, його валове виробництво становить близько 35 млн т, а виробництво олії сягає 9,8 % світових обсягів. На сьогодні ріпак вирощують більш як у 30 країнах, це

одна з найпоширеніших культур у світі, його посіви займають понад 30 млн га, або 10,5 % всіх площ олійних культур. В Україні в останні роки спостерігається тенденція до стрімкого збільшення посівних площ під ріпаковою культурою. За планування виробництва ріпаку, зо-



крема високих його врожаїв, виникає потреба у виведенні високопродуктивних сортів [1]. Селекційні програми ефективно використовують генетичну дивергенцію в зародковій плазмі після оцінки генетичного різноманіття [2]. На сучасному етапі розвитку селекції визначають генетичний поліморфізм вихідних матеріалів, це створює передумови щодо здійснення добору батьківських комбінацій для виведення сортів із високими показниками врожайності та покращення показників якості [3]. Знання про генетичне різноманіття зародкової плазми допомагає підібрати сприятливу комбінацію генів та створити унікальний генотип завдяки збільшенню частки сприятливого генетичного матеріалу, за яким відрізняються батьківські компоненти [4].

Сучасні сорти ріпаку досить складно диференціювати, оскільки генетична база їх батьківських компонентів достатньо вузька. Наразі, за застосування традиційних методів аналізування відмінності сортів, таких як морфологічний опис, ізоферментний аналіз, складно виявити високий рівень поліморфізму, зокрема, враховуючи, що на ступінь прояву фенотипових ознак можуть також чинити вплив умови навколишнього середовища [5, 6]. Станом на 20.03.2023 р. в Державному реєстрі сортів рослин, придатних до поширення в Україні знаходиться 349 гібридів та сортів ріпаку озимого, кожен рік з метою набуття майнових прав інтелектуальної власності та майнового права на поширення випробовують близько 145 гібридів, а також 330 батьківських компонентів (ліній). Отже, актуальним є залучення ефективних методів оцінки поліморфізму сортів ріпаку озимого. В останні роки методи молекулярно-генетичного аналізу, які засновані на поліморфізмі ДНК, використовують для характеристики сортів та селекційного матеріалу багатьох сільськогосподарських культур, зокрема ріпаку [7, 8]. Із початку 2000-х років низкою країн, які є членами Міжнародного союзу з охорони нових сортів рослин (International Union for the Protection of New Varieties of Plants – UPOV) започатковано застосування додаткових методів оцінки сортів з використанням біохімічних та молекулярних методів. Як важливий інструмент для визначення поліморфізму використовують достатньо широкий спектр ДНК маркерів. Головними особливостями, які вирізняють SSR (Simple Sequence Repeats) маркери від інших типів є кодомінантний прояв успадкування, високий рівень поліморфізму та широке розповсюдження по геному [9]. Застосування SSR маркерів для оцінки полі-

морфізму генотипів ріпаку є достатньо поширеним [10–13].

**Метою дослідження** було визначення поліморфізму генотипів ріпаку озимого за SSR маркерами та морфологічними маркерними ознаками.

**Матеріал і методи дослідження.** Матеріалом для дослідження слугували 12 гібридів ріпаку озимого, які проходили кваліфікаційну експертизу на ВОС в 2021–2022 рр. та 24 батьківських компоненти до цих гібридів. Дослідження з оцінки генотипів ріпаку озимого за SSR маркерами проводили в 2021 році на базі лабораторії молекулярно-генетичного аналізу Українського інституту експертизи сортів рослин (УІЕСР). Морфологічний опис генотипів ріпаку озимого проводили протягом 2021–2022 рр. в межах кваліфікаційної експертизи на відмінність, однорідність та стабільність (ВОС) відповідно до методики проведення експертизи сортів ріпаку на ВОС. Ступені прояву морфологічних ознак позначали цифровими значеннями від 1 до 9 [14].

Для проведення ПЛР аналізу генотипів ріпаку озимого застосовували 8 SSR маркерів [13, 15]. ДНК генотипів виділяли із п'ятидобових проростків, застосовуючи СТАВ-метод [16]. Послідовності та характеристики праймерів наведено в таблиці 1.

ПЛР проводили на ампліфікаторі SureCycle G8800A (Agilent, США). Реакційна суміш містила: 100 нг сумарної рослинної ДНК, 1×буфер (10 mM Tris-HCl, pH 9,0; 50 mM KCl; 0,01 % Triton X-100; 25 mM MgCl<sub>2</sub>); 200 мкМ дезоксинуклеозидтрифосфатів (дНТФ), 0,2 мкМ кожного з праймерів та 1 одиницю Taq-полімерази. Об'єм реакційної суміші 20 мкл. Параметри ампліфікації: початкова денатурація – 94 °C – 5 хв, 35 циклів: денатурація – 94 °C – 45 с, гібридизація праймерів – 53 °C (49 °C для F1TO-063) – 45 с, 72 °C – 1 хв, заключна елонгація – 72 °C – 10 хв.

Продукти реакції ампліфікації візуалізували з використанням методу електрофорезу в 2 % агарозному гелі у 0,5×ТБЕ (трис-боратний буферний розчин) з бромистим етидієм. Електрофорез проводили протягом 1,5 год за напруженості електричного поля 5 В/см [17]. Розмір отриманих фрагментів визначали відносно маркера молекулярної маси за допомогою комп'ютерної програми TotalLab T1120 (trial version). З метою визначення спроможності маркерної системи диференціювати сорти ріпаку розраховували PIC (polymorphism information content) за частотами отриманих алелів [18].



Таблиця 1 – Характеристика SSR маркерів для оцінки поліморфізму ріпаку озимого

SSR	Нуклеотидні послідовності праймерів 5'→3'	Мотив	Очікуваний розмір алелів, п.н.
FITO-063	*F - GTTCAGTTCCCAGATTCCTAA **R - TTTCCTCTTCCTTCTCTCTC	(CCG)15	267–700
FITO-136	F - CCTCCTCCTCAGACTTACACT R - TCACATCCACCATAACSTTT	(CTC)12	130-133
Na10-B07	F - GCCTTAGATTAGATGGTCGCC R - ACTTCAGCTCCGATTTGCC	(CT)29	174-213
Na10-B11	F - TTTAACAACAACCGTCACGC R - CTCCTCCTCCATCAATCTGC	(CT)29	104-161
Na12-E02	F - TTGAAGTAGTTGGAGTAATTGGA R - CAGCAGCCACAACCTTACG	(TTG)13	59-97
Na14-H12	F - CACATTGGCACGTATCCATC R - GGCTGATCGAACACAAATAAG	(AC)16	156-188
Na12-A02	F - AGCCTTGTTGCTTTTCAACG R - AGTGAATCGATGATCTCGCC	(CT)16	161-202
Ra3-H09	F - GTGGTAACGACGGTCCATTC R - ACCACGACGAAGACTCATCC	(TGG)3	119-129

\*F – прямиий праймер; \*\*R – зворотний праймер.

Генетичні дистанції за Неєм та Лі між досліджуваними генотипами ріпаку озимого та групування у кластери за SSR маркерами проводили за допомогою методу незваженого попарного середнього (Unweighted pair group average), групування за морфологічними ознаками – одиничних зв'язків (Single Linkage) з використанням комп'ютерної програми STATISTICA 12.0 (Trial version) [19].

**Результати дослідження та обговорення.** За результатами ПЛР аналізу за SSR маркерами гібридів та їх батьківських компонентів ріпаку озимого ідентифіковані алелі очікуваних розмірів (табл. 2).

Визначено, що внутрішньолінійний поліморфізм характерний для всіх маркерів, окрім FITO-063, за яким ідентифіковано один алель на локус. За маркерами Na12-A02, FITO-136 та Na10-B07 у досліджуваних генотипів ріпаку виявлено до 3 алелів на один локус, за маркерами Ra3-H09, Na10-B11, Na12-E02 та Na14-H12 – до 2 алелів. За маркером Na10-B07 визначено найбільшу кількість алелів – 8, найменшу кількість алелів ідентифіковано за маркером Na12-E02 – 3 алеля. В середньому на один локус припадає 5 алелів.

За результатами досліджень встановлено, що найбільша частота характерна для алеля розміром 130 п.н., який виявлено за маркером Na12-E02. Його ідентифіковано у всіх досліджуваних генотипів ріпаку озимого. Алелі,

розміром 115 та 140 п.н., виявлені за маркерами Ra3-H09 і FITO-136 також характеризувались високою частотою – 0,53 та 0,47 відповідно. Алелі розмірами 220 та 108 п.н., які ідентифіковані за маркерами Na12-A02 і Na12-E02 мали найменшу частоту – 0,03 та зустрічались лише у одного із батьківських компонентів досліджуваних гібридів.

Визначено, що більшість гібридів та їх батьківських компонентів за досліджуваними SSR маркерами характеризуються алелями однакового розміру та є гомозиготами за цими маркерами. Зокрема, алелі, які ідентифіковано у гібрида, наявні також у обох його батьківських компонентів.

Однак, для деяких батьківських компонентів та гібридів визначено, що у батьківських компонентів наявні лише по одному алелю, які ідентифіковані у гібрида. Зокрема, за маркером Na12-A02 у батьківського компонента 17 ідентифіковано 2 алеля розмірами 194 та 164 п.н., у батьківського компонента 18 – 194 та 157 п.н. У гібрида 16, складовими якого є батьківські компоненти 17 та 18, виявлено алелі розмірами 194, 164 і 157 п.н. (рис. 1).

За маркером Na10-B11 у гібрида 13 виявлено два алеля розмірами 208 та 157 п.н., тимчасом у його батьківських компонентів ідентифіковано по одному алелю 208 п.н. (батьківський компонент 14) та 157 п.н. (батьківський компонент 15) (рис. 2).

Таблиця 2 – Кількість, розмір та частота алелів, ідентифікованих за SSR маркерами

SSR	Розміри алелів, п.н.	Кількість алелів, шт.	Частота алелів	PIC
FITO-063	254-282	4	0,17-0,33	0,74
Na10-B07	116-163	8	0,04-0,33	0,63
Ra3-H09	105-130	5	0,04-0,53	0,62
Na12-A02	157-220	6	0,03-0,28	0,77
Na12-E02	97-130	3	0,03-0,69	0,47
Na14-H12	210-249	5	0,10-0,43	0,72
FITO-136	165-175	4	0,11-0,47	0,57
Na10-B11	148-220	5	0,08-0,44	0,72

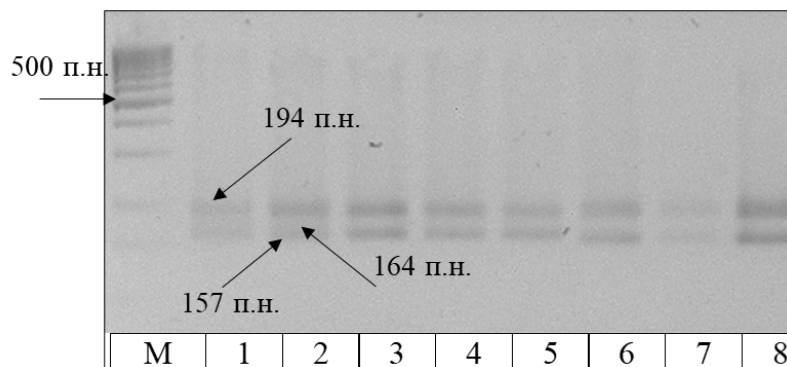


Рис.1. Електрофореграма продуктів ПЛР гібрида 16 та батьківських компонентів 17 і 18 ріпаку озимого за маркером Na12-A02: 1-2 – гібрид 16; 3-5 – батьківський компонент 17; 6-8 – батьківський компонент 18; М – маркер молекулярної маси 100 bp DNA Ladder O'GeneRuler (Thermo Scientific).

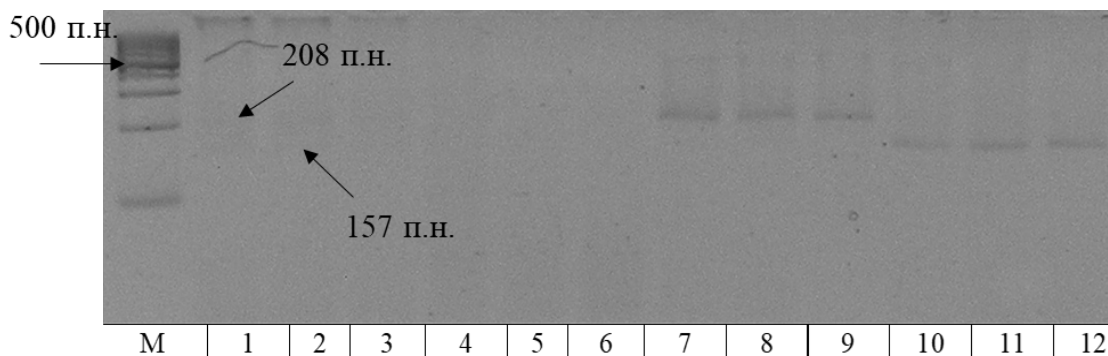


Рис. 2. Електрофореграма продуктів ПЛР гібрида 13 та батьківських компонентів 14 і 15 ріпаку озимого за маркером Na10-B11: 1-2 – гібрид 13; 3-5 – батьківський компонент 14; 6-8 – батьківський компонент 15; М – маркер молекулярної маси 100 bp DNA Ladder O'GeneRuler (Thermo Scientific).

Алелі з розмірами 204 та 148 п.н. ідентифіковані у гібрида 22, у його батьківських компонентів (23 та 24) виявлено по одному алелю зазначеного розміру. У гібридів 37, 40 та 43 виявлено по 2 алеля з розмірами 220 і 157 п.н., їх батьківські компоненти (38 і 39, 41 і 42, 44 і 45 відповідно) характеризуються наявністю одного алеля 220 або 157 п.н. (рис. 3).

Отже, визначений поліморфізм батьківських компонентів гібридів ріпаку озимого за SSR маркерами дає змогу визначити ступінь гібридності гібридів та провести їх ідентифікацію відповідно до отриманих алелів.

На основі отриманих частот алелів розраховували PIC для кожного маркера. Визначено, що найбільш поліморфним виявився маркер Na12-A02, PIC становить 0,77. Найменше значення PIC отримано для маркера Na12-E02 – 0,47. Високі значення PIC також були отримані для маркерів Na14-H12, F1TO-063 та Na10-B11 (0,72; 0,74 та 0,72 відповідно). Для інших SSR маркерів PIC становить від 0,57 до 0,63.

Колектив авторів [13] досліджували 25 гібридів ріпаку озимого за 11 SSR маркерами. Відповідно до отриманих результатів, найбільш поліморфним виявився маркер Na12-A02, за яким було ідентифіковано найбільшу кількість поліморфних алелів. Водночас, маркер F1TO-063 характеризувався мінімальною кількістю алелів у досліджуваних генотипів [13]. У дослідженнях [20], які використовували 39 SSR маркерів для аналізу генотипів роду *Brassica* L., показано, що отримані значення PIC варіювали в широкому діапазоні – від 0,17 (за маркером Ni4-D09) до 0,75 (за маркером Ra2-E07). За маркерами Na12-A02 та Na12-E02 PIC становили 0,50 і 0,52 відповідно. За даними [21], що вивчали 22 сорти та

55 селекційних ліній ріпаку за 56 SSR маркерами, визначено, що середнє значення PIC становило 0,51. Високі значення були відмічені для маркера Ra3-H09 – 0,85, тимчасом маркер Na12-E02 продемонстрував низький PIC 0,37. Отже, в наших дослідженнях, високі значення PIC, який в середньому становив 0,66, вказують на рівномірність розподілу ідентифікованих алелів за SSR маркерами у цій вибірці генотипів ріпаку озимого.

Для встановлення відмінності гібридів ріпаку озимого проводили кластерний аналіз за матрицею наявності/відсутності ідентифікованих алелів. Групування у кластери досліджених генотипів проводили за допомогою методу незваженого попарного середнього, в якому критерієм для встановлення ступеня близькості є середнє значення показників генетичної близькості між членами кластеру та кандидатом на включення до кластеру. Результати кластеризації представлено у вигляді філогенетичного дерева на рисунку 4.

У результаті кластеризації виділено п'ять кластерів, які сформовані із гібридів ріпаку озимого за 8 SSR маркерами. Відповідно до ступеня генетичної близькості досліджувані гібриди розподілились на дві групи кластерів. Найбільш близькими виявились гібриди з номерами 46 та 49. Значення генетичних дистанцій між ними становить 2,45. Високий ступінь подібності за дослідженими SSR маркерами показали гібриди 28 та 31. Генетичні дистанції між ними становлять 2,65. Найвіддаленішими гібридами, які увійшли в один кластер, виявились гібриди 1 та 4 з генетичними дистанціями 3,74. Загалом, значення генетичних дистанцій між досліджуваними гібридами варіювало від 2,45 до 5,83.

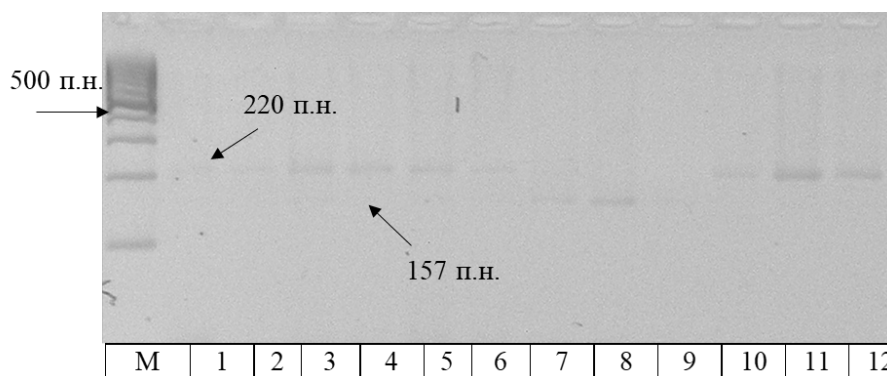


Рис. 3. Електрофореграма продуктів ПЛР гібрида 37 та батьківських компонентів 38 і 39 ріпаку озимого за маркером Na10-B11: 1–2 – гібрид 37; 3–5 – батьківський компонент 38; 6–8 – батьківський компонент 39; М – маркер молекулярної маси 100 bp DNA Ladder O'GeneRuler (Thermo Scientific).

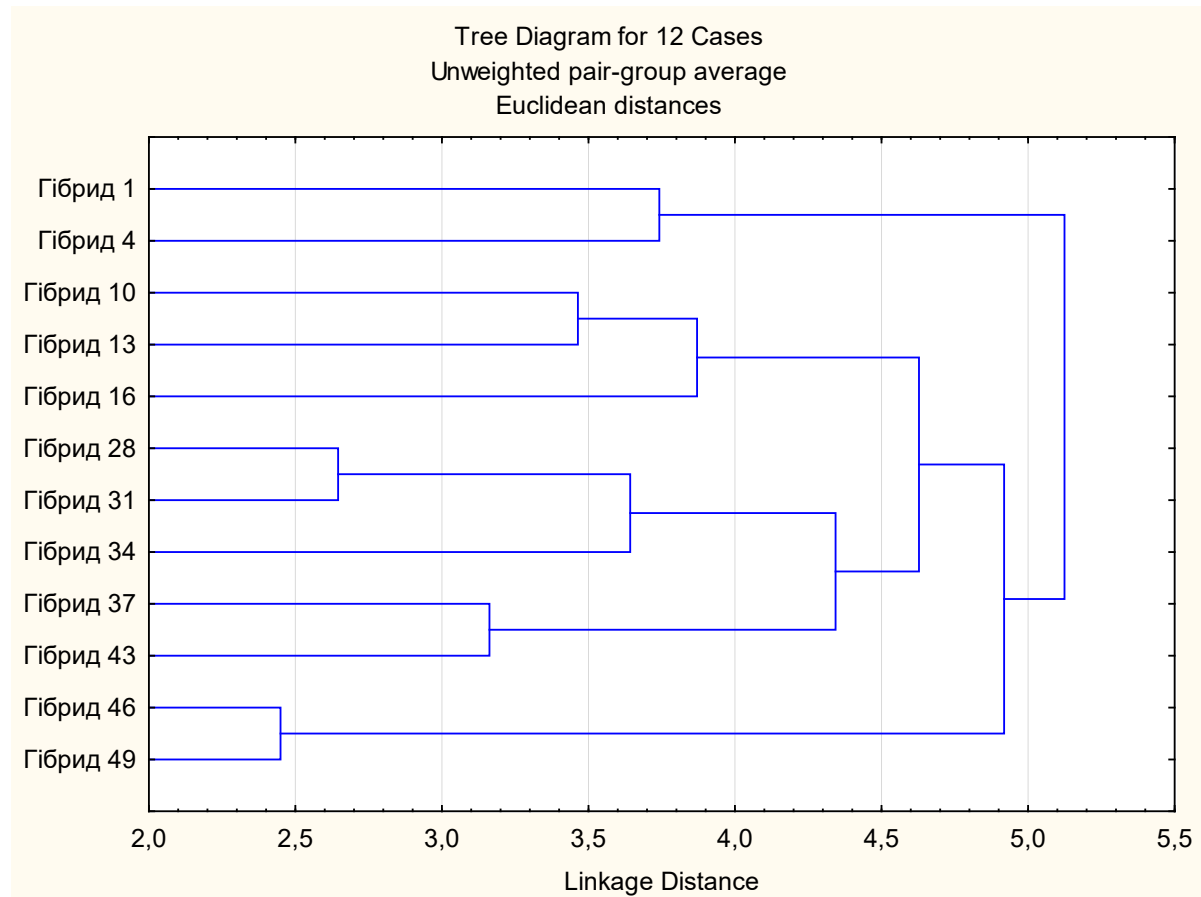


Рис. 4. Кластерний аналіз гібридів ріпаку озимого на основі SSR маркерів.

Відповідно до отриманих даних визначено, що найбільш віддаленими виявилися гібриди 4, 37 та 34 зі значенням генетичних дистанцій 5,83 і 5,74 відповідно. Слід зазначити, що гібрид 4 за генетичними дистанціями є також віддаленим від інших досліджуваних гібридів. Значення генетичних дистанцій становили від 4,24 до 5,83.

Відповідно до методики проведення експертизи сортів ріпаку на відмінність, однорідність і стабільність досліджувані сорти описують за 22 ознаками. З метою визначення генетичних дистанцій за кодами прояву морфологічних ознак досліджуваних гібридів ріпаку озимого, коди прояву ознаки 1 (Насіння: ерукова кислота) та ознаки 22 (Тенденція до формування суцвіть в рік пізньолітньої сівби) не враховували, оскільки всі досліджувані гібриди ріпаку озимого характеризуються відсутністю ерукової кислоти з огляду на те, що на сьогодні ведеться селекція на створення безерукових сортів. Ознаку 22 не визначали, оскільки під час проведення кваліфікаційної експертизи на ВОС пізньолітню сівбу не проводили.

У результаті кластеризації за кодами прояву морфологічних ознак досліджувані гібриди ріпаку озимого розподілились на 3 кластери (рис. 5).

За результатами аналізу визначено, що гібриди 10, 31, 46 та 49 сформували один кластер. В одному кластері також знаходяться гібриди 28, 34 та 37, в один кластер увійшли гібриди 4 та 13. Відповідно до отриманих даних, окремо розташувались гібриди 1, 43 та 16. Визначено, що за морфологічними ознаками найбільш подібними виявились гібриди із значеннями генетичних дистанцій 3,46; 13 та 4. Встановлено, що найбільш відмінним виявився гібрид 16 із значеннями генетичних дистанцій між ним та іншими досліджуваними гібридами 5,29–9,38. Найбільше значення генетичних дистанцій – 9,38 між досліджуваними гібридами отримано для таких пар гібридів: 16 та 1, 16 та 43.

Варто зазначити, що відповідно до отриманих даних, розподіл досліджуваних гібридів в кластери за ідентифікованими алелями за SSR маркерами дещо відрізнявся від розподілу гібридів за кодами прояву морфологічних ознак. Зокрема, за ідентифікованими алелями за SSR

маркерами гібрид 4 виявився найбільш відмінним, тимчасом за кодами прояву морфологічних ознак він найбільш подібний до гібрида 13 та знаходиться з цим гібридом в одному кластері. Гібриди 43 та 16 за SSR маркерами хоча й не увійшли в один кластер, однак значення генетичних дистанцій між ними становить 4,00, тимчасом за кодами прояву морфологічних ознак ці гібриди є найбільш відмінними. Водночас, гібриди, які утворили один кластер за кодами прояву морфологічних ознак (28, 34 та 37) за SSR маркерами також є достатньо близькими із значеннями генетичних дистанцій 4,00–4,12. Гібрид 16, який за ідентифікованими алелями за SSR маркерами не належить до жодного із сформованих кластерів, а знаходиться в прилеглому до гібридів 10 та 13 кластері, за кодами прояву морфологічних однак не увійшов в жоден кластер.

Можливість застосування SSR маркерів розглянуто в роботі [22]. Автори використовували 15 SSR маркерів для визначення поліморфізму 10 сортів ріпаку. За результатами роботи показано, що отриманий рівень поліморфізму дозволяє застосовувати SSR маркери як допо-

міжний метод для встановлення відмінності та однорідності сортів, крім того дає можливість за даними аналізу підбирати сорти для включення в робочу колекцію загальновідомих сортів для оцінки в польових умовах. В роботі [7] показано можливість використання SSR маркерів із розрахунком генетичних дистанцій під час проведення тесту на ВОО та охарактеризовано декілька підходів для їх застосування.

За результатами досліджень гібридів ріпаку озимого, які представлені в роботі, за двома маркерними системами відмічено як подібний так і відмінний розподіл гібридів на кластери. Такий розподіл свідчить про можливість застосування маркерної системи з 8 SSR маркерів для встановлення їх відмінності та визначення найбільш подібних гібридів. Визначення ступеня гібридності, встановлення генетичної формули гібрида чи лінії за SSR маркерами може бути доцільним для використання як додаткового методу з метою визначення відмінності та ідентифікації гібридів та їх батьківських компонентів в процесі експертизи на відмінність, однорідність та стабільність, а також для підбору сортів робочої колекції загальновідомих сортів.

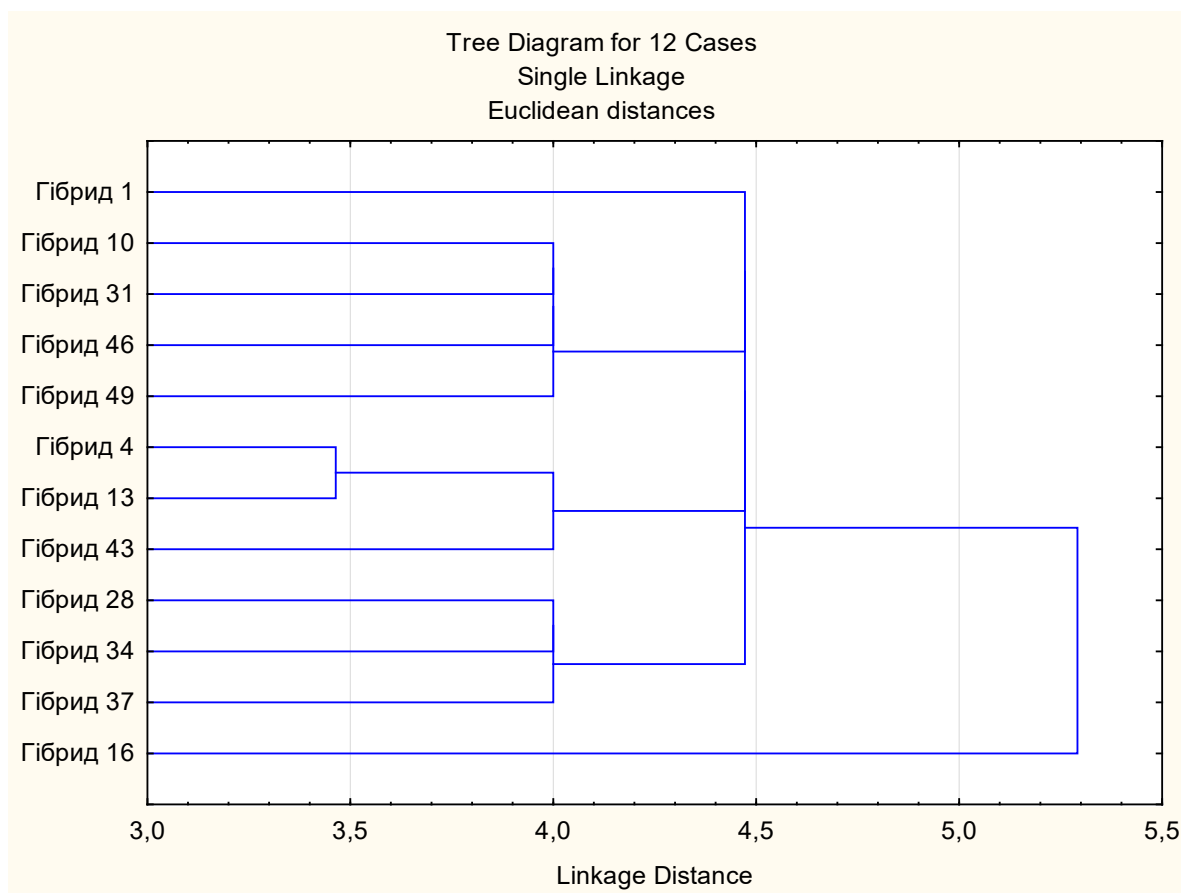


Рис. 5. Кластерний аналіз гібридів ріпаку озимого на основі кодів прояву морфологічних ознак.



**Висновки.** Визначено, що використання системи, яка складається з 8 SSR маркерів є ефективним для диференціації 12 гібридів і їх батьківських компонентів ріпаку озимого та дозволяє визначити найбільш відмінні й подібні генотипи. Встановлений поліморфізм гібридів та їх батьківських компонентів дозволяє отримати генетичні профілі досліджуваних гібридів ріпаку озимого, які можуть бути застосовані для визначення типовості гібридів, їх ідентифікації, визначення відмінності ліній та гібридів. Встановлено, що значення генетичних дистанцій отримані за SSR маркерами для гібридів та їх батьківських компонентів відрізняються від відповідного розподілу за кодами прояву морфологічних ознак. Отже, враховуючи різну диференціацію досліджуваних генотипів за ідентифікованими алелями за SSR маркерами та кодами прояву морфологічних ознак, SSR маркери можна застосовувати як додатковий інструмент визначення відмінності генотипів, якщо неможливо визначити чітку відмінність за морфологічними ознаками.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Влащук А.М., Дробіт О.С., Кляуз М.А. Удосконалення технології вирощування ріпаку озимого. Наукові здобутки селекціонерів ННЦ «Інститут землеробства НААН» – на благо майбутнього, присвячена 120-річчю від дня народження вченого, аграрія, селекціонера Данила Лихваря: матеріали тез міжнародної наукової Інтернет-конференції. Вінниця, 2022. С. 55–59.
2. Genetic divergence in *Brassica napus* L. germplasm as determined by quantitative attributes / M. Pyas et al. Pak. J. Bot. 2018. Vol. 50, No 3. P. 1039–1045.
3. Studies on genetic divergence of rapeseed genotypes using SSR markers / H. Qamar et al. Pak. J. Bot. 2020. Vol. 52, No 1. P. 197–204. DOI: 10.30848/PJB2020-1(23)
4. Genetic relationships among chickpea (*Cicer arietinum*) elite lines based on RAPD and agronomic markers / R. Talebi et al. Int. J. Agri. Bio. 2008. No 10. P. 301–305.
5. Genetic diversity and DNA fingerprinting in broccoli carrying multiple clubroot resistance genes based on SSR markers / Q. Xie et al. Applied Sciences. 2022. Vol. 12, No 9. P. 47–54. DOI: 10.3390/app12094754
6. Molecular characterization and genetic diversity analysis in Indian mustard (*Brassica juncea* L. Czern & Coss.) varieties using SSR markers / K.H. Singh et al. Plos one. 2022. Vol. 17, No 8. e0272914. 2016. Vol. 12. DOI: 10.1371/journal.pone.0272914
7. Jamali S.H., Cockram J., Hickey L.T. Insights into deployment of DNA markers in plant variety protection and registration. Theoretical and Applied Genetics. 2019. Vol. 132. P. 1911–1929. DOI: 10.1007/s00122-019-03348-7
8. Genetic diversity analysis of Indian mustard (*Brassica* spp.) germplasm lines using SSR molecular markers / R. Baghel et al. Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. 2020. Vol. 9, No 12. P. 137–143.
9. De novo design of future rapeseed crops: Challenges and opportunities / S. Liu et al. The Crop Journal. 2022. Vol. 10, No 3. P. 587–596. DOI: 10.1016/j.cj.2022.05.003
10. Neupane S., Regmi R. Evaluation of genetic diversity among Nepalese rapeseed germplasm accessions using SSR markers. Journal of Genetics, Genomics & Plant Breeding. 2020. Vol. 4, No 4. P. 171–179.
11. Genetic mapping and genomic prediction of sclerotinia stem rot resistance to rapeseed/canola (*Brassica napus* L.) at seedling stage / J. Roy et al. Theoretical and Applied Genetics. 2022. Vol. 135, No 6. P. 2167–2184. DOI: 10.1007/s00122-022-04104-0
12. Development of genome-wide SSR markers in rapeseed by next generation sequencing / J. Zhu et al. Gene. 2021. Vol. 798. P. 145–179. DOI: 10.1016/j.gene.2021.145798
13. Comparison of AFLP and SSR for genetic diversity analysis of *Brassica napus* hybrids / L. Li et al. Journal of Agricultural Science. 2011. Vol. 101, No 3. DOI: 10.5539/jas.v3n3p101
14. Методика проведення експертизи сортів рослин групи олійних на відмінність, однорідність і стабільність. URL: [https://sops.gov.ua/uploads/page/Meth\\_DUS/Method\\_oil2020.pdf](https://sops.gov.ua/uploads/page/Meth_DUS/Method_oil2020.pdf)
15. Klyachenko O.L., Prysiazhniuk L.M., Shofolova N.V., Piskova O.V. Polymorphism in spring and winter rapeseed varieties (*Brassica napus* L.) identified by SSR markers. Plant Varieties Studying and Protection. 2018. Vol. 14, No 4. P. 366–374. DOI: 10.21498/2518-1017.14.4.2018.151898
16. Gupta N. DNA Extraction and Polymerase Chain Reaction. J Cytol. 2019. Vol. 36, No 2. P. 116–117. DOI: 10.4103/JOC.JOC\_110\_18
17. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва / за ред. С.О. Ткачик. 2020. 158 с.
18. Сиволап Ю.М., Кожухова Н.Е. ДНК-технології в реєстрації й охороні прав на сорти рослин. Plant varieties studying and protection. 2005. № 1. С. 66–74. DOI: 10.21498/2518-1017.1.2005.66849
19. Мельник А.В. Використання кластерного аналізу за підбору сортів і гібридів ріпаку ярого для вирощування в лівобережному Лісостепу України. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2013. № 4. С. 6–11.
20. Turi N.A., Farhatullah R.M., Shinwari Z.K. Genetic diversity in the locally collected *Brassica* species of Pakistan based on microsatellite markers. Pakistan Journal of Botany. 2012. Vol. 44, No 3. P. 1029–1035.
21. Channa S.A., Tian H., Wu H.Q., Hu S.W. Analysis of genetic diversity among Rapeseed cultivars and breeding lines by SRAP and SSR molecular markers. Pak. J. Bot. 2016. Vol. 48, No 6. P. 2409–2422.

22. The development of multiplex simple sequence repeat (SSR) markers to complement distinctness, uniformity and stability testing of rape (*Brassica napus* L.) varieties / L. Tommasini et al. Theoretical and Applied Genetics. 2003. Vol. 106. P. 1091–1101. DOI: 10.1007/s00122-002-1125-8

### REFERENCES

1. Vlashchuk, A.M., Drobit, O.S., Kliuz, M.A. (2022). Udoskonalennia tekhnolohii vyroshchuvannia ripaku ozymoho [Improvement of winter rapeseed cultivation technology]. Naukovi zdobutky selektsioneriv NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN» – na blaho maibutnoho, prysviachena 120-richchiu vid dnia narodzhennia vchenoho, ahra-riia, selektsionera Danyla Lykhvaria [Scientific achievements of breeders of the NSC "Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences" - for the future, dedicated to the 120th anniversary of the birth of the scientist, agriculturist, breeder Danylo Lykhvar. In Proceedings of the International Scientific Internet Conference]. pp. 55-59.

2. Ilyas, M., Shabbir, G., Rabbani, M.A., Malik, S.I., Cheema N.M., Ansar, M., Jan, S.A. (2018). Genetic divergence in *Brassica napus* L. germplasm as determined by quantitative attributes. Pak. J. Bot. Vol. 50, no. 3, pp. 1039-1045.

3. Qamar, H., Shabbir, G., Ilyas, M., Arshad, A., Imran, S., Malik, T., Mustafa, H.S.B. (2020). Studies on genetic divergence of rapeseed genotypes using SSR markers. Pak. J. Bot. Vol. 52, no. 1, pp. 197-204. DOI: 10.30848/PJB2020-1(23)

4. Talebi, R., Fayaz, F., Mardi, M., Pirsyedi, S.M., Naji, A.M. (2008). Genetic relationships among chickpea (*Cicer arietinum*) elite lines based on RAPD and agronomic markers. Int. J. Agri. Bio. no. 10, pp. 301-305.

5. Xie, Q., Zhao, Y., Liu, Y., Han, F., Liu, W., Li, Z. (2022). Genetic diversity and DNA fingerprinting in broccoli carrying multiple clubroot resistance genes based on SSR markers. Applied Sciences. Vol. 12, no. 9, pp. 47–54. DOI: 10.3390/app12094754

6. Singh, K.H., Singh, L., Parmar, N., Kumar, S., Nanjundan, J., Singh, G., Thakur, A.K. (2022). Molecular characterization and genetic diversity analysis in Indian mustard (*Brassica juncea* L. Czern & Coss.) varieties using SSR markers. Plos one. Vol. 17, no. 8, e0272914. DOI: 10.1371/journal.pone.0272914

7. Jamali, S.H., Cockram, J., Hickey, L.T. (2019). Insights into deployment of DNA markers in plant variety protection and registration. Theoretical and Applied Genetics. Vol. 132, pp. 1911-1929. DOI: 10.1007/s00122-019-03348-7

8. Baghel, R., Sharma, A.K., Tiwari, S., Tripathi, M.K., Tripathi, N. (2020). Genetic diversity analysis of Indian mustard (*Brassica* spp.) germplasm lines using SSR molecular markers. Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. Vol. 9, no. 12, pp. 137-143.

9. Liu, S., Raman, H., Xiang, Y., Zhao, C., Huang, J., Zhang, Y. (2022). De novo design of future rapeseed crops: Challenges and opportunities. The Crop Journal. Vol. 10, no. 3, pp. 587-596. DOI: 10.1016/j.cj.2022.05.003

10. Neupane, S., Regmi, R. (2020). Evaluation of genetic diversity among Nepalese rapeseed germplasm accessions using SSR markers. Journal of Genetics, Genomics & Plant Breeding. Vol. 4, no. 4, pp. 171-179.

11. Roy, J., del Río Mendoza, L.E., Bandillo, N., McClean, P.E., Rahman, M. (2022). Genetic mapping and genomic prediction of sclerotinia stem rot resistance to rapeseed/canola (*Brassica napus* L.) at seedling stage. Theoretical and Applied Genetics. Vol. 135, no. 6, pp. 2167-2184. DOI: 10.1007/s00122-022-04104-0

12. Zhu, J., Zhang, J., Jiang, M., Wang, W., Jiang, J., Li, Y., Zhou, X. (2021). Development of genome-wide SSR markers in rapeseed by next generation sequencing. Gene. Vol. 798, pp. 145–798. DOI: 10.1016/j.gene.2021.145798

13. Li, L., Wanapu, C., Huang, X., Huang, T., Li, Q., Peng, Y., Huang, G. (2011). Comparison of AFLP and SSR for genetic diversity analysis of *Brassica napus* hybrids. Journal of Agricultural Science. Vol. 101, no. 3. DOI: 10.5539/jas.v3n3p101

14. Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn hrupy oliinykh na vidminnist, odnoridnist i stabilnist [Methodology of examination of plant varieties of the oleaginous group for distinction, homogeneity and stability]. Available at: [https://sops.gov.ua/uploads/page/Meth\\_DUS/Method\\_oil2020.pdf](https://sops.gov.ua/uploads/page/Meth_DUS/Method_oil2020.pdf).

15. Klyachenko, O.L., Prysiazhniuk, L.M., Shofolova, N.V., Piskova, O.V. (2018). Polymorphism in spring and winter rapeseed varieties (*Brassica napus* L.) identified by SSR markers. Plant Varieties Studying and Protection. Vol. 14, no. (4), pp. 366-374. DOI: 10.21498/2518-1017.14.4.2018.151898

16. Gupta, N. (2019). DNA Extraction and Polymerase Chain Reaction. J Cytol. Vol. 36, no. 2, pp. 116-117. DOI: 10.4103/JOC.JOC\_110\_18.

17. Tkachyk, S.O. (2020). Metodyka provedennia kvalifikatsiinoi ekspertyzy sortiv roslyn na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. Metody vyznachennia pokaznykiv yakosti produktsii roslynnytstva [The method of conducting a qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. Methods of determining plant production quality indicators]. 158 p.

18. Syvolap, Ju.M., Kozhuhova, N.E. (2005). DNK-tehnologii' v rejestracii' j ohoroni prav na sorty roslyn [DNA technologies in registration and protection of rights to plant varieties]. Plant varieties studying and protection. no. 1, pp. 66–74. DOI: 10.21498/2518-1017.1.2005.66849

19. Melnyk, A.V. (2013). Vykorystannia klaster-noho analizu za pidboru sortiv i hibrydiv ripaku yaro-ho dlia vyroshchuvannia v livoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [The use of cluster analysis for the selection of varieties and hybrids of spring rape for cultivation in the left-bank forest-steppe of Ukraine]. Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarynoi akademii [Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy]. no. 4, pp. 6-11.

20. Turi, N.A., Farhatullah, R.M., Shinwari, Z.K. (2012). Genetic diversity in the locally collected *Brassica* species of Pakistan based on microsatellite markers. Pakistan Journal of Botany. Vol. 44, no. 3, pp. 1029-1035.

21. Channa, S.A., Tian, H., Wu, H.Q., Hu, S.W. (2016). Analysis of genetic diversity among Rapeseed cultivars and breeding lines by SRAP and SSR molecular markers. Pak. J. Bot. Vol. 48, no. 6, pp. 2409-2422.

22. Tommasini, L., Batley, J., Arnold, G., Cooke, R., Donini, P., Lee, D., Edwards, K. (2003). The development of multiplex simple sequence repeat (SSR) markers to complement distinctness, uniformity and stability testing of rape (*Brassica napus* L.) varieties. Theoretical and Applied Genetics. Vol. 106, pp. 1091-1101. DOI: 10.1007/s00122-002-1125-8

#### **Determination of winter rapeseed (*Brassica napus* L.) polymorphism based on SSR markers and morphological characters**

**Piskova O., Kostenko A., Shliakhtun I., Dikhtiar I., Ilchenko Y., Prysiazhniuk L.**

The study presents the results of the genetic diversity estimation of winter rapeseed by molecular genetic analysis and the determination of polymorphism with morphological traits.

The study aims to determine winter rapeseed hybrids polymorphism by SSR markers and the marker morphological characteristics.

Twelve winter rapeseed hybrids which were examined within DUS testing and their 24 hereditary components were studied in 2021–2022. The study of rapeseed genotypes genetic diversity was carried out in 2021. It was determined that the majority of studied

hybrids and their hereditary components by studied SSR markers are characterized with alleles of the same sizes and are homozygotic by these markers. Besides, it was found that the presence of only one allele was identified in hereditary components which was found in hybrids. This distribution allows to check the hybrid formula and to identify them. It was determined that the most polymorphic marker was Na12-A02, PIC is 0.77. The lowest value of PIC was obtained for Na12-E02 marker (0.47). On the average, for studied markers PIC is 0.66 which indicates the evenness of identified alleles distribution by SSR markers among studied winter rapeseed genotypes.

As results of cluster analysis, we obtained five clusters of the studied hybrids by 8 SSR markers. The hybrids with genetic distances of 2.45 were the most similar hybrids. It was found that the hybrids with genetic distances of 5.83 and 5.74 were the most distinct. Three clusters were obtained as results of the cluster analysis based on morphological traits. It was determined that the most similar hybrids were the ones with genetic distances of 3.46. It was found that the most distinct hybrids had the genetic distances of 5.299.38. Thus, taking into account the various distribution of the studied genotypes by the SSR markers and morphological characteristics, SSR markers can be used as additional tool for the distinctness determination.

**Key words:** genetic distances, winter rapeseed, allele frequencies, PIC, genetic diversity, SSR markers.



Copyright: Піскова О.В. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Піскова О.В.

Костенко А.В.

Шляхтун І.С.

Діхтяр І.О.

Ільченко Я.В.

Присяжнюк Л.М.

<https://orcid.org/0000-0003-3650-2101>

<https://orcid.org/0000-0003-0515-4730>

<https://orcid.org/0000-0003-4338-8474>

<https://orcid.org/0000-0001-7736-6121>

<https://orcid.org/0000-0002-9135-3842>

<https://orcid.org/0000-0003-4388-0485>

УДК 633.63; 631.54; 631.17; 338.43.

## Економічна та енергетична ефективність застосування фунгіцидів та мікродобрив за вирощування гібридів буряків цукрових

Потапов А.В. , Грабовський М.Б. 

Білоцерківський національний аграрний університет

 E-mail: nikgr1977@gmail.com



Потапов А.В., Грабовський М.Б. Економічна та енергетична ефективність застосування фунгіцидів та мікродобрив за вирощування гібридів буряків цукрових. «Агробіологія», 2023. № 1. С. 42–51.

Potapov A., Grabovskyi M. Economic and energy efficiency of fungicides and micro-fertilizers in the cultivation of sugar beet hybrids. «Agrobiologia», 2023. no. 1, pp. 42–51.

Рукопис отримано: 09.03.2023 р.

Прийнято: 24.03.2023 р.

Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-179-1-42-51

Наведено результати визначення економічної та енергетичної ефективності вирощування гібридів буряків цукрових залежно від застосування фунгіцидів та мікродобрив. Дослідження проводили в 2020–2022 рр. в ПСП Агрофірма «Світанок» Васильківського району Київської області. Досліджували два гібриди буряків цукрових (Пушкін, Акація), 3 варіанти мікродобрив (контроль, YaraVita Bortrac 150 (3 л/га), YaraVita Mancozin (1 л/га)) і 3 схеми застосування фунгіцидів (Штефстробін к.с. (0,6 л/га) + Штефозал (0,5 л/га) + Штілвет (0,1 л/га); Церкоштеф, к. с. (0,5 л/га) + Штефстробін к.с. (0,6 л/га) + Штілвет (0,1 л/га); Церкоштеф, к. с. (0,5 л/га) + Штефозал (0,5 л/га) + Штілвет (0,1 л/га)).

Оцінку економічної ефективності застосування фунгіцидів та мікродобрив за вирощування буряків цукрових визначали згідно з цінами наприкінці 2022 року відповідно до загальноприйнятих методик. Технологія вирощування буряків цукрових загальноприйнята для зони Правобережного Лісостепу, крім прийомів, які були поставлені на вивчення.

Встановлено, що в структурі економічних витрат за вирощування буряків цукрових найбільшу частку займає закупівля та внесення мінеральних добрив – 23,7 %, пального – 18,6 %, засобів захисту рослин – 16,3 %, насіннєвого матеріалу – 13,5 %. У структурі енергетичних витрат більша частина належить пальному (27,8 %), мінеральним добривам (26,9 %), технічним засобам (19,7 %) та затратам праці (15,7 %). Енерговитрати на засоби захисту рослин і мікродобрива становлять 4,5 і 0,7 %.

Гібрид Акація має вищі показники прибутковості (53245,7 грн/га), рентабельності (164,9 %) та коефіцієнта енергетичної ефективності (3,6) порівняно з гібридом Пушкін (45462,2 грн/га, 147,6 % і 3,3).

Із економічного та енергетичного погляду найбільш доцільним виявився варіант сумісного застосування мікродобрив YaraVita Mancozin (1 л/га) та фунгіцидів Церкоштеф, к. с. (0,5 л/га) + Штефстробін к.с. (0,6 л/га) + Штілвет (0,1 л/га). Прибуток, рівень рентабельності та коефіцієнт енергетичної ефективності становили зокрема 51491,3 і 60394,3 грн/га, 161,9 і 181,5 % та 3,58 і 3,94, відповідно у гібридів Пушкін і Акація.

**Ключові слова:** буряки цукрові, фунгіциди, мікродобрива, гібриди, економічна ефективність, енергетична ефективність.

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** Галузь буряківництва має важливе економічне і соціальне значення для України, а вирощування буряків цукрових сприяє отриманню цукру та забезпечує тваринництво кормами (гичка, жом, меляса). Однак

останніми роками вона функціонує нестабільно через зменшення посівних площ буряків цукрових (*Beta vulgaris*) та валових зборів сировини, зростання собівартості їх переробки. Ефективність вирощування буряків цукрових можливо забезпечити завдяки економічному



та енергетичному аналізу, який впливає на якість та оперативність управління технологією вирощування та переробки цієї культури [1].

Для підвищення врожайності буряків цукрових застосовують сучасні інтенсивні технології [2], що призводять до зростання потреби в енергії на 300–400 % [3]. Тому зв'язок між енергетикою та сільським господарством є досить важливим [4]. Ефективне використання енергії є однією з основних вимог сталого сільськогосподарства [5–6]. Споживання енергії в сільському господарстві зростає у відповідь на збільшення населення та обмежену пропозицію орних земель [7]. Крім сільського господарства, енергетика є фундаментальною складовою економічного розвитку, тому що підтримує економічну діяльність і підвищує якість життя людей [8–9]. В сучасному сільськогосподарському виробництві наразі недостатньо заходів з оптимізації витрат енергії, що призводить до високого її споживання [10]. Одним із способів оптимізації енергоспоживання є визначення ефективності використовуваних технологій вирощування певних культур [11–12].

Однією з можливостей підвищення економічної та енергетичної ефективності виробництва буряків цукрових є застосування в технології вирощування культури ефективних заходів та способів підвищення урожайності і цукристості коренеплодів без надмірних затрат основних та оборотних фондів праці. Одним із таких способів є внесення фунгіцидів та макро- і мікроелементів в необхідні періоди росту й розвитку рослин [13–14]. Буряки цукрові мають високу здатність до акумуляції фотосинтетично активної радіації. Тому показники енергетичної ефективності у них досить високі і на фоні внесення  $N_{50}P_{42}K_{50}$  енергоємність урожаю становила 234 ГДж/га, а коефіцієнт енергетичної ефективності 5,3 [15].

Загальне споживання енергії за виробництва буряків цукрових становить 61220,62 МДж/га. Найбільші витрати енергії були на добрива (35,47 %), електроенергію (23,62 %) та зрошувачу воду (22,45 %). Із загального споживання енергії 77,4 % становили невідновлювані джерела енергії, а коефіцієнт енергетичної ефективності становив 1,05 [16]. В Китаї витрати енергії на вирощування буряків цукрових в умовах краплинного зрошення становили 98778,3 МДж/га. На системи краплинного зрошення припадало 50,1 % від загального обсягу енерговитрат на хімічні добрива – 19,9 %. Коефіцієнт енергетичної ефективності становив 2,1 [17].

Згідно з даними отриманими з 1400 фермерських господарств Словаччини, вирощування

буряку цукрового допомагає підвищити їх економічну прибутковість. Такі господарства досягають вище середньої рентабельності активів, однак це статистично не підтверджується протягом років моніторингу (2005–2015) [18].

За результатами отриманими з 146 ферм, що вирощували буряки цукрові у Туреччині встановлено, що співвідношення між прибутком і витратами становило 1,17. Найвищими витрати енергоносіїв були на оплату праці, оренду землі, амортизацію та добрива. Хоча додаткові витрати енергії за виробництва буряків цукрових збільшують врожайність коренеплодів, це також призводить до глобального потепління, деградації ґрунту та його забруднення пестицидами. Автори зазначають, що необхідно вживати заходи для стимулювання використання виробниками цукру енергоефективних методів для створення стійких виробничих систем без руйнування природних ресурсів [7].

Іранськими дослідниками M.R. Asgharipour та ін. [8] було встановлено, що за вирощування буряку цукрового прямі енергетичні витрати становлять близько 57 % від загальної кількості енергії, яку використовують за їх виробництва і 43 % становлять непрямі (додаткові) енерговитрати. Найбільший вплив на виробництво буряків цукрових має людська праця (0,36) і застосування техніки (0,22). Ефективність використання енергії становила 13,4, тимчасом співвідношення між енергоємністю врожаю та енерговитратами – 1,3.

Економічний аналіз вирощування буряків цукрових в Сербії свідчить про високу прибутковість цієї культури, яка становить 513,53 доларів США/га. У загальних виробничих витратах переважають витрати, пов'язані з використанням добрив. Економічний аналіз також показав, що співвідношення між прибутком і витратами на вирощування цієї культури становило 1,33 [19].

Водночас на основі аналізу економічних ризиків виробництва буряків цукрових в Чехії у 1995–2009 рр. встановлено, що вирощування цієї культури в усіх регіонах є ризикованим. Є висока ймовірність того, що витрати на вирощування не будуть покриватися прибутком [20].

За даними І.М. Жердецького [21], комбіноване застосування „Реаком-р-бурякове” у дозі 5,0 л/га карбаміду, калію хлористого та амосфосу за коефіцієнта енергетичної ефективності 3,95 забезпечує додаткових 1681,66 грн/га. За обробки рослин буряків цукрових сумішшою мікродобрив (Са+мікро + Бор+Молибден + Мікро Буряк) та використання фунгіциду Фалькон і Альго Супер отримано максималь-



ні показники рівня рентабельності буряків цукрових гібрида Булава 63,9 та 65,6 %, відповідно. Посіви буряків цукрових в результаті застосування досліджуваних елементів технології накопичили максимальну кількість енергії в біомасі у варіантах комплексного застосування мікродобрив та використання Альто Супер – 214640 МДж/га. Цей варіант мав найвищий по досліді коефіцієнт енергетичної ефективності – 4,39 [22].

В умовах Західного Лісостепу України найкращі економічні показники одержано за внесення фунгіцидів за схемою: Фалькон (0,8 л/га) у червні + Абакус (1,5 л/га) у липні + Рекс Дуо (0,6 л/га), чистий прибуток підвищився до 18492 грн. Висока ефективність внесення фунгіцидів у зоні достатнього зволоження пов'язана з великими втратами урожайності від щорічного ураження хворобами, особливо церкоспорозом [23].

**Мета дослідження** – визначення економічної та енергетичної ефективності вирощування гібридів буряків цукрових залежно від застосування фунгіцидів та мікродобрив.

**Матеріал і методи дослідження.** Дослідження проводили в 2020–2022 рр. в ПСП Агрофірма «Світанок» Васильківського району Київської області. Ґрунт на дослідних ділянках – чорнозем глибокий середньосуглинковий.

Дослід проводили за наступною схемою: Фактор А. Гібриди буряків цукрових. 1. Пушкін; 2. Акація. Фактор В. Застосування мікродобрив. 1. Контроль без мікродобрив; 2. YaraVita Bortrac 150 (3 л/га); 3. YaraVita Mancozin (1 л/га). Фактор С. Фунгіциди. 1. Контроль (без застосування фунгіцидів); 2. Штефстробін к.с. (0,6 л/га) + Штефозал (0,5 л/га) + Штілвет (0,1 л/га); 3. Церкоштеф, к.с. (0,5 л/га) + Штефстробін к.с. (0,6 л/га) + Штілвет (0,1 л/га); 4. Церкоштеф, к.с. (0,5 л/га) + Штефозал (0,5 л/га) + Штілвет (0,1 л/га).

Площа посівної ділянки становила 108 м<sup>2</sup>, облікової – 81 м<sup>2</sup>, повторність – чотириразова. Розміщення варіантів – послідовне. Дослідження проводили відповідно до загальноприйнятих методик польового досліді [24–25]. Технологія вирощування буряків цукрових загальноприйнята для зони Правобережного Лісостепу, крім прийомів, які були поставлені на вивчення. Обприскування рослин водними розчинами мікродобрив здійснювали у фазу змикання листків буряків цукрових у міжряддях, відповідно до схеми досліді. Фунгіциди вносили на початку появи хвороб на рослини, наступні обробки проводили через 10 діб. Під основний обробіток ґрунту були внесені міне-

ральні добрива N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> (нітроамофоска), а перед сівбою азотні (аміачна селітра) N<sub>30</sub>.

Економічну та енергетичну ефективність вирощування буряків цукрових проводили згідно з методичними вказівками [26–27]. Враховували вартість продукції (коренеплодів), витрати на 1 га, прибуток з 1 га, собівартість 1 т коренеплодів, рівень рентабельності, енергоємність врожаю, енерговитрати на 1 га, коефіцієнт енергетичної ефективності (К<sub>е</sub>).

**Результати дослідження та обговорення.** Економічна ефективність виробництва буряків цукрових безпосередньо залежить від рівня технологічної ефективності вирощування цієї культури. Регулюванням витрат ресурсів на виконання технологічних операцій можна впливати на кінцеві витрати за виробництва цукрової сировини [28]. Важливим за визначення економічної ефективності є впровадження ресурсоощадних та інноваційних елементів технології вирощування буряків цукрових завдяки новим гібридам, оптимізованій системі живлення, захисту рослин від шкідливих організмів, дотриманню сівозміни і т.д. [29].

Оцінку економічної ефективності застосування фунгіцидів та мікродобрив за вирощування буряків цукрових визначали згідно з цінами наприкінці 2022 року. Закупівельна ціна 1 т коренеплодів становила 1550 грн. Перед визначенням економічних показників були проведені розрахунки із встановлення структури витрат у технології вирощування буряків цукрових (рис. 1).

До найбільш суттєвих витрат за вирощування цієї культури належить закупівля та внесення мінеральних добрив – 23,7 %, пальне – 18,6 %, засоби захисту рослин – 16,3 %, насіннєвий матеріал – 13,5 %. Витрати на оплату праці становили 9,8 %, поточний ремонт та амортизація техніки – 8,8 %, на закупівлю та застосування мікродобрив – 3,4 %. Технологія вирощування буряків цукрових найбільше залежить від вартості мінеральних добрив, пального та засобів захисту рослин. Слід зазначити, що в структурі витрат на засоби захисту (інсектициди, гербіциди, фунгіциди), вартість закупівлі та внесення фунгіцидів становить 28,3 %, у загальній частці затрат на вирощування буряків цукрових близько 5,2 %.

Ці дані співпадають з результатами отриманими В.Р. Аскарівим [22], який зазначає, що в структурі витрат на технологію вирощування буряків цукрових на забезпечення палимним припадає 19,8 %, мінеральними добривами – 18,4 %, засобами захисту рослин – 16,2 % від загальних витрат. Частка цих трьох видів витрат у сумарні затрати на технологію вирощування становить 54,4 %.



Рис. 1. Структура економічних витрат у технології вирощування буряків цукрових (середнє за 2020–2022 рр.), %.

Завдяки вищій урожайності коренеплодів максимальна вартість продукції була отримана за сумісного застосування фунгіцидів та мікродобрив – 78016,7–83286,7 грн/га і 88815,0–93671,7 грн/га, відповідно у гібридів Пушкін і Акація (табл. 1).

Використання систем фунгіцидного захисту покращувало показники економічної ефективності вирощування буряків цукрових. Зокрема, на другому варіанті (Штефстробін к.с. (0,6 л/га) + Штефозал (0,5 л/га) + Штілвет (0,1 л/га)) прибуток і рентабельність зростили на 7873,7–8493,7 і 9372,0–11077,0 грн/га та 19,2–21,3 і 23,4–27,0 %, порівняно з контролем, відповідно у гібридів Пушкін і Акація. На третьому варіанті (Церкоштеф, к. с. (0,5 л/га) + Штефстробін к.с. (0,6 л/га) + Штілвет (0,1 л/га)) це збільшення становило 9651,9–10168,6 і 11305,2–13165,2 грн/га та 25,0–25,7 і 29,1–32,8 %, на четвертому (Церкоштеф, к. с. (0,5 л/га) + Штефозал (0,5 л/га) + Штілвет (0,1 л/га)) – 8983,4–9551,7 і 10378,4–12496,7 грн/га та 23,4–23,8 і 26,5–31,1 %, відповідно. Тобто третій варіант застосування фунгіцидів виявився найбільш економічно вигідним: в середньому по досліді прибуток та рентабельність становили 52746,8 грн/га і 165,1 % за значень цих показників на другому і четвертому варіантах – 50959,9 і 52078,2 грн/га та 159,9 і 163,3 %.

Застосування мікродобрива YaraVita Bortras 150 (3 л/га) в посівах гібридів буряків цукрових Пушкін і Акація дозволяє отримати прибутковість на рівні 45480,0 і 53866,4 грн/га та рентабельність – 146,2 і 165,3 %. За використання YaraVita Mancozin (1 л/га) ці показники становили 48298,7 і 56413,8 грн/га та 153,7

і 171,4 %, що на 2547,4–2818,8 грн/га і 6,1–7,5 % більше ніж на другому варіанті з мікродобривами.

Гібрид Акація характеризувався вищими показниками прибутковості (53245,7 грн/га) та рентабельності (164,9 %) порівняно з гібридом Пушкін (45462,2 грн/га і 147,6 %), що пояснюється меншою урожайністю коренеплодів останнього гібрида.

Визначення енергії, як затраченої так і одержаної, дає можливість кількісно оцінити енергетичну ефективність вирощування сільськогосподарських культур [30]. Аналіз витрат енергії на виробництво сільськогосподарської продукції зазвичай базується на визначенні споживання енергії та впливу виробничих систем на навколишнє середовище. Цей аналіз застосовують для визначення найбільш прийняттого способу використання енергії, а також для порівняння різних систем вирощування сільськогосподарських культур [31].

Найбільша частка в структурі енергетичних витрат за вирощування буряків цукрових належить пальному (27,8 %), мінеральним добривам (26,9 %), технічним засобам (19,7 %) та затратам праці (15,7 %) (рис. 2). Енерговитрати на засоби захисту рослин і мікродобрива становлять лише 4,5 і 0,7 %.

У разі застосування фунгіцидів спостерігається зростання енергетичних витрат на 1,6–3,2 ГДж/га, за використання мікродобрив – на 1,6–2,2 ГДж/га, порівняно з контрольними варіантами (табл. 2). Водночас внесення фунгіцидів забезпечило збільшення енергоемності врожаю на 15,1–20,4 %, мікродобрив – на 6,4–12,5 %, відносно контролю.

Таблиця 1 – Економічна ефективність застосування фунгіцидів та мікродобрив за вирощування буряків цукрових (середнє за 2020–2022 рр.)

Гібрид	Мікродобрива	Фунгіциди*	Урожайність коренеплодів, т/га	Вартість продукції, грн/га	Витрати виробництва, грн/га	Прибуток, грн/га	Собівартість, грн/т	Рівень рентабельності, %
Пушкін	Контроль	1	41,6	64480,0	28654,3	35825,7	688,8	125,0
		2	48,0	74400,0	30080,6	44319,4	626,7	147,3
		3	48,8	75640,0	30162,4	45477,6	618,1	150,8
		4	48,3	74916,7	30107,6	44809,1	622,9	148,8
	YaraVita Bortrac 150	1	44,3	68716,7	29967,2	38749,5	676,0	129,3
		2	50,3	78016,7	31393,5	46623,2	623,7	148,5
		3	51,6	80031,7	31475,3	48556,4	609,6	154,3
		4	51,2	79411,7	31420,5	47991,2	613,3	152,7
	YaraVita Mancozin	1	46,2	71610,0	30287,3	41322,7	655,6	136,4
		2	52,4	81220,0	31713,6	49506,4	605,2	156,1
		3	53,7	83286,7	31795,4	51491,3	591,7	161,9
		4	53,3	82615,0	31740,6	50874,4	595,5	160,3
Акація	Контроль	1	46,3	71816,7	30123,6	41693,1	650,1	138,4
		2	53,3	82615,0	31549,9	51065,1	591,9	161,9
		3	54,6	84630,0	31631,7	52998,3	579,3	167,5
		4	54,0	83648,3	31576,9	52071,4	585,1	164,9
	YaraVita Bortrac 150	1	49,3	76415,0	31449,2	44965,8	637,9	143,0
		2	57,3	88815,0	32875,5	55939,5	573,7	170,2
		3	58,4	90520,0	32957,3	57562,7	564,3	174,7
		4	58,0	89900,0	32902,5	56997,5	567,3	173,2
	YaraVita Mancozin	1	51,0	78998,3	31769,3	47229,0	623,3	148,7
		2	59,0	91501,7	33195,6	58306,1	562,3	175,6
		3	60,4	93671,7	33277,4	60394,3	550,6	181,5
		4	60,0	92948,3	33222,6	59725,7	554,0	179,8

\* Примітка: 1. Контроль (без застосування фунгіцидів). 2. Штефстробін к.с. 0,6 л/га + Штефозал 0,5 л/га + Штілвет 0,1 л/га. 3. Церкоштеф, к. с. – 0,5 л/га + Штефстробін к.с. 0,6 л/га+ Штілвет 0,1 л/га. 4. Церкоштеф, к. с. – 0,5 л/га + Штефозал 0,5 л/га+ Штілвет 0,1 л/га.

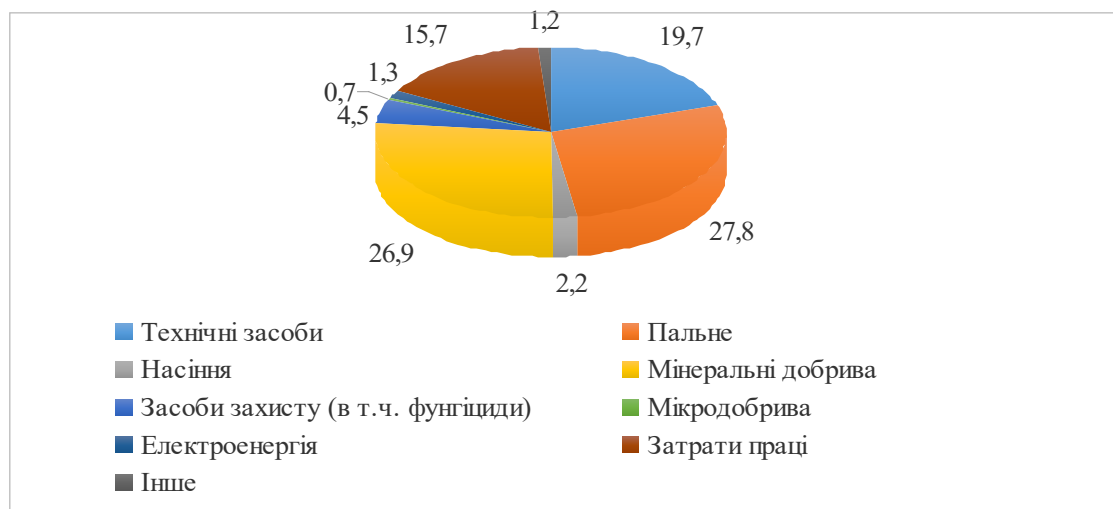


Рис. 2. Структура енергетичних витрат у технології вирощування буряків цукрових (середнє за 2020–2022 рр.), %.

Таблиця 2 – Енергетична ефективність застосування фунгіцидів та мікродобрив у посівах буряків цукрових (середнє за 2020–2022 рр.)

Гібрид	Мікродобрива	Фунгіциди*	Енергоємність врожаю, ГДж/га	Енерговитрати, ГДж/га	Коефіцієнт енергетичної ефективності (К <sub>е</sub> )
Пушкін	Контроль (без мікродобрив)	1	213,0	73,6	2,89
		2	250,1	75,4	3,32
		3	255,2	75,8	3,37
		4	250,4	75,2	3,33
	YaraVita Bortrac 150	1	226,5	76,2	2,97
		2	260,7	78,6	3,32
		3	268,5	79,0	3,40
		4	268,0	78,7	3,40
	YaraVita Mancozin	1	238,4	76,5	3,12
		2	274,1	78,8	3,48
		3	282,6	79,0	3,58
		4	278,2	79,0	3,52
Акація	Контроль (без мікродобрив)	1	249,3	79,2	3,15
		2	290,5	81,9	3,55
		3	299,8	82,4	3,64
		4	294,1	82,2	3,58
	YaraVita Bortrac 150	1	266,7	82,5	3,23
		2	312,9	84,6	3,70
		3	321,2	85,2	3,77
		4	318,4	85,0	3,75
	YaraVita Mancozin	1	276,2	82,8	3,34
		2	322,3	85,1	3,79
		3	336,0	85,3	3,94
		4	331,0	85,0	3,89

\* Примітка: 1. Контроль (без застосування фунгіцидів). 2. Штефстробін к.с. 0,6 л/га + Штефозал 0,5 л/га + Штілвет 0,1 л/га. 3. Церкоштеф, к. с. – 0,5 л/га + Штефстробін к.с. 0,6 л/га+ Штілвет 0,1 л/га. 4. Церкоштеф, к. с. – 0,5 л/га + Штефозал 0,5 л/га+ Штілвет 0,1 л/га.

Не відмічено суттєвої різниці за показниками енергетичної ефективності між варіантами фунгіцидного захисту. Зокрема, на другому (Штефстробін к.с. (0,6 л/га) + Штефозал (0,5 л/га) + Штілвет (0,1 л/га)) енергоємність врожаю і коефіцієнт енергетичної ефективності (К<sub>е</sub>) були в межах 250,1–322,3 ГДж/га і 3,32–3,79, третьому (Церкоштеф, к. с. (0,5 л/га) + Штефстробін к.с. (0,6 л/га)+ Штілвет (0,1 л/га)) – 255,2–336,0 ГДж/га і 3,37–3,94, четвертому (Церкоштеф, к. с. (0,5 л/га) + Штефозал (0,5 л/га) + Штілвет (0,1 л/га)) – 250,4–331,0 ГДж/га і 3,33–3,89.

Застосування мікродобрива YaraVita Bortrac 150 (3 л/га) в посівах гібридів буряків цукрових Пушкін і Акація забезпечує збільшення коефіцієнта енергетичної ефективності на 1,5 і 3,8 %, за використання YaraVita Mancozin (1 л/га) – на 6,1 і 7,5 %, порівняно з контрольними варіантами.

Гібрид Акація має вищу енергоємність врожаю (301,5 ГДж/га) та коефіцієнт енергетичної ефективності (3,6) порівняно з гібридом Пушкін (255,5 ГДж/га і 3,3).

**Висновки.** У структурі економічних витрат за вирощування буряків цукрових найбільшу частку становить закупівля та внесення мінеральних добрив – 23,7 %, пального – 18,6 %, засобів захисту рослин – 16,3 %, насінневого матеріалу – 13,5 %. У структурі енергетичних витрат більша частка належить пальному (27,8%), мінеральним добривам (26,9%), технічним засобам (19,7 %) та затратам праці (15,7 %). Енерговитрати на засоби захисту рослин і мікродобрива становлять 4,5 і 0,7 %.

Гібрид Акація має вищі показники прибутковості (53245,7 грн/га), рентабельності (164,9 %) та коефіцієнта енергетичної ефективності (3,6), порівняно з гібридом Пушкін (45462,2 грн/га, 147,6 % і 3,3).

Із економічного та енергетичного погляду найбільш доцільним виявився варіант сумісного застосування мікродобрив YaraVita Mancozin (1 л/га) та фунгіцидів Церкоштеф, к. с. (0,5 л/га) + Штефстробін к.с. (0,6 л/га)+ Штільвет (0,1 л/га). Прибуток, рівень рентабельності та коефіцієнт енергетичної ефективності становили 51491,3 і 60394,3 грн/га, 161,9 і 181,5 % та 3,58 і 3,94, відповідно у гібридів Пушкін і Акація.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Парубок Н.В. Буряківництво в економіці сільськогосподарських підприємств. Глобальні та національні проблеми економіки. 2016. Вип. 10. С. 455–459.
2. Energy use and output assessment of food-forage production systems / B. Lal et al. *J. Agron. Crop Sci.* 2003. 189. P. 57–62. DOI: 10.1046/j.1439-037X.2003.00004.x
3. Wang Y.W. Sustainable agricultural practices: Energy inputs and outputs, pesticide, fertilizer and greenhouse gas management. *Asia Pac. J. Clin. Nutr.* 2009. 18. P. 498–500.
4. Energetic and Economic Analyses for Agricultural Management Models: The Calabria PGI Clementine Case Study / G. Falcone et al. *Energies.* 2020. 13.1289 p. DOI: 10.3390/en13051289
5. Energy Efficiency Outlook of New Zealand Dairy Farming Systems: An Application of Data Envelopment Analysis (DEA) Approach / H.M.A. Lyas et al. *Energies.* 2020. 13. 251 p. DOI: 10.3390/en13010251
6. Grabovskiy M., Lozinskyi M., Grabovska T., Roubik H. Green mass to biogas in Ukraine – bioenergy potential of corn and sweet sorghum. *Biomass Conversion and Biorefinery.* 2023. 13. P. 3309–3317. DOI: 10.1007/s13399-021-01316-0
7. Erdal G., Esengün K., Erdal H., Gündüz O. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. *Energy.* 2007. 1. P. 35–41.
8. Asgharipour M., Mondani F., Riahinia S. Energy use efficiency and economic analysis of sugar beet production system in Iran: A case study in Khorasan Razavi province. *Energy.* 2012. 44. P. 1078–1084. DOI: 10.1016/j.energy.2012.04.023
9. Карпук Л.М. Біологічні та технологічні основи інтенсифікації виробництва буряків цукрових у правобережному Ліссостепу України: автореф. дис.... д-ра с.-г. наук. НУБІП України. Київ, 2015. 45 с.
10. Abrishambaf O., Faria P., Vale Z., Corchado J.M. Energy Scheduling Using Decision Trees and Emulation: Agriculture Irrigation with Run-of-the-River Hydroelectricity and a PV Case Study. *Energies.* 2019. 12. 3987 p. DOI: 10.3390/en12203987
11. Ortiz-Cañavate J., Hernanz J.L. Energy analysis. In *CIGR Handbook of Agricultural Engineering* / O. Kitani, ed. American Society of Agricultural Engineers: Michigan, MI, USA. 1999. Vol. 3. P. 13–42.
12. Rozman Č., Kljajić M., Pažek, K. Sugar Beet Production: A System Dynamics Model and Economic Analysis. *Organizacija.* 2015. Vol. 48. № 3. P. 145–154. DOI: 10.1515/orga-2015-0017
13. Аскарров В.Р. Вплив мікродобрив та фунгіцидів на урожайність, якість та ефективність вирощування цукрових буряків. *Наукові доповіді НУБІП України.* 2016. № 5. URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/7241>
14. Жердецький І.М. Позакореневе підживлення у процесі формування врожаю цукрового буряку. *Землеробство.* 2008. Вип. 80. С. 115–121.
15. Іваніна В.В. Енергетична ефективність агротехнологій за різних систем удобрення зернобурякової сівозміни. *Цукрові буряки.* 2014. №2. С. 15–16. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Cb\\_2012\\_6\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Cb_2012_6_7)
16. Firouzi S., Gholami Parashkoohi M., Zamani D.M., Ranjber I. An Investigation of the Environmental Impacts and Energy-Economic Analysis for Sugar Beet and Sugarcane Production Systems. *Sugar Tech.* 2022. 24. P. 1851–1866. DOI: 10.1007/s12355-022-01135-1
17. Energy-Use Efficiency and Economic Analysis of Sugar Beet Production in China: A Case Study in Xinjiang Province / F. Hua et al. *Sugar Tech.* 2016. 18. P. 309–316. DOI: 10.1007/s12355-015-0405-y
18. Tóth M., Holúbek I., Boháčiková A. Impact of Sugar Beet Production on the Economic Performance of Farms in Slovakia. *Listy Cukrovarnické a Reparské.* 2017. 133(11). P. 344–350.
19. Energy Use and Economic Analysis of Fertilizer Use in Wheat and Sugar Beet Production in Serbia / A. Dimitrijević et al. *Energies.* 2020. 13(9). 2361 p. DOI: 10.3390/en13092361
20. The assessment of the economic risks level of sugar beet growing for the farm economy / J. Pulkrábek et al. *Agric. Econ. Czech.* 2012. 58. P. 41–48. DOI: 10.17221/111/2010-AGRICECON
21. Жердецький І.М. Позакореневе підживлення як спосіб підвищення продуктивності цукрових буряків у лівобережній частині Ліссостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Інститут цукрових буряків УААН. Київ, 2009. 21 с.
22. Аскарров В.Р. Продуктивність гібридів буряків цукрових нового покоління за використання комплексних мікродобрив та фунгіцидів у Ліссостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Київ, 2017. 21 с.
23. Костючко С.С., Лихочвор В.В. Урожайність та цукристість цукрового буряку залежно від застосування фунгіцидів. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія.* 2013. № 17(2). С. 367–371.
24. Роїк М.В., Гізбуллін Н.Г., Сінченко В.М., Присяжнюк О.І. Методики проведення досліджень у буряківництві. Київ: ФОП Корзун, 2014. 373 с.
25. Методика випробування і застосування пестицидів / за ред. С.О. Трибеля. Київ: Світ, 2001. 448 с.
26. Визначення економічної ефективності технологій, нової техніки, винаходів та завершених наукових розробок в рослинництві (методичні рекомендації) / М.В. Роїк та ін. Київ: ІБКіЦБ НААН. Нілан ЛТД, 2013. 90 с.



27. Тараріко Ю.О., Несмашна О.Є., Глущенко Л.Д. Енергетична оцінка систем землеробства і технологій вирощування сільськогосподарських культур: методичні рекомендації. Київ: Нора-прінт, 2001. 60 с.

28. Трутенко К.В., Наконечна К.В. Перспективи розвитку цукрової галузі в регіонах України. Конкурентоспроможність аграрного сектору в умовах функціонування Зони вільної торгівлі з Європейським Союзом: збірник тез II Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції. НУБіП України, 11 квітня 2019. С. 205–206.

29. Фурса А.В. Шляхи підвищення економічної ефективності цукробурякового виробництва. Науковий вісник НАУ. 2001. Вип. 35. С. 160–164.

30. Грабовський М.Б., Павліченко К.В., Козак Л.А., Качан Л.М. Енергетична ефективність вирощування гібридів кукурудзи для виробництва біогазу за використання макро- і мікродобрих. Зернові культури. 2022. №1. С. 100–107. DOI: 10.31867/2523-4544/0212

31. Ozkan B., Kurklu A., Akcaoz H. An input-output energy analysis in greenhouse vegetable production: A case study for Antalya region of Turkey. Biomass and Bioenergy. 2004. 26. P. 89–95.

## REFERENCES

1. Parubok, N.V. (2016). Burjakivnyctvo v ekonomici sil's'kogospodars'kyh pidpryjemstv [Beet cultivation in the economy of agricultural enterprises]. Global'ni ta nacional'ni problemy ekonomiky [Global and national economic problems]. Issue 10, pp. 455–459.

2. Lal, B., Rajput, D.S., Tamhankar, M.B., Agarwal, I., Sharma, M.S. (2003). Energy use and output assessment of food-forage production systems. J. Agron. Crop Sci. 189, pp. 57–62. DOI: 10.1046/j.1439-037X.2003.00004.x

3. Wang, Y.W. (2009). Sustainable agricultural practices: Energy inputs and outputs, pesticide, fertilizer and greenhouse gas management. Asia Pac. J. Clin. Nutr. no. 18, pp. 498–500.

4. Falcone, G., Stillitano, T., De Luca, A.I., Di Vita, G., Iofrida, N., Strano, A., Gulisano, G., Pecorino, B., D'Amico, M. (2020). Energetic and Economic Analyses for Agricultural Management Models: The Calabria PGI Clementine Case Study. Energies. 13.1289 p. DOI: 10.3390/en13051289

5. Lyas, H.M.A., Safa, M., Bailey, A., Rauf, S., Khan, A. (2020). Energy Efficiency Outlook of New Zealand Dairy Farming Systems: An Application of Data Envelopment Analysis (DEA) Approach. Energies. no. 13, 251 p. DOI: 10.3390/en13010251

6. Grabovskyi, M., Lozinskyi, M., Grabovska, T., Roubík H. (2023). Green mass to biogas in Ukraine – bioenergy potential of corn and sweet sorghum. Biomass Conversion and Biorefinery. no. 13, pp. 3309–3317. DOI: 10.1007/s13399-021-01316-0

7. Erdal, G., Esengün, K., Erdal, H., Gündüz, O. (2007). Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. Energy. no. 1, pp. 35–41.

8. Asgharipour, M., Mondani, F., Riahinia, S. (2012). Energy use efficiency and economic analysis of sugar beet production system in Iran: A case study in Khorasan Razavi province. Energy. no. 44, pp. 1078–1084. DOI: 10.1016/j.energy.2012.04.023

9. Karpuk, L.M. (2015). Biologichni ta tehnologichni osnovy intensyfikacii' vyrobnyctva burjakiv cukrovyyh u pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy: avtoref. dys. ... d-ra sil's'kogospodars'kyh nauk [Biological and technological bases of intensification of sugar beet production in the right-bank forest-steppe of Ukraine: autoref. diss. doctor of agricultural sciences]. Kyiv, 45 p.

10. Abrishambaf, O., Faria, P., Vale, Z., Corchado, J.M. (2019). Energy Scheduling Using Decision Trees and Emulation: Agriculture Irrigation with Run-of-the-River Hydroelectricity and a PV Case Study. Energies. no. 12, 3987 p. DOI: 10.3390/en12203987

11. Ortiz-Cañavate, J., Hernanz, J.L. (1999). Energy analysis. In CIGR Handbook of Agricultural Engineering; Kitani O., ed.; American Society of Agricultural Engineers: Michigan, MI, USA. Vol. 3, pp. 13–42.

12. Rozman, Č., Kljajić, M., Pažek, K. (2015). Sugar Beet Production: A System Dynamics Model and Economic Analysis. Organizacija. Vol. 48, no. 3, pp. 145–154. DOI: 10.1515/orga-2015-0017

13. Askarov, V.R. (2016). Vplyv mikrodoobryv ta fungicydiv na urozhajnist', jakist' ta efektyvnist' vyroshhuvannja cukrovyyh burjakiv [The effect of microfertilizers and fungicides on yield, quality and efficiency of sugar beet cultivation]. Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy [Scientific reports of NUBiP of Ukraine]. no. 5. Available at: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/7241>

14. Zherdetskyi, I.M. (2008). Pozakoreneve pidzhyvlennja u procesi formuvannja vrozhajnu cukrovogo burjaku. [Foliar fertilization in the process of forming a sugar beet crop]. Zemlerobstvo [Agriculture]. Issue 80, pp. 115–121.

15. Ivanina, V.V. (2014). Energetychna efektyvnist' agrotehnologij za riznyh system udobrennja zerno burjakovoi' sivozminy [Energy efficiency of agrotechnologies under different grain fertilization systems of beet crop rotation]. Cukrovi burjaky [Sugar beets]. no. 2, pp. 15–16. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Cb\\_2012\\_6\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Cb_2012_6_7)

16. Firouzi, S., Gholami Parashkoochi, M., Zamani, D.M., Ranjber, I. (2022). An Investigation of the Environmental Impacts and Energy-Economic Analysis for Sugar Beet and Sugarcane Production Systems. Sugar Tech. no. 24, pp. 1851–1866. DOI: 10.1007/s12355-022-01135-1

17. Hua, F., Yangyang, L., Cong, F., Peishu, H., Kaiyong, W. (2016). Energy-Use Efficiency and Economic Analysis of Sugar Beet Production in China: A Case Study in Xinjiang Province. Sugar Tech. no. 18, pp. 309–316. DOI: 10.1007/s12355-015-0405-y

18. Tóth, M., Holúbek, I., Boháčiková, A. (2017). Impact of Sugar Beet Production on the Economic Performance of Farms in Slovakia. Listy Cukrovárnícké a Reparské. no. 133(11), pp. 344–350.

19. Dimitrijević, A., Gavrilović, M., Ivanović, S., Mileusnić, Z., Miodragović, R., Todorović, S. (2020). Energy Use and Economic Analysis of Fertilizer Use in Wheat and Sugar Beet Production in Serbia. *Energies*. no. 13(9), 2361 p. DOI: 10.3390/en13092361

20. Pulkrábek, J., Kavka, M., Rataj, V., Humpál, J., Nozdrovický, L., Trávníček, Z., Pačuta, V. (2012). The assessment of the economic risks level of sugar beet growing for the farm economy. *Agric. Econ. Czech*, no. 58, pp. 41–48. DOI: 10.17221/111/2010-AGRICECON

21. Zherdetskiy, I.M. (2009). Pozakoreneve pidzhyvlennja jak sposib pidvyshhennja produktyvnosti cukrovych burjakiv u livoberezhnij chastyni Lisostepu Ukrai'ny: avtoref. dys. ... kand. s.-g. nauk [Foliar feeding as a method of increasing the productivity of sugar beets in the left-bank part of the Forest-Steppe of Ukraine: avtoref. dys. cand. of agricultural science]. Kyiv, 21 p.

22. Askarov, V.R. (2017). Produktyvnist' gibrydiv burjakiv cukrovych novogo pokolinnja za vykorystannja kompleksnyh mikrodobryv ta fungicydiv u Lisostepu Ukrai'ny: avtoref. dys. ... kand. s.-g. nauk [Productivity of sugar beet hybrids of the new generation with the use of complex microfertilizers and fungicides in the Forest Steppe of Ukraine: abstract of the diss. of the candidate of agricultural sciences]. Kyi'v, 21 p.

23. Kostyuchko, S.S., Lykhochvor, V.V. (2013). Urozhajnist' ta cukrystist' cukrovogo burjaku zalezno vid zastosuvannja fungicydiv [Yield and sugar content of sugar beet depending on the use of fungicides]. *Visnyk L'viv'skogo nacional'nogo agrarnogo universytetu: agronomija* [Bulletin of the Lviv National Agrarian University: agronomy]. no. 17(2), pp. 367–371.

24. Roik, M.V., Gizbullin, N.G., Sinchenko, V.M., Prysiazhniuk, O.I. (2014). Metodyky provedennja doslidzhen' u burjakivnyctvi [Research methods in beet growing]. Kyiv, FOP Korzun, 373 p.

25. Metodyka vyprobuvannja i zastosuvannja pestycydiv [Methodology of testing and application of pesticides]. Kyiv, World, 2001, 448 p.

26. Roik, M.V., Kurylo, V.L., Sinchenko, V.M., Pyrkin, V.I., Prysiazhniuk, O.I. (2013). Vyznachennja ekonomichnoi' efektyvnosti tehnologij, novoi' tehniky, vynahodiv ta zavershenyh naukovyh rozrobok v roslynnnyctvi [Determining the economic effectiveness of technologies, new techniques, inventions and completed scientific developments in crop production]. Kyiv, Nilan LTD, 90 p.

27. Tarariko, Yu.O. Nesmashna, O.Ye., Glushchenko, L.D. (2001). Energetychna ocinka system zemlerobstva i tehnologij vyroshhuvannja sil'skogospodars'kyh kul'tur: metodychni rekomendacii' [Energy assessment of farming systems and technologies for growing agricultural crops]. Kyiv, Nora-print, 60 p.

28. Trutenko, K.V., Nakonechna, K.V. (2019). Perspektyvy rozvytku cukrovoi' galuzi v regionah Ukrai'ny. [Prospects for the development of the sugar industry in the regions of Ukraine]. Zbirnyk

tez II Mizhnarodnoi' naukovy-praktychnoi' internet-konferencii' «Konkurentospromozhnist' agrarnogo sektoru v umovah funkcionuvannja Zony vil'noi' torgovli z Jevropejs'kym Sojuzom [Collection of theses of the II International Scientific and Practical Internet Conference "Competitiveness of the agricultural sector in the conditions of the functioning of the Free Trade Zone with the European Union]. NUBiP of Ukraine, pp. 205–206.

29. Fursa, A.B. (2001). Shljahy pidvyshhennja ekonomichnoi' efektyvnosti cukroburjakovogo vyrobnyctva [Ways to increase the economic efficiency of sugar beet production]. *Naukovyj visnyk NAU* [Scientific Bulletin of NAU]. Issue 35, pp. 160–164.

30. Grabovskiy, M.B., Pavlichenko, K.V., Kozak, L.A., Kachan, L.M. (2022). Energetychna efektyvnist' vyroshhuvannja gibrydiv kukurudzy dlja vyrobnyctva biogazu za vykorystannja makro- i mikrodobryv [Energy efficiency of growing corn hybrids for biogas production using macro- and microfertilizers]. *Zernovi kul'tury* [Cereal crops]. no. 1, pp. 100–107. DOI: 10.31867/2523-4544/0212

31. Ozkan, B., Kurklu, A., Akcaoz, H. (2004). An input-output energy analysis in greenhouse vegetable production: A case study for Antalya region of Turkey. *Biomass and Bioenergy*. no. 26, pp. 89–95.

### **Economic and energy efficiency of fungicides and microfertilizers in the cultivation of sugar beet hybrids**

**Potapov A., Grabovskiy M.**

The results of determining sugar beet hybrids economic and energy efficiency technology growing depending on the use of fungicides and microfertilizers are presented. The research was conducted in 2020–2022 in the “Svitanok” Agrienterprise of Vasytkiv district, Kyiv region. Research was conducted with two sugar beet hybrids (Pushkin, Akatsia), three variants of microfertilizers (control, YaraVita Bortrac 150 (3 l/ha), YaraVita Mancozin (1 l/ha)) and three schemes of fungicide application (Stefstrobin (0.6 l/ha) + Shtefozal (0.5 l/ha) + Shtilvet (0.1 l/ha); Tserkostef (0.5 l/ha) + Shtefstrobin (0.6 l/ha) + Shtilvet (0.1 l/ha); Cerkoshtef (0.5 l/ha) + Shtefozal (0.5 l/ha) + Shtilvet (0.1 l/ha)) were studied.

The evaluation of the fungicides and microfertilizers economic efficiency was determined according to the prices for the end of 2022 according to generally accepted methods. The technology of sugar beets growing is generally accepted for the zone of the Right Bank Forest Steppe, except for the methods that were put to study.

It was established that in the structure of economic costs during the cultivation of sugar beets, a significant part is occupied by the use of mineral fertilizers – 23.7 %, fuel – 18.6 %, plant protection products – 16.3 %, seeds – 13.5 %. In the structure of energy costs, most of it belongs to fuel (27.8 %), mineral fertilizers (26.9 %), equipment (19.7 %) and labor costs (15.7 %). Energy costs for plant protection products and microfertilizers make 4.5 and 0.7 %.

The Akatsia hybrid has higher profitability rates (53245.7 UAH/ha), profitableness (164.9 %) and energy efficiency ratio (3.6) compared to the Pushkin hybrid (45462.2 UAH/ha, 147.6 % and 3.3).

From an economic and energy point of view, the combined use of microfertilizers YaraVita Mancozin (1 l/ha) and fungicides Tserkoshtef, k. s. (0.5 l/ha) +

Stefstrobin k.s. (0.6 l/ha)+ Stilvet (0.1 l/ha) is the most appropriate. Efficiency, profitability and energy efficiency ratio were 51491.3 and 60394.3 UAH/ha, 161.9 and 181.5 %, 3.58 and 3.94, respectively, for hybrids Pushkin and Acacia.

**Key words:** sugar beets, fungicides, microfertilizers, hybrids, economic efficiency, energy efficiency.



Copyright: Потапов А.В., Грабовський М.Б. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Потапов А.В.

Грабовський М.Б.

<https://orcid.org/0000-0003-4892-3392>

<https://orcid.org/0000-0002-8494-7896>

УДК 631.615:631.51.

## Природоохоронні аспекти мінерального удобрення кукурудзи на дренованих органічних ґрунтах

Слюсар І.Т.<sup>1</sup>, Сербенюк В.О.<sup>2</sup>, Соляник О.П.<sup>3</sup>, Сербенюк Г.А.<sup>4</sup><sup>1,2</sup> ННЦ «Інститут землеробства НААН»<sup>4</sup> Національний університет біоресурсів і природокористування України✉ E-mail: Слюсар І.Т. sliusarit@ukr.net; Сербенюк В.О. serbenukvo@ukr.net;  
Соляник О.П. 3369002e@gmail.com; Сербенюк Г.А. bojruw@ukr.net

Слюсар І.Т., Сербенюк В.О., Соляник О.П., Сербенюк Г.А. Природоохоронні аспекти мінерального удобрення кукурудзи на дренованих органічних ґрунтах. «Агробіологія», 2023. № 1. С. 52–60.

Slyusar I., Serbeniuk V., Solyanyk O., Serbeniuk G. Environmental protection aspects of mineral fertilizer of corn on drained organic soils. «Agrobiology», 2023. no. 1, pp. 52–60.

Рукопис отримано: 22.03.2023 р.

Прийнято: 06.04.2023 р.

Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-179-1-52-60

За результатами досліджень визначено спрямованість процесів формування оптимального поживного режиму на дренованих органічних ґрунтах під кукурудзою на зерно через встановлення науково обґрунтованих доз внесення мінеральних добрив, залежно від методик, що враховують особливості характеристики цих ґрунтів та методологічні підходи визначення доз мінеральних добрив в умовах польового стаціонарного дослідження на дренованих органічних ґрунтах заплави р. Супій. Встановлено, що внесення мінеральних добрив призводить до посилення мінералізаційних процесів, які зростають зі збільшенням доз добрив, а це зумовлює накопичення поживних речовин, що впливають на урожайності вирощуваних культур та міграцію їх у дренажні води. Зростання вмісту азотних (N-NO<sub>3</sub>, N-NH<sub>4</sub>) та фосфорних (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) сполук у дренованому органічному ґрунті є результатом як мінералізації органічної речовини так і перемішування прошарків віваніту і прісноводних черепашок з торфовим ґрунтом, що зумовлює інтенсивний процес окислення у поєднанні із сполуками CaCO<sub>3</sub>, і як наслідок, відбувається розкладання органічної речовини у частково гуміфікований комплекс органічних і мінеральних речовин. В результаті чого в ґрунті накопичуються доступні поживні речовини для споживання кукурудзи.

Найбільшу урожайність кукурудзи на зерно (8,34 т/га) отримали за внесення доз добрив на основі даних тривалих досліджень (P<sub>45</sub>K<sub>120</sub> з додаванням 2,0 л/га комбінованого препарату зі стимулятором росту Органік-Баланс). Внесення таких доз мінеральних добрив забезпечує найбільший приріст врожаю на одиницю внесених добрив, а вимивання їх у дренажні води не перевищувало гранично допустимих концентрацій водогосподарських об'єктів господарського і культурно-побутового користування. Використання обґрунтованих доз добрив у посівах кукурудзи забезпечує отримання найвищої врожайності з економічно ефективними затратами на одиницю продукції, а також враховує природоохоронні аспекти мінерального удобрення, що запобігають надлишковому вимиванню біогенних речовин у дренажні води, як результат зменшує забруднення річкових вод.

**Ключові слова:** макродобрива, стимулятор росту, методи розрахунку, добрива, органічні ґрунти, кукурудза, екологія, врожайність.

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** Аналіз та оцінка розрахунків внесення мінеральних добрив на приріст врожаю з наявного вмісту рухомого азоту, фосфору та калію в ґрунті показали, що на дренованих органічних ґрунтах необхідно вносити під-

вищені дози мінеральних добрив. Розглянуто формування поживного режиму та врожайності кукурудзи на зерно на дренованих органічних ґрунтах залежно від методів розрахунку доз внесення мінеральних добрив та стимуляторів росту. Проведена агрохімічна та економічна



оцінка, визначені пріоритетні методи, які можна використовувати за вирощування кукурудзи на осушуваних органогенних ґрунтах.

Слід зазначити, що питання розрахунку внесення оптимальних доз мінеральних добрив під різні сільськогосподарські культури залежно від ґрунтово-кліматичних умов вивчали багато вчених [1–4]. Ці дослідження дають можливість використати розрахунки оптимальних доз внесення добрив на дренованих органогенних ґрунтах з урахуванням сучасних природоохоронних заходів вирощування культур та економічної доцільності [5, 6, 19].

Водночас, у дренованих органогенних ґрунтах наявна значна кількість рухомого азоту в результаті мінералізації органічної маси торфу, який разом з технологією вирощування культур істотно впливає на поживний режим та урожайність загалом [7, 8].

Основні методи визначення норм внесення мінеральних добрив багатьма вченими [7, 9, 10, 20] рекомендовано розраховувати на основі багаторічних даних польових досліджень та балансово-розрахунковими методами. Останні мають ряд методичних розрахунків: дози розраховані на приріст врожаю або на заплановану урожайність з урахуванням вмісту поживних речовин у ґрунті. За оцінки різних методів визначення доз внесення мінеральних добрив найважливішим є врахування економічних, які можуть значно змінюватися під різні культури [3, 8].

**Мета досліджень** полягає у визначенні ефективності методології розрахунків найдоцільніших доз добрив та особливості формування оптимального режиму під посіви кукурудзи на зерно на дренованих органогенних ґрунтах через визначення обґрунтованих норм унесення мінеральних добрив залежно від методик, що враховують специфіку цих ґрунтів.

**Матеріал і методи дослідження.** Польові дослідження проводили у 2017–2019 рр. на дренованих торфових ґрунтах Панфільської дослідної станції ННЦ „ІЗ НААН” (Київської області). Торф карбонатний зі ступенем розкладання – 45–55 %, потужність торфового шару 2,4–2,5 м; щільність складання ґрунту – 0,215 г/см<sup>3</sup>, зольність – 44–45 %; валовий вміст азоту – 2,93 %; фосфору – 0,76–0,90 %; калію – 0,09–0,15 %; кальцію – 20–26 %; рН водної витяжки – 7,3–7,5. Дослід закладений у трикратному повторенні, як у просторі, так і часі, за схемою, наведеною у таблиці 1. Загальна площа ділянки 20 м<sup>2</sup>, облікова – 15 м<sup>2</sup>.

Вологість ґрунту визначали термостатно-ваговим методом, вміст нітратного азоту – за Гранвальд-Ляжу з дисульфогеноловою

кислотою (ДСТУ 4725-2007), амонійний азот – екстрагуванням розчину хлориду калію (ДСТУ ISO/TS 14256-1:2003), фосфор і калій – за Б.П. Мачигіним [14]. Вміст біогенних речовин у дренажних водах: нітратний азот за ДСТУ ISO 6878-2008; фосфор – спектрометричним методом із застосуванням амонію за ДСТУ ISO 7150-102003; амонійний азот – ручним спектрометричним методом за ДСТУ 4079-2001 (ISO 9297:1989, MOD) [11, 13].

Значення ГДК щодо забруднення водою біогенними речовинами використовуємо з правил охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами або з інших літературних джерел [12, 16, 17, 18]. Облік урожайності проводили подільночним методом [15].

Середньомісячні показники температури повітря за квітень–вересень становили 17,4–18,1 °С (за норми 15,5 °С) та атмосферні опади – 319 мм (за норми 327 мм).

Формування варіантів мінерального удобрення багаторічних травосумішей проводили за наступним принципом:

- на основі отриманих даних за результатами багаторічних польових досліджень, що проводили на староорних ґрунтах Панфільської дослідної станції (P<sub>45</sub>K<sub>120</sub>);

- балансовий – розрахунковий на приріст врожаю. Балансовий метод ґрунтується на способах (двох) визначення добрив на запланований приріст врожаю [7, 8]:

$$H = \frac{(Y_n - Y_k) \times B \times 100}{K_y},$$

де Y<sub>n</sub> – запланований урожай, т/га;

Y<sub>k</sub> – багаторічна урожайність без добрив, т/га;

B – винесення поживних речовин рослиною, кг/т;

K<sub>y</sub> – коефіцієнт використання поживних речовин з добрив, %;

- розрахунковий на всю урожайність з урахуванням вмісту поживних речовин у ґрунті. На заплановану урожайність за вирахуванням запасу рухомих форм поживних речовин, що містяться у 0–40 см шарі ґрунту:

$$D = \frac{100 \times U_3 \times B - \Gamma \times K_r}{K_d},$$

де D – доза добрив на 1 га, кг діючої речовини;

U<sub>3</sub> – запланована урожайність, т/га;

B – винос поживних речовин на 1 т врожаю, кг д. р.;

Γ – вміст поживних речовин у ґрунті, кг/га д. р.;

K<sub>r</sub> – коефіцієнт використання елементів із ґрунту, %;

K<sub>d</sub> – коефіцієнт використання елементів із добрив, %.



- на основі отриманих даних за результатами багаторічних польових досліджень, що проводили на староорних ґрунтах Панфільської дослідної станції, ( $P_{45}K_{120}$ );

- на основі отриманих даних за результатами багаторічних польових досліджень, що проводили на староорних ґрунтах Панфільської дослідної станції ( $P_{45}K_{120}$ ) + Стимулятор росту Органік-Баланс – 2,0 л/га;

- стимулятор росту Органік-Баланс – 2,0 л/га;

- без добрив (абсолютний контроль).

#### Результати дослідження та обговорення.

Проведені дослідження за водним режимом ґрунту показали, що залягання ґрунтових вод на дренажних органогенних ґрунтах Панфільської дослідної станції (рис. 1), за період вегетації 2017–2019 рр. було досить сприятливим для вирощування кукурудзи (93–115 см від поверхні ґрунту) і лише наприкінці теплового періоду у деякі роки (2019 та 2017 рр.) у серпні–вересні рівні опускалися до 138–195 см та 165–147 см відповідно, проте таке зниження мало впливало на врожайність кукурудзи, але позитивно позначалося на дозріванні врожаю кукурудзи та його збиранні.

Позитивно впливало зниження ґрунтових вод і на мікробіологічні процеси у ґрунті, в результаті чого більше накопичувалося в ґрунті рухомих поживних речовин, особливо рухомого азоту. Рівні ґрунтових вод за вегетацію 2017 р. коливалися в межах від 52 до 165 см від поверхні ґрунту і в середньому становили 91 см. Меліоративна система з регульованим водним режимом ґрунту (двосторонньої дії) забезпечувала регулювання водно-повітряного режиму активного шару ґрунту впродовж періоду вегетації.

Встановлено, що за вирощування кукурудзи значного дефіциту вологи на осушених торфовищах не спостерігали навіть у посушли-

ві періоди вегетації, оскільки рівні ґрунтових вод знаходилися близько (100 см) від поверхні ґрунту, водночас атмосферні опади, які випали в липні, забезпечували оптимальний водний режим ґрунту, а рослинний покрив кукурудзи створював своєрідний бар'єр і не давав інтенсивно випаровуватися волозі з поверхні ґрунту.

Загалом, аналізуючи вологість 0–30 см шару ґрунту (рис. 2), залежно від років вирощування слід відмітити, що чіткої залежності від погодних умов не спостерігали. Дещо вологішим був весняний період і з нижчими показниками в осінній період. У посушливий період вегетації (практично друга половина), коли опадів випадало менше, вологість активного шару ґрунту на посівах кукурудзи, здебільшого, не опускалася за межі оптимальності (40 % від ПВ). Проте таке залягання було короточасним і воно мало впливало на зниження вологості активного шару ґрунту, яка постійно поповнювалася надходженням капілярної вологи та атмосферних опадів.

Слід зазначити, що значного дефіциту вологи кукурудза не відчувала навіть у посушливі періоди вегетації, оскільки рівні ґрунтової води на тривалий час не опускалися нижче 90 см від поверхні ґрунту і коренева система рослин у абсолютній більшості була в зоні капілярного насичення водою, яке забезпечувалося додатковим зволоженням – надходженням води з магістрального каналу.

Істотної різниці у вологості ґрунту не спостерігали і між ділянками з різним удобренням. Мали лише тенденцію до зменшення вологості активного шару ґрунту в напрямку від варіантів без внесення добрив та за внесення стимулятора росту до повного удобрення культури, що сприяло лише кращому розвитку рослин в зв'язку з посиленням мікробіологічного процесу та підвищенням вмісту рухомого азоту.

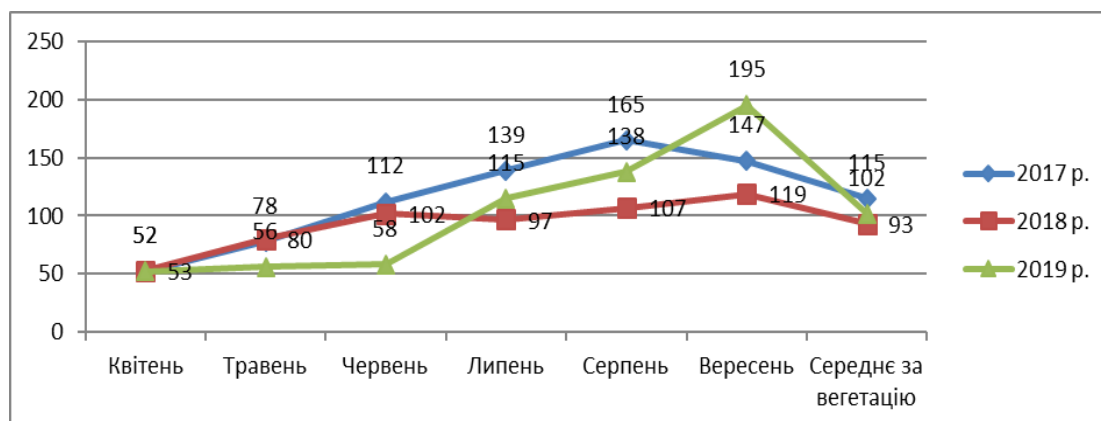


Рис. 1. Динаміка рівнів ґрунтових вод, см від поверхні ґрунту.

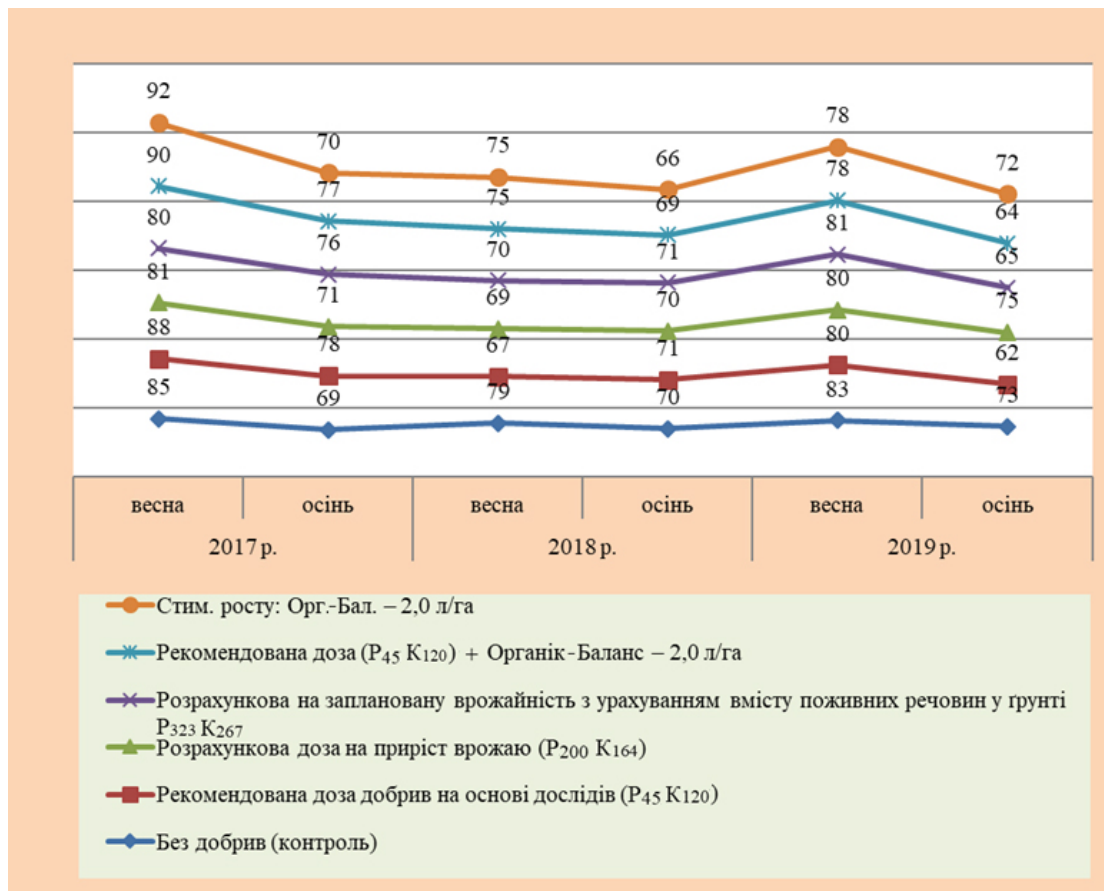


Рис. 2. Вплив удобрення полів на вологість торфового ґрунту під посівами кукурудзи, % від повної вологості.

Загалом, враховуючи вологість активного шару ґрунту та глибину залягання ґрунтових вод у досліді, вологозабезпеченість характеризувалась як близька до оптимальних показників, що підтверджує задовільну роботу Су-пійської осушувано-зволожувальної системи в теплі періоди вегетації.

Аналіз вмісту поживних речовин у ґрунті показує (рис. 3), що він істотно залежить від доз внесених добрив. Найменша їх кількість відмічена на неудобрених ділянках. Щодо окремих елементів, то найменші коливання від різних чинників впливу, мав вміст рухомого фосфору, коливання не перевищувало 39 мг/кг сухого ґрунту. Тимчасом за нітратним азотом цей показник становив – 278 мг, по калію – 71 мг/кг сухого ґрунту. Ймовірно, це пов'язано з наявністю прошарків віваніту зі значним вмістом фосфорних сполук. У процесі меліоративного оброблення ґрунту, віванітові прошарки стикаються з повітрям і закисні сполуки фосфору переходять в окиси та його рухомі форми, чим нівелюють рівень вмісту рухомих форм фосфору за варіантами [8].

Високу забезпеченість рухомими формами азоту кукурудза мала незалежно від внесених мінеральних добрив. Найбільші його показники (227–308 мг/кг сухого ґрунту) мали в період її вегетації за проведення міжрядного обробітку, який сприяв інтенсивнішій мінералізації торфу [2, 10].

Вміст рухомого калію у ґрунті повністю залежав від внесених мінеральних добрив. Найбільший вміст мали на ділянках за розрахунку його внесення на заплановану врожайність з урахуванням вмісту поживних речовин у ґрунті та на приріст урожаю. Однак важливим є те, що незалежно від методів розрахунку внесення мінеральних добрив вміст поживних речовин у ґрунті під посівами кукурудзи був високим [5].

Надзвичайно важливим чинником на дре-нованих органогенних заплавах ґрунтах є екологічні складові вирощування кукурудзи за різного удобрення. Встановлено (табл. 1), що внесення мінеральних добрив, здебільшого, забезпечує збільшення вимивання поживних речовин у ґрунтові води.

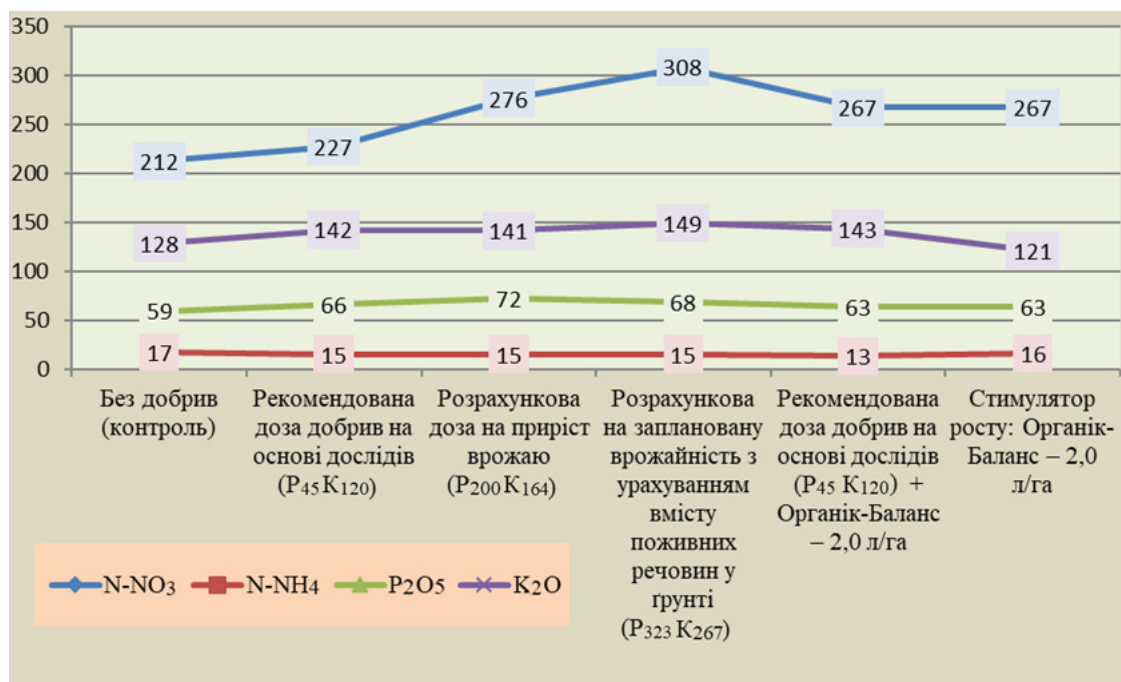


Рис. 3. Вплив мінерального удобрення на забезпеченість ґрунту поживними речовинами під посівами кукурудзи (шар ґрунту 0–30 см), середнє за вегетацію 2017–2019 рр., мг/кг сухого ґрунту.

Таблиця 1 – Вплив внесення добрив у ґрунт на вимивання поживних речовин у ґрунтовій воді під посівами кукурудзи, середнє за вегетацію 2017–2019 рр., мг/л дренажної води

Удобрення	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	Na <sub>2</sub> O	
Без добрив (контроль)	1,6	0,6	0,3	11,2	143	64,0	36,4	
Рекомендована доза добрив на основі дослідів (P <sub>45</sub> K <sub>120</sub> )	8,1	2,4	0,9	20,1	180	80,8	40,1	
Розрахункова доза на приріст врожаю (P <sub>200</sub> K <sub>164</sub> )	4,8	3,4	0,4	14,1	127	57,8	37,6	
Розрахункова на заплановану врожайність з урахуванням вмісту поживних речовин у ґрунті (P <sub>323</sub> K <sub>267</sub> )	9,3	2,1	0,9	24,6	143	73,1	44,4	
Рекомендована доза добрив на основі дослідів (P <sub>45</sub> K <sub>120</sub> ) + Органік-Баланс – 2,0 л/га	1,5	0,4	0,4	13,0	167	68,3	40,2	
Стимулятор росту: Органік-Баланс – 2,0 л/га	1,8	0,4	0,3	9,1	150	65,1	38,4	
Канал	0,5	0,4	0,4	9,8	98	62,8	40,1	
р. Супій	0,6	0,5	0,3	9,9	85	55,4	48,5	
ГДК	рибогосподарські, г/м <sup>3</sup>	9,10	0,06	0,2–3,5	50	180	50	120
	екологічні, г/м <sup>3</sup>	0,3–0,5	0,3–0,5	0,3–0,1	100	180	40	200

Найбільше вимивання з ґрунту спостерігали щодо сполук натрію (36–44 мг), магнію (58–81 мг) та кальцію (123–180 мг), незалежно від варіантів розрахунку внесення мінеральних добрив.

Загалом кількість вимитих сполук за внесених мінеральних добрив (азотних, фосфорних та калійних) не перевищувала ГДК для рибогосподарських потреб. Водночас вимивання з ґрунту природних сполук магнію було більшим за норми, що слід враховувати працівникам рибних господарств.

Така забезпеченість ґрунту поживними речовинами (рис. 2) відповідно впливала і на урожайність кукурудзи (табл. 2) та якість продукції. За рекомендованих доз добрив на основі дослідів мали також найкращі показники якості корму.

Тобто, дещо більше найменшої істотної різниці. Водночас, кількість внесених мінеральних добрив, залежно від варіантів розрахунку їх внесення в ґрунт, має значну різницю, що, безумовно, впливало на виробничі витрати і загалом на собівартість вирощеної продукції.

Економічна оцінка внесення доз добрив показує (табл. 3), що вартість вирощеного врожаю мало відрізняється за варіантами з різним розрахунком добрив і в середньому за роками не перевищує 4,0–8,2 %, водночас, вартість мінеральних добрив, внесених на різні варіанти досліду, різниться в 1,85–2,2 раза. Тому, зібраний урожай кукурудзи з унесенням високих доз добрив має високу собівартість, а умовно чистий прибуток та рівень рентабельності врожаю кукурудзи значно знижується.

Таблиця 2 – Продуктивність кукурудзи на зерно залежно від системи удобрення на дренажних органоґенних ґрунтах, т/га

Удобрення	2017 р.	2018 р.	2019 р.	Середнє	Кормових одиниць	Протеїн
Без добрив (контроль)	5,4	6,1	6,1	5,9	7,46	0,46
Рекомендована доза добрив на основі дослідів (P <sub>45</sub> K <sub>120</sub> )	6,8	8,4	8,4	7,9	10,00	0,62
Розрахункова доза на приріст врожаю P <sub>200</sub> K <sub>164</sub>	7,3	7,5	8,1	7,6	9,61	0,59
Розрахункова на заплановану врожайність з урахуванням вмісту поживних речовин у ґрунті P <sub>323</sub> K <sub>267</sub>	6,9	7,8	8,0	7,6	9,61	0,59
Рекомендована доза добрив на основі дослідів (P <sub>45</sub> K <sub>120</sub> ) + Органік-Баланс – 2,0 л/га	8,3	8,5	9,2	8,7	10,91	0,67
Стимулятор росту: Органік-Баланс – 2,0 л/га	5,5	7,0	6,9	6,5	8,18	0,50
NiP <sub>05</sub>	0,25	0,21	0,23			

Загалом слід зазначити, що коливання врожайності кукурудзи, залежно від удобрення, мало відрізнялося і не перевищувало 9,2–9,4 %. В середньому за три роки, урожайність зерна кукурудзи розрахована на приріст врожайності та на всю врожайність з урахуванням їх вмісту в ґрунті коливалася в межах 7,31–7,63 т/га.

Отже, отримана урожайність зерна кукурудзи розрахована різними методами показує, що економічно найвигідніше та виправдані є внесення фосфорних та калійних добрив, отриманих на основі багаторічних наукових даних з урахуванням ґрунтово-кліматичних та погодних умов.

Таблиця 3 – Економічна оцінка внесених добрив розрахованих різними методами в посівах кукурудзи на зерно на осушуваних органогенних ґрунтах, середнє за 2017–2019 рр.

Варіант удобрення	Урожайність, т/га	Вартість врожаю, грн/га	Виробничі витрати, грн/га	Собівартість 1 т урожаю, грн	Умовно чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності
Без добрив (контроль)	5,7	25650	6119	1074	19531	320
Рекомендована доза добрив на основі дослідів ( $P_{45}K_{120}$ )	7,6	34200	13257	1744	20943	158
Розрахункова доза на приріст врожаю $P_{200}K_{164}$	7,4	33300	20293	2742	13007	64
Розрахункова на заплановану врожайність з урахуванням вмісту поживних речовин у ґрунті $P_{323}K_{267}$	7,3	29240	28877	3950,3	363	1
Рекомендована доза добрив на основі дослідів ( $P_{45}K_{120}$ ) + Органік-Баланс – 2,0 л/га	8,4	37800	14030	1670	23770	169
Стимулятор росту: Органік-Баланс – 2,0 л/га	6,3	28350	6775	1075	21575	318

**Висновки.** Аналіз та оцінка розрахунків внесення мінеральних добрив на приріст врожаю та на заплановану врожайність з урахуванням вмісту поживних речовин у ґрунті показали, що використання наявних методів розрахунків доз добрив на дренованих органогенних ґрунтах призводить до внесення завищених норм.

Найбільшу урожайність кукурудзи на зерно в середньому за 2017–2019 рр. (8,39 т/га) отримали за внесення фосфорних і калійних добрив на основі аналізу даних тривалих досліджень ( $P_{45}K_{120}$ ) з додаванням 2,0 л/га комбінованого препарату зі стимулятором росту Органік-Баланс. Такі дози внесення мінераль-

них добрив забезпечували найбільший приріст врожаю на одиницю внесених добрив, а також найвищий вихід кормових одиниць (10,9 т/га) та вихід протеїну (0,67 т/га).

Внесення збалансованих доз мінеральних добрив значною мірою запобігає надлишковому вимиванню нітратного азоту в ґрунтові води та зменшує забруднення річкових вод.

Визначено, що найнижча собівартість отриманого врожаю та найбільший умовно чистий прибуток, рівень рентабельності вирощуваних культур, отримали за внесення мінеральних добрив, розрахованих на основі аналізу даних, встановлених у довготривалих дослідженнях.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Концепція ефективного сільськогосподарського використання земель гумідної зони України: наукове видання. Київ: ВП Едельвейс, 2014. 54 с.
2. Трускавецький Р.С., Цапко Ю.Л. Основи управління родючістю ґрунтів. Харків: ФОП Бровін О.В., 2016. 388 с.
3. Наукові основи ефективного розвитку землеробства в агроландшафтах України / за ред. В.Ф. Камінського. Київ: ВП Едельвейс, 2015. С. 314–336.
4. Методичні рекомендації з розробки оптимального поживного режиму в сівозміні на осушених органогенних ґрунтах. Вінниця: ТОВ Твори, 2020. 16 с.
5. Сінокоси і пасовища на осушуваних землях: монографія / І.Т. Слюсар та ін. Київ: ЦН Компрінт, 2017. 258 с.
6. Water management effect on soil oxidation, greenhouse gas emissions, and nitrogen leaching in drained peat soils / Andres F. Rodriguez et al. Soil Science Society of America Journal. 2021. Vol. 85. Issue 3. P. 814–828. DOI: 10.1002/saj2.20247
7. Гадзало Я.В., Камінський В.Ф. Наукові основи виробництва органічної продукції в Україні. Київ: Аграрна наука, 2016. № 128. 358 с.
8. Слюсар І.Т. Вплив осушувальних меліорацій на трансформацію органогенних ґрунтів. Посібник Українського хлібороба, Український чорнозем на початку третього тисячоліття. Київ, 2016. Т. 1. С. 295–305.
9. Ушкаренко В.О., Вожегова Р.А., Голобородько С.П., Коковіхін С.В. Статистичний аналіз результатів польових дослідів в землеробстві. Київ: Аграрна наука, 2013. 328 с.



10. Anoszko W., Zajko S., Waszkiel L., Baczy S. Forecast of changes of drained peat landscapes and soils of Belarus. *Acta Agrophysica*. 2002. № 68. P. 7–12.

11. Клименко М.О., Вознюк Н.М., Вербецька К.Ю. Порівняльний аналіз нормативів якості поверхневих вод. Наукові доповіді НУБіП. 2012. Вип. 8 (30). С. 1–15.

12. Методика контролю екологічного стану за міграції біологічних елементів: наукові засади. Київ: ТОВ Дія, 2012. 24 с.

13. Концепція ефективного використання осушуваних земель гумідної зони України: наукові засади. Київ: ЦП Компринт, 2015. 22 с.

14. Лісовал А.П., Давиденко У.М., Мойсеєнко Б.Н. Агрохімія: лабораторний практикум. Київ: Вища школа, 1999. 311 с.

15. Єщенко П.О., Копитко П.Г., Опришко В.П., Костогриз П.В. Основи наукових досліджень в агрономії / за ред. В.О. Єщенка. Київ: Дія, 2005. 288 с.

16. Гідрохімія річок Лівобережного лісостепу України / В.К. Хільчевський та ін. Київ: Ніка-Центр, 2014. С. 153–179.

17. Яцик А.М. Екологічна безпека в Україні. Київ: Генеза, 2001. 216 с.

18. Яцик А.В. Водогосподарська екологія. Київ: Генеза, 2004. С. 325–339.

19. Слюсар І.Т., Камінський В.Ф., Соляник О.П., Сербенюк В.О. Продуктивність сільськогосподарських культур залежно від рівня їх удобрення на дренажних органогенних ґрунтах. Вісник аграрної науки. Київ, 2020. №11 (812). С. 5–15. DOI: 10.31073/agrovisnyk202011-01

20. Слюсар І.Т. Методологічні особливості розрахунків доз добрив у сівозміні на осушуваних органогенних ґрунтах. Вісник аграрної науки. Київ, 2019. № 9 (798). С. 72–79. DOI: 20.31073/agrovisnyk201909-11

## REFERENCES

1. Kontsepsiia efektyvnoho silskohospodarskoho vykorystannia zemel humidnoi zony Ukrainy: naukove vydannia [The concept of effective agriculture and land use in the humid zone of Ukraine]. Kyiv, VP Edelveis, 2014, 54 p.

2. Truskavetskyi, R.S., Tsapko, Yu.L. (2016). *Osnovy upravlinnia rodiuchistiu gruntiv* [Fundamentals of soil fertility management]. Kharkiv, FOP Brovin O.V., 388 p.

3. Naukovi osnovy efektyvnoho rozvytku zemlerobstva v ahrolanshaftakh Ukrainy [Scientific foundations of effective development of agriculture in agricultural regions of Ukraine]. Kyiv, VP Edelveis, 2015, pp. 314–336.

4. Metodichni rekomendatsii z rozrobky optimalnogo pozhyvnoho rezhymu v sivozmini na osushenykh orhanohennykh gruntakh [Methodical recommendations for the development of an optimal food regime in crop rotation on drained organic soils]. Vinnytsia, TOV Tvory, 2020, 16 p.

5. Sliusar, I.T., Solianyuk, O.P., Serbeniuk, V.O. (2017). *Sinokosy i pasovyshcha na osushuvanykh*

*zemliakh: monohrafiia* [Hayfields and pastures on drained lands]. Kyiv, TsN Komprynt, 258 p.

6. Andres, F., Samira, H., Stefan, G., Stephen, P., Maninder, P. (2021). Water management effect on soil oxidation, greenhouse gas emissions, and nitrogen leaching in drained peat soils. *Soil Science Society of America Journal*. Vol. 85, Issue 3, pp. 814–828. DOI: 10.1002/saj2.20247

7. Gadzalo, Ja.V., Kamins'kyj, V.F. (2016). *Naukovi osnovy vyrobnytstva orhanichnoi produktsii v Ukraini* [Scientific basis of reliability of organic products in Ukraine]. Kyiv, Agrarian science, 358 p.

8. Sliusar, I.T. (2016). *Vplyv osushuvanykh melioratsii na transformatsiiu orhanohennykh gruntiv* [The influence of drainage amelioration on the transformation of organic soils]. *Posibnyk Ukrainського khliboroba, Ukrainyskyi chornozem na pochatku tretogo tysyacholittia* [Handbook of the Ukrainian farmer, Ukrainian chernozem at the beginning of the third millennium]. Kyiv, Vol. 1, pp. 295–305.

9. Ushkarenko, V.O., Vozhehova, R.A., Holoborodko, S.P., Kokovikhin, S.V. (2013). *Statystychnyi analiz rezultativ polovykh doslidiv v zemlerobstvi* [Statistical analysis of the results of field experiments in agriculture]. Kyiv, Agrarian science, 328 p.

10. Anoszko, W., Zajko, S., Waszkiel, L., Baczy, S. (2002). Forecast of changes of drained peat landscapes and soils of Belarus. *Acta Agrophysica*. no. 68, pp. 7–12.

11. Klymenko, M.O., Vozniuk, N.M., Verbetska, K.Iu. (2012). *Porivnialnyi analiz normatyviv yakosti poverkhnevyykh vod*. *Naukovi dopovidi NUBiP* [Comparative analysis of surface water quality standards]. *Scientific reports Nubip*, Issue 8 (30), pp. 1–15.

12. *Metodyka kontroliu ekolohichnoho stanu za mihratsiiu biolohichnykh elementiv: naukovi zasady* [The method of monitoring the ecological state during the migration of biological elements: scientific principles]. Kyiv, TOV Diia, 2012, 24 p.

13. *Kontsepsiia efektyvno vykorystannia osushuvanykh zemel humidnoi zony Ukrainy: naukovi zasady* [The concept of effective utilization of drained lands of the humid zone of Ukraine: scientific principles]. Kyiv, TsP Komprynt, 2015, 22 p.

14. Lisoval, A.P., Davydenko, U.M., Moiseienko, B.N. (1999). *Ahrokhimiia: laboratornyi praktykum* [Agrochemistry: laboratory practice]. Kyiv, High school, 311 p.

15. Yeshchenko, P.O., Kopytko, P.H., Opryshko, V.P., Kostohryz, P.V. (2005). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii* [Basics of scientific research in agronomy]. Kyiv, Diia, 288 p.

16. Hil'chev'skyj, V.K., Vynarchuk, O.O., Gonchar, O.M. (2014). *Gidrohimiia richok livoberezhnogo Lisostepu Ukrainy* [Hydrochemistry of the rivers of the Left Bank forest-steppe of Ukraine]. Kyiv, Nika-Centr, pp. 153–179.

17. Yatsyk, A.M. (2001). *Ekolohichna bezpeka v Ukraini* [Environmental safety in Ukraine]. Kyiv, Henez, 216 p.

18. Yatsyk, A.V. (2004). Vodohospodarska ekolohiia [Water management ecology]. Kyiv, Heneza, 680 p.

19. Sliusar, I.T., Kaminskyi, V.F., Solianyk, O.P., Serbeniuk, V.O. (2020). Produktyvnist silskohospodarskykh kultur zalezno vid rivnia yikh udobrennia na drenovanykh orhanohennykh gruntakh [Productivity of agricultural crops depending on the level of their fertilization on drained organic soils]. Visnyk ahrarnoi nauky [Herald of Agrarian Science]. Kyiv, no. 11 (812), pp. 5–15. DOI: 10.31073/agrovisnyk202011-01

20. Sliusar, I.T. (2019). Metodolohichni osoblyvosti rozrakhunkiv doz dobrov u sivozmini na osushuvanykh orhanohennykh gruntakh [Methodological features of calculating fertilizer doses in crop rotation on drained organic soils]. Visnyk ahrarnoi nauky [Herald of Agrarian Science]. Kyiv, no. 9 (798), pp. 72–79. DOI: 20.31073/agrovisnyk201909-11

#### Environmental protection aspects of corn mineral fertilizing on drained organic soils

Slyusar I., Serbeniuk V., Solyanyk O., Serbeniuk G.

Based on the results of the research, the orientation of the processes of forming the optimal nutrient regime on drained organic soils under corn for grain was determined by establishing scientifically based doses of mineral fertilizers, depending on the methods that take into account the characteristics of these soils and methodological approaches to determine the doses of mineral fertilizers in the conditions of field stationary experiment on drained organic soils of the floodplain of the Supii River. It was established that the application

of mineral fertilizers leads to the strengthening of mineralization processes, which rises with increasing doses of fertilizers, which, in turn, leads to the accumulation of nutrients that affect the yield of cultivated crops and their migration into drainage waters. The increase in the content of nitrogen ( $N-NO_3$ ,  $N-NH_4$ ) and phosphorus ( $P_2O_5$ ) compounds in drained organic soil are caused by both organic matter mineralization and mixing of vivanite and freshwater shells layers with peat soil, which causes an intensive oxidation process in the combined with  $CaCO_3$  compounds, and as a result, organic matter decomposes into a partially humic complex of organic and mineral substances. Available for corn consumption nutrients further accumulate in the soil.

The highest yield of corn per grain (8.34 t/ha) was obtained with the application of fertilizer doses based on the data of long-term studies ( $P_{45}K_{120}$  with the addition of 2.0 l/ha of the combined preparation with the growth stimulator "Organic Balance"). The introduction of such doses of mineral fertilizers provides the greatest increase in yield per unit of applied fertilizers, and their leaching into drainage waters did not exceed the maximum permissible concentrations of water management objects for economic and cultural and domestic use. The use of justified doses of fertilizers in corn crops ensures the highest yield with cost-effective costs per unit of production. It also takes into account the environmental aspects of mineral fertilizers, which prevent excessive leaching of biogenic substances into drainage waters, and, as a result, reduces the pollution of river waters.

**Key words:** macrofertilizers, growth stimulator, calculation methods, fertilizers, organic soils, corn, ecology, productivity.



Copyright: Слюсар І.Т. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Слюсар І.Т.

Сербенюк В.О.

Соляник О.П.

Сербенюк Г.А.

<https://orcid.org/0000-0001-8980-5160>


<https://orcid.org/0000-0003-0175-6611>

<https://orcid.org/0000-0002-9037-0296>

<https://orcid.org/0000-0001-9187-0623>

## ЕКОЛОГІЯ

УДК 502.1:504.064

**Характеристика екологічних ризиків в екосистемах та оцінювання можливості їх прояву**Хижняк С.В. , Коверсун І.В. , Довбиш О.Б. , Войціцький В.М. *Національний університет біоресурсів і природокористування України* E-mail: khs2014@ukr.net

Хижняк С.В., Коверсун І.В., Довбиш О.Б., Войціцький В.М. Характеристика екологічних ризиків в екосистемах та оцінювання можливості їх прояву. «Агробіологія», 2023. № 1. С. 61–69.

Khyzhnyak S., Koversun I., Dovbysh O., Voytsitskiy V. Characteristics of ecological risks in ecosystems and assessment of the possibility of their manifestation. «Agronomy», 2023. no. 1, pp. 61–69.

Рукопис отримано: 02.03.2023 р.

Прийнято: 17.03.2023 р.

Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-179-1-61-69

Забруднення довкілля екоотоксикантами природного та антропогенного походження створює ризики негативного впливу на стан довкілля, біоту екосистем, зокрема і людину. Наведено основні джерела екоотоксичних забрудників та проведено аналіз ризиків, що можуть виникнути. З огляду на неоднозначність визначення поняття ризик, обговорюється тлумачення цього терміна. Виділено підхід щодо визначення ризику як вірогідності певних несприятливих подій чи процесів з урахуванням можливих наслідків. Вказано на взаємозв'язок екологічних ризиків з надійністю екосистем. Оцінка екологічного ризику є складним процесом, який стосується виявлення ймовірності виникнення оборотних або незворотних змін у структурі та функціях екосистем у відповідь на антропогенний або природний вплив. Кількісною мірою ризику як загрози небезпеки є добуток вірогідності несприятливого наслідку події і очікуваного збитку внаслідок події. Значна увага приділена оцінюванню можливих екологічних ризиків для агроекосистем, що пов'язані з порушенням стану довкілля, впливом на здоров'я людей, імовірним потраплянням токсичних речовин у харчові продукти та корми для свійських тварин. Екологічні ризики в агроекосистемах виникають, зокрема, внаслідок застосування засобів захисту рослин (пестицидів) та надмірного використання агрохімікатів. Водночас процес управління ризиками в агроекосистемах передбачає вибір і використання методів для зменшення ризику, зокрема, застосування заходів регулювання впливу екоотоксикантів через обмеження використання та заборони найбільш токсичних. Вивчення екологічного ризику є необхідним для розуміння впливу шкідливих чинників на компоненти навколишнього природного середовища. Акцентується увага, що керування ризиками в сільському господарстві мають бути спрямовані на збереження оптимального стану агроекосистеми та захист здоров'я людини.

**Ключові слова:** екологічні ризики, навколишнє природне середовище, екоотоксиканти, оцінка, небезпека, агроекосистема, пестициди.

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** На сучасному етапі найбільш нагальними є проблеми забруднення навколишнього природного середовища та природних ресурсів. Все більше уваги приділяють вирішенню екологічних проблем, які спричинені як природними явищами, так і діяльністю людини, що пов'язано з можливістю виникнення екологічного ризику.

Стосовно терміна ризику (походить від грецького слова *ridsikon* – стрімчак, стрімка скеля), наявні численні його визначення. Одне із тлумачень терміна ризик – «можливість або вірогідність факту чи події, що може трапитися як щось небажане» [1]. Цей термін нерідко визначають як такий, що ототожнює термін небезпека, а саме «ризик – небезпека виникнення несприятливих наслідків події, які розглядають-

ся». Визначення терміна ризик з погляду негативних наслідків у сучасній науковій літературі розглядають як: «ризик – це невизначена подія або умова, яка в разі виникнення має негативний вплив на об'єкт підвищеної небезпеки»; «ризик – це ступінь імовірності певної негативної події, яка може відбутися у деякий час за деяких обставин на території об'єкта підвищеної небезпеки та/або за його межами»; «ризик – це можливість небажаної втрати чого-небудь при негативному збігу обставин»; «ризик – це характеристика ситуацій, що має невизначеність результату за наявності несприятливих наслідків»; «ризик – це можливість виникнення негативного впливу на організми, зокрема здоров'я людини, та ступінь цього впливу, що ініціюється небезпечними чинниками»; «ризик – це можливість виникнення негативних подій, а також вірогідні масштаби їх наслідків протягом певного періоду часу»; «ризик – це визначення вірогідності негативної події» та багато інших визначень [2–6].

Останнім часом серед численних визначень поняття ризик все більшого поширення набуває підхід до визначення ризику як вірогідність певних несприятливих подій чи процесів з врахуванням можливих наслідків. Вірогідність події чи процесу у цьому випадку слугує однією із компонент ризику, а міра наслідків – іншою, що можна використовувати для кількісної його оцінки [1]. Водночас наявний багатомірний підхід до визначення ризику, який заснований на численних фактах, що відповідають за сприйняття ризику та впливають на прийняття пов'язаних з ним рішень. Цей підхід має якісний прояв, він корисний для оцінювання сукупності небезпечних подій або процесів [7].

Ризик може проявлятися у різних сферах – юридичній, політичній, соціологічній, психологічній, спортивній, економічній, виробничій, техніко-експлуатаційній, екологічній. Екологічний ризик, який пов'язаний із забрудненням довкілля, – це ймовірність виникнення негативних змін у навколишньому природному середовищі або віддалені несприятливі наслідки змін, які виникають в результаті негативного впливу на довкілля надзвичайних ситуацій природного чи антропогенного походження [4, 8].

Наявні різні класифікації екологічних ризиків. Це, зокрема, ризики за величиною свого прояву: низький, середній, високий, дуже високий; за ступенем поширення: глобальні, локальні; за впливом на довкілля і здоров'я людини: індивідуальні, колективні, популяційні, екологічні, професійні тощо.

Окремо необхідно виділити можливість екологічних ризиків для агроєкосистеми, що особливо важливо за оцінювання та прогнозу еко-

логічної безпеки з метою отримання безпечних продуктів харчування для людей і кормів для свійських тварин. Цій проблемі приділено значну увагу в сучасних наукових дослідженнях, а саме: оцінювання екологічних ризиків з погляду екологічної безпеки агроєкосистем [9, 10], екологічні та економічні аспекти оцінювання екологічних ризиків різних видів діяльності [7], оцінювання екологічного стану техногенно забруднених агроєкосистем [8, 11].

Водночас, методологія аналізу та оцінювання екологічних ризиків чи механізм управління ними в агроєкосистемах за вирощування сільськогосподарських культур вивчено недостатньо.

**Мета дослідження.** Узагальнення результатів щодо сутності екологічного ризику, а також аналіз підходів з оцінювання можливих проявів екологічного ризику для агроєкосистем в умовах забруднення екоотоксикантами.

**Матеріал і методи дослідження.** Дослідження проводилися впродовж 2019–2022 рр. Концепція прийнятного (допустимого) ризику ALARA. На сьогодні у більшості країн світу ухвалена концепція прийнятного ризику ALARA (англ. *As Low As Risk Acceptable*), основна вимога якої – це запровадження безпеки людини через реалізацію таких рішень, які не наражають ризику здоров'я людей та їх нащадків. Принципи концепції полягають в наступних твердженнях [1]:

- ризик – це прийнята міра небезпеки;
- будь-якому рівню впливу небезпечних речовин чи процесів відповідає певний рівень ризику;
- передбачається наявність деякого прийнятного ризику;
- постулюється, що прийнятним ризиком можна керувати впливом на умови його формування;
- практична діяльність, яка супроводжується ризиком, не може виправдовувати користь, яку отримують від неї;
- ризик вважається прийнятним, якщо затрати на зменшення наслідків ризику оптимізовані та збалансовані з користю від господарської діяльності, яка спричинює цей ризик;
- необхідно враховувати весь спектр наявних небезпек;
- недопущено перевищення гранично допустимих екологічних навантажень на екосистеми.

Використання концепції ALARA передбачає застосування принципу «передбачати і попередити».

*Оцінка прийнятного (допустимого) ризику.* З позиції управління станом безпеки ризику поділяють на: індивідуальний ризик, якому підда-



ються індивідууми в результаті впливу загрозливих чинників; колективні ризики – очікувана кількість як травмованих, так і загиблих індивідуумів за певний період внаслідок, наприклад, можливої аварії на промисловому підприємстві; соціальний ризик – це залежність частоти подій, у яких постраждала кількість людей більша передбаченого раніше рівня.

Для оцінки прийнятності ризику, який пов'язаний із загрозливими видами діяльності людини, використовують, зазвичай, підхід Ешбі – вірогідність одного фатального випадку (однієї смерті) у рік. Зокрема застосовують наступні критерії допустимості ризику (табл. 1).

Таблиця 1 – Категорії ступеня допустимості ризику (за Ешбі згідно з [1])

Ранг ризику	Вірогідність смерті людини протягом року	Ступінь допустимості
1	не менше $10^{-3}$	Ризик неприйнятний
2	$10^{-4}$	Ризик допустимий в особистих обставинах
3	$10^{-5}$	Потребує допустимість детального обґрунтування
4	$10^{-6}$	Ризик прийнятний (допустимий) без обмежень

В Україні для об'єктів підвищеної небезпеки застосовують наступні критерії неприпустимості ризиків (за Ешбі [1]):

1) для індивідуального ризику ( $R_i$ ) стосовно людей, які знаходяться в конкретному регіоні за межами санітарно-захисної зони підприємства (село, селище, місто тощо) –  $R_i > 10^{-6}$ ;

2) для територіального ризику ( $R_T$ ) стосовно людей, які знаходяться за межами санітарно-захисної зони підприємства, яке має у своєму складі хоча б один об'єкт підвищеної небезпеки –  $R_T > 10^{-5}$ ;

3) для соціального ризику ( $R_c$ ) у випадку загибелі більше 10 людей протягом одного року у конкретному регіоні за межами санітарно-захисної зони підприємства, яке має у складі хоча б один об'єкт підвищеної небезпеки –  $R_c > 10^{-5}$ .

Визначення індивідуального та колективного ризику. Для визначення індивідуального  $RI$  та колективного ризику  $RN$  використовують наступні формули [1]:

$$RI = n / N,$$

де  $n$  – число постраждалих внаслідок прояву ризику із загального числа  $N$  людей, які підпадали потенційному негативному впливу.

$$RN = RI \cdot N,$$

де  $N$  – загальне число людей, які підлягають потенційному негативному впливу.

Критерії  $RI$  та  $RN$  можна використовувати для оцінки ризику будь-яких організмів.

#### Результати дослідження та обговорення.

Екологічні ризики впливу на довкілля можуть бути зумовлені різними чинниками природного та антропогенного походження [2–4]. Основні природні чинники – вулканічні викиди; тектонічні рухи земної кори, які спричинюють деформації або розриви її шарів; дегазація земної кори; вивітрювання і вимивання гірських порід; природні пожежі; лавини; зсуви; селеві потоки; повені; урагани; глобальні зміни клімату тощо.

Антропогенні чинники є промислово-технологічного походження (підприємства технічної, хімічної та інших галузей, видобування корисних копалин, спалювання палива та отримання енергії; промислові та побутові відходи; викиди транспортного комплексу тощо), військового походження (випробування та знищення військової зброї), сільськогосподарського походження (використання засобів захисту рослин (пестицидів), внесення добрив, скиди відходів тваринницьких ферм тощо), наслідком використання радіоактивних речовин (видобуток і переробка руди, функціонування ядерних реакторів, використання радіоактивних речовин в промисловості, медицині та наукових дослідженнях, наслідки радіаційних аварій тощо) та інші.

Екологічний ризик, зумовлений забрудненням довкілля, може бути пов'язаний із надходженням екотоксикантів, які виводять екосистеми зі стану рівноваги [12]. Екотоксиканти – речовини переважно антропогенного походження, які зумовлюють значні порушення у структурах екосистем та живих організмах. Джерелами їх надходження у довкілля є промислові виробництва, полігони захоронення небезпечних відходів, сільськогосподарське виробництво, різноманітні енергетичні установки тощо. Перенесення і розсіювання екотоксикантів у біосфері відбувається не лише внаслідок циркуляції атмосфери чи потрапляння до ґрунтів та водних джерел. Вони також можуть поглинатися живими організмами і переміщуватися по трофічних ланцюгах. Міграція екотоксикантів призводить до поширення шкідливого впливу на природні системи, живі організми, людину.

Згідно з даними Товариства екологічної токсикології і хімії довкілля (*Society of Environment Toxicology and Chemistry, SETAC*) останнім часом основну загрозу довкіллу серед екотоксикантів становлять важкі метали, поліхлоровані та поліциклічні вуглеводні, неорганічні та органічні відходи, а також пестициди (табл. 2).



Таблиця 2 – Відносна частка небезпечних еко-токсикантів у створенні екологічних ризиків (за даними SETAC згідно з [1, 3])

№ з/п	Токсиканти	Відносна частка, %
1	Важкі метали (Hg, Pb, Cd, As та ін.)	28
2	Органічні стійкі токсиканти (поліхлоровані і поліциклічні вуглеводні та ін.)	27
3	Змішані неорганічні та органічні відходи	20
4	Пестициди	15
5	Радіоізотопи ( $^{90}\text{Sr}$ , $^{137}\text{Cs}$ та ін.)	6
6	Гази ( $\text{CO}$ , $\text{SO}_2$ , $\text{NO}$ та ін.)	3

Безумовно, регламентація екотоксикантів як за відносною здатністю до створення екологічної загрози і відповідних ризиків, так і розподіленням по об'єктах довкілля є умовною, оскільки це залежить від конкретних умов розповсюдження у довкіллі токсичних речовин та прояву небезпеки. Стокгольмська конвенція щодо стійких органічних забруднювачів [13], до якої Україна приєдналася в 2007 р., рекомендує суттєво зменшити виробництво, за якого утворюються або використовуються небезпечні високотоксичні хімічні речовини, зокрема ті, що входять у так звану «брудну дюжину»: поліхлоровані біфеніли, дибензо-*n*-діоксини і дибензофурані, альдрин, дильдрин, дихлор-дифеніл-трихлоретан, ендрин, хлордан, гексахлорбензол, мірекс, токсафен, гептахлор. У більшості країн світу нині обмежено використання хлороорганічних пестицидів, а найбільш токсичних – заборонено [12].

Необхідно зазначити, що територія України не належить до небезпечних з високою імовірністю реалізації природних катаклізмів (землетруси, виверження вулканів та ін.). Водночас в Україні є значний промисловий потенціал, ТЕС, АЕС, які є джерелами екологічних ризиків (зокрема на Чорнобильській АЕС 26.04.1986 р. відбулася аварія, яка класифікується як глобальна екологічна катастрофа). Для України, наразі, характерним є нераціональне природокористування [14]. Крім того, на сьогодні основним чинником є забруднення довкілля внаслідок військових дій, зокрема,

повномасштабна війна, яку розв'язала Російська Федерація проти України спричинила екоцид – знищення рослинного та тваринного світу, отруєння атмосфери та водних ресурсів, а також інші дії, які можуть призвести до екологічної катастрофи.

Екологічні ризики для довкілля внаслідок його забруднення виявляються у загрозі здоров'ю людини та життєздатності біоти; скороченні чисельності і видової різноманітності біоти (прокаріотів, грибів, рослин і тварин); зниженні продуктивності сільськогосподарських угідь, лісів, луків тощо; руйнуванні трофічних ланцюгів; неконтрольованому розмноженні організмів, що адаптувалися і утворили стійкі форми (деякі комахи, мікроорганізми та ін.); у включенні в біохімічні цикли токсичних речовин, що надзвичайно негативно впливає на життєздатність біоти та здоров'я людини.

У випадках, коли екологічні ризики пов'язані із загрозою здоров'ю та життю людей, пропонують їх розглядати окремо від ризиків, зумовлених загрозою стану довкілля [9, 15]. Однак, розділення ризиків на екологічні та ризики загрози здоров'ю є умовним і неоднозначним. Зокрема, наприклад, забруднення об'єктів довкілля призводить до потрапляння токсичних речовин у продукти харчування і питну воду, що зумовлює загрозу здоров'ю людей [16].

Прийнятний (допустимий) ризик – це компроміс між рівнем безпеки та можливостями для її досягнення. Він дозволяє розподілити витрати на досягнення заданого рівня безпеки між природною, техногенною та соціальною сферами, оскільки порушення балансу на користь однієї з них може спричинити різке збільшення ризику і його рівень вийде за межі прийнятних значень. Зокрема, зменшення витрат на охорону навколишнього природного середовища призведе до забруднення атмосфери, води, ґрунтів, що неминуче вплине на ріст захворювань, погіршення умов проживання та якості харчів.

На сьогодні прийнятним ризиком вважають рівень індивідуального ризику смерті (ймовірність смерті людини), див. матеріали та методи, який можна вважати допустимим з економічної, соціальної та екологічної позиції [17].

Деякі з ризиків можна передбачити і врахувати за планування виробництва (наприклад, погодні умови, застосування техніки і обладнання тощо), а інші навіть контролювати (зокрема, складові технологій). Коли ризик можна завчасно передбачити, він підлягає

контролю і управління, тобто йдеться про засоби прогнозування ризиків та їх регулювання. У випадку природних та техногенних катастроф необхідно забезпечити негайну реакцію на загрозу, завчасно відпрацювавши відповідні підходи, які спрямовані на зменшення можливих втрат [7].

Ризик  $R$  як кількісна міра можливої небезпеки пов'язаної зі збитком (шкодою) визначають як добуток вірогідності несприятливого наслідку події (процесу)  $P$  і очікуваного збитку (шкоди)  $Z$  внаслідок події (процесу) [3]:

$$R = P \cdot Z.$$

Вірогідність прояву ризику реалізується за певних обставин під час здійснення сукупності деяких подій  $S_1, S_2, \dots, S_n$ . У цьому випадку така вірогідність може бути виражена за допомогою формули повної вірогідності:

$$P = \sum_{i=1}^n P(Z/S_i)P(S_i),$$

де  $P(Z/S_i)$  – вірогідність загрози збитку (шкоди)  $Z$ , яка проявляється за умов здійснення події  $S_i$ ;  
 $P(S_i)$  – вірогідність здійснення події  $S_i$ ;  
 $i$  – номер конкретної події  $S_i$ ,  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ .

Для запобігання можливим екологічним ризикам, керування ризиками та зниження ризиків від застосування токсичних речовин Міжнародні організації, а саме: Програма ООН з навколишнього природного середовища (ЮНЕП),

Організація з економічної співпраці і розвитку (ОЕСР) і Європейський Союз (ЄС) здійснюють програми для раціонального використання токсичних речовин, зокрема пестицидів. Питання екологічних ризиків розглядають у Директивах Комісії ЄС та технічних регламентах, а керуванню ризиками присвячено низку міжнародних стандартів ISO [18]. Основні ознаки екологічних ризиків наведено в таблиці 3.

Оцінка екологічного ризику – це складний процес, що стосується виявлення ймовірності виникнення оборотних або необоротних змін в структурі та функціях екосистем у відповідь на антропогенний або природний вплив.

Зокрема, для з'ясування ступеня забруднення екосистем проводять екологічний моніторинг – спостереження та контроль стану довкілля, визначення складу та кількісного вмісту забрудників довкілля (повітря, ґрунту, води, біоти, харчових продуктів), шляхів їхньої міграції [19]. Отримані дані дозволяють оцінити вплив екотоксикантів на біоту, зокрема здоров'я людини, та природу загалом, а також бути основою за розробки заходів попередження або мінімізації потрапляння екотоксикантів у довкілля.

Розглянемо оцінку можливих екологічних ризиків для агроекосистеми. Це штучно створена просторово обмежена екосистема з метою отримання рослинної продукції харчування людей і кормів для сільськогосподарських тварин, що постійно підтримується людиною (поле, пасовище, город, сад тощо) [2].

Таблиця 3 – Основні ознаки екологічних ризиків, що пов'язані із загрозою здоров'ю людей та навколишньому природному середовищу (згідно з [1, 3])

Категорія	Для людей	Для навколишнього природного середовища
Характеристика впливу чинника ризику	Неперервний Разовий (за аварії)	Неперервний Разовий (за аварії)
Групи ризику (контингент)	Населення певної місцевості Персонал підприємства	Біота
Тривалість дії	Короткочасна Середньої дії Тривала	Короткочасна Середньої дії Тривала
Наслідки	За ступенем важкості: – фатальні (ризик смерті); – не фатальні (ризик травм, хвороб та ін.);  За тривалістю дії: – негайні; – віддалені.	За розподіленням: – локальні; – регіональні; – глобальні.  За тривалістю дії: – короткочасні; – середньої тривалості; – тривалі.

Прояви екологічних ризиків у довкіллі (екосистемах) безпосередньо пов'язані з екологічною надійністю (англ. *ecological reliability*) систем, а саме: здатністю безвідмовно виконувати свої функції, самовідновлюватися і саморегулюватися (у межах неминучих природних флуктуацій) в певних для системи добових, сезонних, річних та вікових коливаннях протягом її існування чи потенційної можливості існування за природних та антропогенних впливів. Зокрема надійність екосистем визначається їх ємністю (англ. *capacity*) – здатністю сприймати різні природні та антропогенні впливи (зокрема екотоксикантів) у певній кількості без зміни своїх основних властивостей за невизначено тривалий час; показник максимальної динамічної кількості екотоксикантів, яка може бути накопичена за одиницю часу, трансформована, знищена і виведена за межі небезпечного об'єму екосистеми [3, 6]. Для агроєкосистеми, яка має високу врожайність одного (декількох) видів або сортів культурних рослин, характерна низька надійність і нездатність до тривалого існування без підтримки людиною [19].

Екологічні ризики в агроєкосистемі виникають внаслідок застосування пестицидів для захисту сільськогосподарських культур від бур'янів, шкідників і хвороб, надмірного використання агрохімікатів, що містять у своєму складі токсичні речовини, а також пов'язані із системою обробітку ґрунту [20].

Негативний вплив пестициди справляють, насамперед, на агробіоценози та їх основні компоненти: ґрунти сільськогосподарських угідь, рослини, наземну та ґрунтову біоту. На інтенсивність шкідливого впливу пестицидів впливають фізико-хімічна форма токсикантів (наприклад, аерозолі чи пара), їх стійкість у довкіллі, погодно-кліматичні умови (вітер, температура, атмосферні опади) тощо. Основна небезпека пестицидів, значна кількість яких є стійкими і лабільними, обумовлена їх потраплянням у біологічний колообіг, у процесі чого вони надходять до організму тварин і людини. Станом на 2021–2022 рр. у Державному реєстрі пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні є понад 1200 найменувань препаратів, що дозволені для вирощування сільськогосподарських культур, і які можуть спричиняти екологічний ризик [21].

Пестициди впливають не лише на агроєкосистему. Крім цільового призначення, вони чинять негативний вплив на довкілля та більш глобально на біосферу, призводячи до скорочення біорізноманіття. Крім того, пестициди негативно впливають на здоров'я людини, як у результаті прямої дії, так і опосередковано

внаслідок накопичення залишкових кількостей у сільськогосподарських культурах (з подальшим потраплянням до продуктів харчування і кормів) і питній воді. Тому проблема поширення пестицидів чи інших екотоксикантів на значних територіях спричинює різні види ризиків.

За розгляду процесів в екосистемах, зокрема агроєкосистемах, які забруднені екотоксикантами, для оцінки потенційного ризику екосистеми *RI* можна застосувати формулу згідно з [1]:

$$RI = \sum_{ij} P(A) \cdot P_{ij} \cdot P(L)_j,$$

де  $P(A)$  – вірогідність територіального забруднення за проявом забруднення  $i$ ;

$P_{ij}$  – вірогідність реалізації механізму впливу за проявом забруднення  $i$ ;

$P(L)_j$  – вірогідність негативного наслідку за реалізації механізму впливу  $i$ .

Оскільки агроєкосистеми є джерелом харчової продукції, у разі їх забруднення токсичними речовинами забруднюється і ця продукція. В кінцевому результаті трофічними ланцюгами речовини потрапляють до організму людини. У разі споживання такої забрудненої харчової продукції в організмі людини накопичується токсикант, кількість якого ( $\Pi$ , мг/кг·термін потрапляння) можна розрахувати у наступний спосіб:

$$\Pi = (c \cdot m) / M \cdot T,$$

де  $c$  – маса токсичної речовини в продукті харчування, який аналізується (мг);

$m$  – маса харчового продукту, який споживається за час потрапляння цього продукту до організму (кг);

$M$  – маса тіла людини (для дорослої людини приймається 70 кг);

$T$  – термін потрапляння токсичної речовини до організму (наприклад, доба).

Оцінка екологічних ризиків для агроєкосистеми дає можливість за надходження екотоксиканта визначити вірогідність появи наслідків для екосистеми, що необхідно для прийняття завчасних заходів щодо запобігання їх шкідливої дії. Водночас процес управління ризиками передбачає вибір і використання методів для зменшення ризику, зокрема, застосування заходів регулювання впливу екотоксикантів через обмеження, заборону найбільш токсичних та запобігання забруднення.

**Висновки.** Екологічний ризик кваліфікують як оцінку ймовірності появи негативних змін у навколишньому природному середовищі, зумовлених різними чинниками природного і антропогенного (техногенного) походжен-

ня. Аналіз даних наукової літератури свідчить, що все більшого поширення набуває підхід до визначення ризику як вірогідність певних несприятливих подій чи процесів у довкіллі з урахуванням можливих наслідків. Вивчення екологічного ризику є необхідним для розуміння впливу небезпечних чинників на компоненти навколишнього природного середовища.

Одна із причин екологічного ризику обумовлена надходженням екотоксикантів до екосистеми. Запропоновано математичний підхід для оцінки потенційного ризику екосистеми у разі забруднення екотоксикантами, зокрема для агроекосистеми враховують також забруднення продовольчої продукції.

Оцінка екологічних ризиків в агроекосистемі за надходження екотоксикантів дає можливість визначити вірогідність появи негативних наслідків для завчасного прийняття заходів щодо припинення їх дії. Для створення екологічної безпеки в аграрному секторі керування ризиками має бути спрямовано на збереження оптимального стану агроекосистеми та захисту здоров'я людини.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кутлахмедов Ю.А., Матвеева І.В., Гроза В.А. Надійність біологічних систем. Київ: Фітосоціоцентр, 2018. 352 с.
2. Агроекотоксикологія: тлумачний словник-довідник найбільш вживаних агроекотоксикологічних термінів / за ред. В. О. Ушкалова. Київ: ФОП Ямчинський О.В., 2021. 494 с.
3. Екологічні ризики: природа та критерії / В.М. Войціцький та ін. Екологічні науки. 2020. №4(31). С. 131–135. DOI: 10.32846/2306-9716/2020.eso.4-31.21
4. Ризик екологічний: словник-довідник з екології / уклад. О.Г. Лановенко, О.О. Осташина. Херсон: ПП Вишимирський В.С., 2013. 226 с.
5. Лисиченко Г.В., Забулов Ю.А., Хміль Г.А. Природний, техногенний та екологічний ризик. Київ: Наукова думка, 2008. 542 с.
6. Гайченко В.А., Чайка В.М. Екологія: короткий тлумачний словник. Київ: ЦП «Компринт», 2017. 238 с.
7. Назарук М.М., Бота О.В. Дослідження екологічних ризиків як ключовий елемент оцінки впливу на довкілля. Людина та довкілля. Проблеми неоекології. 2020. Вип. 34. С. 100–107. DOI: 10.26565/1992-4224-2020-34-10
8. Бойко Т.В., Абрамова А.О. Оцінювання екологічних ризиків від впливів на навколишнє середовище техногенних об'єктів. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2015. № 4. С. 31–35. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vvpi\\_2015\\_4\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vvpi_2015_4_7)
9. Желобецька Т.Ф., Федорін О.М., Стукальський О.О. Ризик як оцінка небезпеки внаслідок надзвичайних ситуацій. Безпека життєдіяльності. 2012. № 12. С. 35–38. URL: [http://catalog.library.tnpu.edu.ua:8080/library/DocDescription?doc\\_id=514739](http://catalog.library.tnpu.edu.ua:8080/library/DocDescription?doc_id=514739)
10. Іванюта С.П., Качинський А.Б. Екологічна та природно-техногенна безпека України: регіональний вимір загроз і ризиків: моногр. Київ: НІСД, 2012. 308 с.
11. Монарх В.В. Поняття і підходи до оцінки екологічних ризиків. Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». 2017. № 7. С. 50–54. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/mnj\\_2017\\_7\\_10](http://nbuv.gov.ua/UJRN/mnj_2017_7_10)
12. Жирнов В.В., Савченко Д.А. Біоконверсія відходів: підручник. Київ: РПП Експрес-Друк. Частина І. 2017. 302 с.
13. Константинов В.Ю. Стокгольмська конвенція щодо стійких органічних забруднювачів. Українська дипломатична енциклопедія / заг. ред. Л.В. Губерський. Київ: Знання України, 2004. В 2-х томах. Т. 2. 812 с.
14. Гадецька З.М., Кузьмич Н.В. Оцінка екологічного ризику на території України. Ефективна економіка. 2015. №2. С. 132–138.
15. Козуля Т.В., Ємельянова Д.І. Екологічний ризик на різних дослідженнях природно-техногенних систем, інформаційне забезпечення його оцінки. Проблеми інформаційних технологій. 2015. № 17. С. 138–144. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pit\\_2015\\_1\\_24](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pit_2015_1_24)
16. Токсичні речовини в харчових продуктах та методи їх визначення / А.А. Дубініна та ін. Київ: Професіонал, 2007. 384 с.
17. Горбулін В.П., Качинський А.Б. Засади національної безпеки України: підручник. Київ: Інтертехнологія, 2009. 272 с.
18. ДСТУ ІЕС/ISO 31010:2013. Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику. [Чинний від 2013–12–11]. Вид. офіц. Київ: Мінекономрозвитку України, 2015. 80 с.
19. Моніторинг екосистем: цілі та необхідність, роль біоіндикації / В.М. Войціцький та ін. Біоресурси і природокористування. 2019. 11(3–4). С. 39–46. DOI: 10.31548/bio2019.03.005
20. Палапа Н.В., Гончар С.М. Екологічні ризики, пов'язані із сільськогосподарською діяльністю людини. Агроекотоксикологічний журнал. 2022. № 1. С. 68–80. DOI: 10.33730/2077-4893.1.2022.255189
21. Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. URL: <https://mepr.gov.ua/content>

#### REFERENCES

1. Kutlakhmedov, Ju.O., Matveeva, I.V., Groza, V.A. (2018). Nadezhnost' biologicheskikh sistem [Reliability of biological systems]. Kyiv, Phytosociocenter, 352 p.
2. Ushkalov, V.O. (2021). Ahroekotoksykologhiya: tлумachnyy slovnyk-dovidnyk naybil'sh vzhivanykh ahroekolohichnykh terminiv [Agroecotoxicology: explanatory dictionary-handbook of the most used agroecological terms]. Kyiv, FOP Yamchinsky O.V., no. 4(31), pp. 131–135.
3. Voitsitskiy, V.M., Khyzhnyak, S.V., Danchuk, V.V., Midyk, S.V., Hryshchuk, I.O., Ushkalov, V.O. (2020). Ekolohichni ryzyky: pryroda ta kryteriyi [Ecological risks: nature and criteria]. Ekolohichni nauki



[Environmental sciences], no. 4(31), pp. 131–135. DOI 10.32846/2306-9716/2020.eco.4-31.21

4. Lanovenko, O.H., Ostashina, O.O. (2013). *Ryzhik ekolohichnyy: slovnyk-dovidnyk z ekolohiyi* [Environmental risk: dictionary-handbook on ecology]. Kherson, PP Vyshymyrskyi V.S., 226 p.

5. Lysychenko, G.V., Zabulov, Yu.A., Khmil, G.A. (2008). *Pryrodnyy, tekhnohennyy ta ekolohichnyy ryzhik* [Natural, man-made and environmental risk]. Kyiv, Scientific opinion, 542 p.

6. Haychenko, V.A., Chaika, V.M. (2017). *Ekolohiya: korotkyy tлумachnyy slovnyk* [Ecology: a short explanatory dictionary]. Kyiv, CPU "Comprint", 238 p.

7. Nazaruk, M.M., Bota, O.V. (2020). *Doslidzhennya ekolohichnykh ryzhikiv yak klyuchovyy element otsinky vplyvu na dovkillya* [Environmental risk researches as a key element of the environmental impact assessment]. *Lyudyna ta dovkillya. Problemy neoekolohiyi* [Man and Environment. Issues of Neoecology]. Issue 34, pp. 100–107. DOI: 10.26565/1992-4224-2020-34-10

8. Boyko, T.V., Abramova, A.O. (2015). *Otsynuyvannya ekolohichnykh ryzhikiv vid vplyviv na navkolishnyye seredovyshe tekhnohennykh obyektiv* [Assessment of environmental risks from environmental impacts of man-made objects]. *Visnyk Vinnyts'koho politekhnichnoho instytutu* [Bulletin of Vinnytsia Polytechnic Institute]. no. 4, pp. 31–35. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vvpi\\_2015\\_4\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vvpi_2015_4_7)

9. Zhelobetska, T.F., Fedorin, O.M., Stukalskiy, O.O. (2012). *Ryzhik yak otsinka nebezpeky vnaslidok nadzvychnaynykh sytuatsiy* [Risk as an assessment of danger due to emergency situations]. *Bezpeka zhyttyediyal'nosti* [Life Safety], no. 12, pp. 35–38. Available at: [http://catalog.library.tnpu.edu.ua:8080/library/DocDescription?doc\\_id=514739](http://catalog.library.tnpu.edu.ua:8080/library/DocDescription?doc_id=514739)

10. Ivanyuta, S.P., Kachynsky, A.B. (2012). *Ekolohichna ta pryrodno-tekhnohenna bezpeka Ukrainy: rehionalnyi vymir zahroz i ryzhikiv* [Ecological and natural-technogenic security of Ukraine: regional dimension of threats and risks]. Kyiv, NISD, 308 p.

11. Monarch, V.V. (2017). *Ponjattja i pidkhody do ocinky ekolohichnykh ryzhikiv* [Concepts and approaches to environmental risk assessment]. *International scientific journal "Internauka"*, no. 7, pp. 50–54. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/mnj\\_2017\\_7\\_10](http://nbuv.gov.ua/UJRN/mnj_2017_7_10)

12. Zhirnov, V.V., Savchenko, D.A. (2017). *Biokonversiya vidkhodiv: pidruchnyk*. [Bioconversion of waste]. Kyiv, DDP Ekspo-Druk, Part I, 302 p.

13. Konstantinov, V.Yu. (2004). *Stok-hol'ms'ka konventsia shchodo stiykykh orhanichnykh zabrudnyuvachiv* [Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants]. *Ukrayins'ka dyplomatychna entsyklopediya* [Ukrainian Diplomatic Encyclopedia]. Kyiv, Knowledge of Ukraine, Vol. 2, 812 p.

14. Hadetska, Z.M., Kuzmych, N.V. (2015). *Otsinka ekolohichnoho ryzhiku na terytoriyi Ukrainy* [Environmental risk assessment on the territory of Ukraine]. *Efektivna ekonomika* [Efficient economy]. no. 2, pp. 132–138.

15. Kozulia, T.V., Yemelyanova, D.I. (2015). *Ekolohichnyy ryzhik na riznykh doslidzhennykh pryrodno-tekhnohennykh system, informatsiynye zabezpechennya yoho otsinky* [Environmental risk at the different levels of research of natural and man-made systems, information support of its assessment]. *Problemy informatsiynykh tekhnolohiy* [Problems of information technologies]. no. 17, pp. 138–144. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pit\\_2015\\_1\\_24](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pit_2015_1_24)

16. Dubinina, A.A., Malyuk, L.P., Selyutina, G.A. (2007). *Toksychni rechovyny v kharchovykh produktakh ta metody yikh vyznachennya: pidruchnyk* [Toxic substances in food products and methods of their determination]. Kyiv, Professional, 384 p.

17. Horbulin, V.P., Kachynskiy, A.B. (2009). *Zasady natsional'noyi bezpeky Ukrainy: pidruchnyk* [Principles of national security of Ukraine]. Kyiv, Intertechnology, 272 p.

18. Keruvannya rizikom. *Metodi zagalnoho otsynuyvannya riziku. Vidannya ofltsiynne* [Risk management. Methods of general risk assessment. The official edition]. DSTU IEC/ISO 31010:2013 from 11th January 2013. Kyiv, 80 p.

19. Voitsitskiy, V.M., Midyk, S.V., Poltavchenko, T.V., Berezovskiy, O.V., Kepple, O.Yu., Velynska, A.O. (2019). *Monitorynh ekosystem: tsili ta neobkhdnist', rol' bioindykatsiyi* [Ecosystem monitoring: goals and necessity, role of bioindication]. *Bioresursy i pryrodokorystuvannya* [Biological Resources and Nature Management]. no. 11(3–4), pp. 39–46. DOI: 10.31548/bio2019.03.005

20. Palapa, N.V., Gonchar, S.M. (2022). *Ekolohichni ryzhyky, pov'yazani iz sil'skohospodars'koyu diyal'nistyu lyudyny* [Environmental risks associated with human agricultural activity]. *Ahroekolohichnyy zhurnal* [Agroecological journal]. no. 1, pp. 68–80. DOI: 10.33730/2077-4893.1.2022.255189

21. *Derzhavnyy reyestr pestytsydiv i ahrokhimikativ, dozvolenykh do vykorystannya v Ukraini* [State Register of Pesticides and Agrochemicals Permitted for Use in Ukraine]. Available at: <https://mepr.gov.ua/content>

### Characteristics of ecological risks in ecosystems and their manifestation possibility assessment

Khyzhnyak S., Koversun I., Dovbysh O., Voytsitskiy V.

Environment pollution with ecotoxicants of natural and anthropogenic origin creates risks of negative impact on the state of the environment, the biota of ecosystems, including humans. The study defines the main sources of ecotoxic pollutants and analyzes the risks that may arise. Based on the ambiguity of the "risk" term definition, the interpretation of the term is discussed. The approach to defining risk as the probability of certain adverse events or processes taking into account possible consequences is noted. The relationship between environmental risks and the reliability of ecosystems is indicated. Environmental risk assessment is a complex process that involves identifying the likelihood of reversible or irreversible changes in the structure and functions of ecosystems in response



to anthropogenic or natural impacts. The quantitative measure of risk as a threat of danger is the product of the probability of an adverse outcome of the event and the expected loss as a result of the event. Considerable attention is paid to the assessment of possible ecological risks for agroecosystems, which are associated with environmental degradation, the impact on human health, and the possible ingress of toxic substances into food products and pet fodder. Ecological risks in agroecosystems arise, in particular, as a result of the use of plant protection products (pesticides), excessive use of agrochemicals. However, the process

of risk management in agroecosystems involves the selection and use of risk reduction methods, in particular, the use of measures to regulate the impact of ecotoxicants by limiting, banning the most toxic and preventing pollution. The study of environmental risk is necessary to understand the impact of harmful factors on environmental components. It is emphasized that risk management in agriculture should be aimed at preserving the agroecosystem optimal state and protecting human health.

**Key words:** environmental risk, environment, ecotoxicants, rating, danger, agroecosystem, pesticides.



Copyright: Хижняк С.В. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Хижняк С.В.

<https://orcid.org/0000-0001-6745-2894>

Коверсун І.В.

<https://orcid.org/0000-0002-5484-4204>

Довбиш О.Б.

<https://orcid.org/0000-0002-2430-3490>

Войціцький В.М.


<https://orcid.org/0000-0002-5641-0071>

УДК 633/634/635+581.6

## Формування та використання зразків генетичного фонду біоенергетичних культур в селекції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України

Орлов С.Д. , Корнєєва М.О. , Кулік О.Г. , Бровко С.М. 

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України

 E-mail: orlov.stanislav48@gmail.com, mira31@ukr.net, ag.kulick@gmail.com, brovkosergij@gmail.com



Орлов С.Д., Корнєєва М.О., Кулік О.Г., Бровко С.М. Формування та використання зразків генетичного фонду біоенергетичних культур в селекції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України. «Агробіологія», 2023. № 1. С. 70–82.

Orlov S., Kornieieva M., Kulyk O., Brovko S. Institute of bioenergy crops and sugar beet NAAS: bioenergy crops gene bank formation and use in breeding. «Agrobiology», 2023. no. 1, pp. 70–82.

Рукопис отримано: 29.03.2023 р.

Прийнято: 13.04.2023 р.

Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-179-1-70-82

Впродовж тривалого часу учені вивчають, збагачують генбанк новими джерелами цінних господарських і біологічних ознак та використовують їх у селекційному, науковому процесі. Серед видів, з якими проводять дослідження, це такі культури: цукрові, кормові, столові буряки, дикі види буряків, міскантус, просо прутоподібне, енергетична верба, тополя, які використовують для виробництва цукру і біопалива. Метою передбачається дослідити морфобіологічні, господарські ознаки зразків буряків, біоенергетичних рослин та виділити селекційно цінні з підвищеним виходом енергії та високою продуктивністю, поповнити і зберегти колекції генетичних ресурсів рослин для забезпечення селекційних, наукових програм. У зразках-популяцій сортів буряків проводяться пошуки генотипів із закріпленою здатністю стерильності, роздільноплідності та інших цінних ознак, які використовують за створення біоенергетичних ЦЧС гібридів. Створено базові колекції буряків (цукрових, кормових, диких видів), біоенергетичних рослин (проса прутоподібного, міскантуса, верби, тополі). Виділено зразки: проса прутоподібного Я/Кей з підвищеним рівнем виходу твердого біопалива до 2,4 т/га порівняно із стандартом *Carthage*; верби 'Tordis' з високою урожайністю біомаси 30,62 т/га, і теплотворною здатністю до 18,4 МДж/кг; зразок міскантуса *M. sinensis* «Grosse Fontane» за виходом твердого біопалива 176 % та енергії 299,1 ГДж/га; буряків цукрових з підвищеними показниками господарсько цінних ознак ІСВ – СЦ200190 (урожайність коренеплодів 109,2 %, цукристість 101,2 %, збір цукру 110,5 %, вихід цукру на заводі 117,8 %), ІСВ – СЦ200181 (урожайність коренеплодів 110,1 %, цукристість 102,0 %, збір цукру 112,3 %, вихід цукру на заводі 118,0 %). Науковці інституту проводять дослідження зі створення нових джерел та донорів біосировини, інтродукцією нових видів, удосконаленням сортового складу й способів розмноження, підвищенням ефективності виробництва біосировини з високою теплотворною здатністю з метою зменшення енергетичної залежності держави та покращення екологічного стану довкілля.

**Ключові слова:** генбанк, колекції, зразки, культури, гібриди, сорти, лінії.

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України має славу вікову історію наукової діяльності зі створення сортів і гібридів сільськогосподарських культур. Ко-

лекції генофонду біоенергетичних рослин є цінною базою зразків рослин для використання як вихідний матеріал у селекції.

Під час процесу селекційного процесу створюють нові лінії, сорти, які використовують у наукових та навчальних програмах,

що сприяє прогресу науки і сільського господарства. Створення колекцій (базової, серцевинної та ін.) генофонду культурних рослин та їх диких співродичів проводять для накопичення джерел і донорів цінних ознак, надійного їх збереження та забезпечення селекційних програм. Реалізація селекційних програм неможлива без надійних джерел вихідного матеріалу, який зберігається в банку генетичних ресурсів рослин. Пошук нових джерел і донорів та збереження генетичного різноманіття рослин має важливе значення для країни і людства загалом. Використання у селекційних програмах зразків колекції біоенергетичних культур є цінним джерелом для створення нових вихідних матеріалів [1].

Упродовж тривалого випробування різних форм буряків Франц Карл Ахард у Німеччині дійшов висновку, що для отримання білого цукру сілезький буряк як продукт природної гібридизації листових буряків мангольдів з їх коренеплідними формами, підходить якнайкраще [2].

Вітчизняне буряківництво тривалий час перебувало в повній залежності від французьких і німецьких фірм, які в період 1820–1850 рр. особливо інтенсивно забезпечували ринок буряковим насінням.

Значні фінансові витрати за купівлі насіння у західноєвропейських фірм, змусили власників сільськогосподарських підприємств розпочати селекційну дослідну роботу в галузі сортовиведення. Розвитку буряко-цукрової промисловості в Україні сприяли граф О.О. Бобринський, брати Терещенки, які розпочали організувати цукрові заводи в своїх маєтках. Результатом селекції того часу стала відмова від поставок сортового насіння буряків західноєвропейського виробництва.

Одне з перших насінницьких господарств, яке займалося сортовиведенням цукрових буряків, з'явилося в 60-х рр. XIX ст. в маєтку поміщика Валькгофа (Калинівка Подільської губернії), було введено перші вітчизняні сорти: Калинівські білі, Калинівські рожеві 2 і Калинівські 3, які порівняно із західноєвропейськими виявилися більш урожайними, але поступалися цукристістю. Вітчизняна практична селекція на початковому етапі провадили масовий добір за ознакою цукристості коренеплоду.

Наприкінці XIX–початку XX ст. на території Подільської губернії організовано понад два десятки насіннєвих господарств. Найбільшим обсягом дослідних селекційних робіт вирізнялися насіннєве господарство К.С. Бущинського та М.М. Лонжинського, яке за-

ймалося селекцією буряків та інших культур (озимої та ярої пшениці, жита), було введено сорти пшениці озимої Тріумф Подолії, Банатка Подольська, овес Немерчанський Ранній, Немерчанський новий (Ювілейний), озиме жито Ексельсіор, пшениця Немерчанська ярова, Немерчанська ярова чорна та Схрещена 1, Петкус [3].

Значні успіхи в науково-дослідній роботі мала Уладівська селекційна станція, заснована в 1888 році на території рафінадно-цукрового заводу. Агроном-ботанік Ф.К. Куделька вивчав сорти буряків цукрових як місцевого, так і закордонного походження, які відзначались високою схожістю, енергією проростання та урожаєм цукру з десятини. У 1898 році селекціонер доктор Л.Л. Семполовський розпочав створення місцевих сортів, пристосованих до місцевих кліматичних та ґрунтових умов. У результаті Уладівська станція мала філії у зонах, які значно відрізнялись за кліматичними та ґрунтовими умовами, що підвищило конкурентоспроможність насіння буряків цукрових на європейському ринку [3].

Значну увагу приділяли підбору елітного матеріалу буряків цукрових в результаті доборів екземплярів правильної форми, з більшою питомою вагою, вищим вмістом цукру, а також накопичуванню генофонду озимого ячменю, сочевиці і гороху.

За пропозицією А.Є. Зайкевича 1882 року організовано мережу дослідних станцій і полів, на яких були виведені перші сорти цукрових буряків вітчизняної селекції, які перевищували кращі закордонні зразки. Завдяки плідній діяльності А.Є. Зайкевича в організації дослідних полів і поліпшенні роботи селекційних закладів наприкінці XIX – на початку XX ст. в Україні були створені вітчизняні дослідно-селекційні станції: Уладово-Люлинецька (1888 р.), Немерчанська (1893 р.), Іванівська (1897 р.), Ялтушківська (1898 р.) Верхняцька (1899 р.), а згодом Білоцерківська (1922 р.), Веселоподільська (1925 р.) та Уманський пункт (1939 р.). На зміну методам масового добору, розпочали застосовувати індивідуальний добір з перевіркою успадкування ознак у потомстві з відібраних рослин. Цей прогресивний метод у селекції підвищив врожайність і цукристість у буряків, що склало конкуренцію зарубіжним сортам.

У 1922 році рішенням другого з'їзду селекціонерів, що проводили з ініціативи Сортоводно-насінницького управління (СНУ), у Києві був організований Науковий інститут селекції (НІС) з його мережею селекційно-дослідних станцій. Він, об'єднавши 12 селекційних закладів, став

центром передової наукової думки, новаторських теоретичних і практичних розробок [4, 5].

У Науковому інституті селекції (1922 р.) лабораторію селекції очолював проф. В.В. Колкунов, морфології і систематики – проф. Г.А. Левітський, анатомії і фізіології – професори Є.П. Вотчал та О.О. Табенцький, працювали знані вчені Б.Н. Лебединський, А.С. Архимович, О.Ф. Гельмер, В.Ф. Савицький, О.І. Харечко-Савицька, А.С. Оканенко, І.Ф. Бузанов, Н.Е. Зайківська, М.І. Орловський, В.П. Зосимович та багато інших вчених, з якими співпрацював М.І. Вавилов [6, 7].

Теоретичні основи селекційної справи мали практичне втілення на селекційних станціях системи сортовідно-насінного управління. Зокрема, Л.Л. Семполовський на Уладівській, О.Ф. Гельмер на Іванівській (яку організував А.Є. Зайкевич), В.В. Міхалевич і Т.Ф. Гринько на Верхняцькій, Войткевич і В.П. Сукачов на Веселоподільській, разом з колективами та науковцями інституту почали виводити перші сорти, а також оцінювати вихідні матеріали за врожайністю, цукристістю, стійкістю до хвороб, морфологічними й якісними ознаками.

У період становлення Наукового інституту селекції, Українського науково-дослідного інституту відбувся розквіт генетики, пов'язаний з іменем М.І. Вавилова, яким встановлено закон гомологічних рядів спадкової мінливості, центри походження культурних рослин, теорія імунітету. Вченими були сприйняті теоретичні розробки М.І. Вавилова та використано у селекції рослин [8].

У 1940 році М.І. Вавилов ознайомився із науковою роботою Всесоюзного науково-дослідного інституту цукрової промисловості, оглянув поля, спілкувався із науковцями та відмітив значні дослідження О.Ф. Гельмера, В.В. Міхалевича, А.З. Архимовича, Т.Ф. Гринька, Н.Е. Мокана, Г.С. Попова, О.В. Зайковської, В.П. Зосимовича, які були спрямовані на вивчення каріотипу буряків, процесів запилення, міжвидової гібридизації, ембріонального розвитку, формування насіння і отримання селекційних матеріалів з оригінальними ознаками.

Селекціонери О.Ф. Гельмер, Б.М. Лебединський, М.Г. Бордонос, О.І. Харечко-Савицька і В.Ф. Савицький, В.П. Зосимович та інші займалися глибокими дослідженнями з еволюції, систематики, міжвидової гібридизації і поліплоїдії цукрових буряків. Створювали самофертильні форми (Гринько Т.Ф.), інцухт-лінії, які використовували за схрещування та отримували міжлінійні гібриди на фертильній основі, стерильні "раси", з яких створювали експериментальні гібриди (Гельмер О.Ф.) [9–10].

Об'єктом селекції впродовж тривалого часу була багатонасінна форма буряків, тому у виробництво впроваджували багатонасінні сорти-популяції. Методами масового й індивідуально-родинного доборів вдалося підвищити їх продуктивність та технологічну якість, а через гібридизацію з матеріалами іншого походження – передати гени стійкості до хвороб, шкідників і толерантності до впливу негативних абіотичних чинників. Зокрема, було сформовано генофонд вітчизняних багатонасінних сортів-популяцій, до створення якого причетні талановиті селекціонери: Л.Л. Семполовський, І.І. Войткевич, М.Д. Булін, Б.А. Паншин, О.К. Коломієць, Г.С. Мокан, С.Т. Бережко, Л.М. Чемерис, Г.М. Макогон, О.В. Попов, Л.І. Федорович, В.Г. Перетятко, М.С. Грицик та ін. Тривалий час у виробництві використовували сорти Уладівський 1030 (був у виробництві з 1936 до 1958 рр.), Уладівський 1752 (із 1950 до 1967 рр.), Уладівський 1752 поліпшений (із 1962 до 1988 рр.), Іванівський 1305 (із 1934 до 1956 рр.), Іванівський 1745 (із 1946 до 1961 рр.), Іванівський 1745 поліпшений (із 1960 до 1978 рр.), Верхняцький 020 (із 1953 до 1978 рр.), Верхняцький 038 (із 1957 до 1987 рр.), Верхняцький 103 (із 1972 до 1989 рр.) та багато ін. [11, 12].

Закон гомологічних рядів спадкової мінливості М.І. Вавилова, з яким були обізнані вчені-селекціонери інституту, наштовхнув на пошук, а згодом й створення однонасінних цукрових буряків. Активно у цьому напрямі працювали співробітниця інституту М.Г. Бордонос і О.К. Коломієць, проводячи численні схрещування й добори, із селекції однонасінних форм було створено однонасінний сорт Білоцерківський однонасінний, а з 1958 року – районовано сорт Ялтушківський однонасінний.

Вагомого значення набули теоретичні та практичні розробки вчених щодо створення сортів зі стійкістю до церкоспорозу. Сорти Уладівський однонасінний 20, Уладівський однонасінний 35, Веселоподільський 29 та ін., що поєднували високу врожайність та високу цукристість, адаптовані до різних агроєкологічних зон, були придатними до вирощування за українською інтенсивною технологією, широко використовувалися у виробництві впродовж тривалого часу [13]. Нині у популяції цих сортів проводять пошуки генотипів із закріплювальною здатністю стерильності, які використовують за створення ЦЧС гібридів.

У повоєнні роки наукові роботи з використання явища поліплоїдії проводили на Білоцерківській, Верхняцькій дослідно-селекцій-

них станціях та на Уманському селекційному пункті. Гібридизацією одностатевих тетраплоїдних форм із кращими диплоїдними багатонасінними сортами (Р06, Першотравневий церкоспоростійкий, ВОЗІ та ін.) було сформовано триплоїдні гібриди на фертильній основі – анізоплоїдні популяції, БЦ полі 1, БЦ полі 2 Внісовський полі 5 та ін., що значно підвищували продуктивність.

Ці сорти використовували для створення нових вихідних матеріалів, ліній-донорів господарсько цінних ознак і компонентів комплексних запилювачів цитоплазматичних пилкостерильних форм для гібридів на основі ЦЧС [14].

У 1992 р. ВНІЦ реорганізовано в Інститут цукрових буряків (ІЦБ УААН). Для підвищення ефективності селекції в системі ІЦБ почали спеціалізацію селекційних закладів за напрямками роботи і концентрацію сумісних зусиль на формуванні комбінаційно цінних ліній – закріплювачів стерильності, простих ЧС гібридів і багатонасінних запилювачів. Селекційний процес продовжується й нині – у програмі Бетакрос, що охоплює селекційні установи України з буряків цукрових і передбачає участь зарубіжних установ у створенні спільних гібридів на ЦЧС основі під керівництвом М.В. Роїка і О.Г. Куліка. Програма Бетакрос – це система оцінювання селекційних зразків буряків цукрових інституту та його мережі за генетичною цінністю створених ліній-компонентів і формування на їх основі гібридів з оцінкою їх адаптивного потенціалу. Щорічно вивчають понад п'ятисот гібридних комбінацій, виявляють кращі з них, які передають до державного сортопробування. Успіху в селекційно-генетичних дослідженнях, гетерозисній селекції в системі ІБКІЦБ сприяли досвідчені селекціонери, зокрема М.В. Роїк, О.Г. Кулік, М.О. Корнеєва, В.Н. Булін, М.С. Грицик, О.К. Лободин, В.О. Рибак, Л.М. Чемерис, А.С. Лейбович, В.І. Власюк, Л.С. Андрєєва, П.І. Вакуленко, С.Д. Орлов, С.Г. Труш, О.В. Моргун, Г.С. Гончарук, Л.В. Фалатюк та ін. [15–18].

У 2011 році Інститут цукрових буряків реформовано в Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України (далі – ІБКІЦБ НААН України) – як головний Науковий центр у галузі біоенергетичних культур і буряківництва з фундаментальних і прикладних наукових досліджень. Нові розробки дають можливість вийти на новий рівень теоретичного обґрунтування способів одержання й переробки високоякісної біологічної сировини для виробництва рідкого і твердого палива та біогазу, забез-

печення розробки конкретних рекомендацій щодо практичного виробництва альтернативних видів палива.

**Мета дослідження.** З'ясувати значення генетичного фонду рослин та виділити селекційно цінні зразки з підвищеним виходом енергії та високою продуктивністю, поповнити їх ознакові колекції для забезпечення селекційних програм зі створення високопродуктивних сортів і гібридів новітнього покоління біоенергетичних культур.

**Матеріал і методи дослідження.** У селекційній роботі використовували багатонасінні диплоїдні, тетраплоїдні сорти, лінії буряків, цитоплазматчно-чоловічостерильні стерильні (ЦЧС) форми, роздільноплідні, багатоплідні форми буряків, різновиди міскантуса, проса прутуподібного, верби.

Дослідження проводили у лабораторних та польових умовах дослідно-селекційних станцій (Білоцерківській, Веселоподільській, Іванівській, Уладівській, Ялтушківській) Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, згідно з методичними вказівками: «Положення про реєстрацію зразків генофонду рослин у Національному центрі генетичних ресурсів рослин України» (2012 р.), «Положення про інформаційну систему «Генофонд рослин» (2012 р.), «Методики проведення досліджень у буряківництві» (2014) та методика оцінки і таксони ознак буряків, що застосовується у Державному сортопробуванні України [19, 20].

На сьогодні в Інституті використовують методи гетерозисної селекції для створення високоадаптованих вихідних матеріалів буряків, пшениці м'якої озимої, проса, гречки, гороху, вівса, озимого жита, стевії, кормових культур, міскантуса, світчграсу, енергетичної верби та інших культур, а також формування конкурентоспроможних, високопродуктивних, стійких до комплексу біотичних і абіотичних чинників гібридів та сортів цих культур, придатних для сучасних технологій виробництва. У селекційному процесі застосовують: методи інбридингу, внутрішньовидової гібридизації, міжвидової гібридизації, рекомбіногенезу, безперервних індивідуально-родинних доборів генетично цінних генотипів, поліпшуючої селекції полігенно контрольованих ознак, оцінки генетичної цінності селекційних зразків у системах контрольованих схрещувань, цитологічного та цитоембріологічного контролю розвитку репродуктивної сфери й формування насіння оригінальних селекційних зразків; методи біотехнології для створення, стабілізації та розмноження різних біоенергетичних рослин.



Грунтові умови дослідно-селекційних станцій характеризуються: ґрунти чорноземи типові, глибокі, малогумусні, крупнопилувато-середньосуглинкові, з вмістом гумусу від 2,85 до 3,67 %. Реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної, вміст азоту легкогідролізованого 120,2–127,7, рухомого фосфору (за Чириковим) 189–217 і рухомого калію 113–136 мг /1,0 кг ґрунту.

За роки дослідження (2021–2022 рр.) в умовах дослідно-селекційних станцій спостерігалось перевищення середньомісячних температур, порівняно до середньобагаторічного значення, що загалом за вегетаційний період більше на 2,7 °С і становило 17,8 °С. Оподи впродовж весняно-літнього періоду випадали нерівномірно і їх було менше на 30 мм порівняно з середнім багаторічним значенням. Загалом кліматичні умови вегетаційного періоду біоенергетичних культур і рослин буряків характеризувались недостатньою кількістю опадів, підвищеною температурою повітря (ГТК був у межах від 0,8 до 1,1) і пониженою відносно вологістю повітря, що вплинуло на ріст, розвиток, насінневу продуктивність рослин.

Агрокліматичні умови різних зон вирощування дозволяють достовірно оцінити сортозразки та компоненти схрещування, виявляти генотипи – середовищні взаємодії і раціонально розміщувати новостворені сорти і гібриди для максимального прояву біологічного потенціалу їх продуктивності.

**Результати дослідження та обговорення.** Вчені Інституту, зокрема Р.П. Коломієць, Ю.В. Баб'яж, О.А. Сливченко, С.Д. Орлов, М.В. Роїк, О.Г. Кулік, С.М. Бровко, В.О. Рибак, В.І. Власюк, Л.П. Левченко, Л.С. Андреева, А.С. Лейбович, Г.С. Гончарук, С.Г. Труш та ін. зосередили наукову роботу на розширенні генофонду біоенергетичних рослин і буряків. Ведеться комплексне вивчення біологічних, цінних господарських ознак роду *Beta* (ліній, потомств цукрових, кормових буряків, диких видів буряків). Створено колекції (базова, ознакова, робоча), які налічують 426 зразків буряків з 12 країн світу, 66 зразків біоенергетичних рослин, вивчено та описано нові селекційні матеріали, а лінії з господарсько цінними ознаками та стійкості до ризоманії втілено у гібриди буряків. Серед них – буряки цукрові – 276, буряки кормові – 71, буряки столові – 12, буряки, дикі форми – 67, верба енергетична – 23, міскантус – 18, просо прутіподібне – 20, тополя – 5 зразків.

Створено бази даних зразків генетичних ресурсів буряків та біоенергетичних культур, які зберігаються у Національному центрі

генетичних ресурсів рослин України, Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків та його дослідно-селекційних станціях, підтримуються у життєздатному стані.

Дослідженнями багатьох вчених з'ясовано, що урожайність біоенергетичних рослин, буряків – складна полігенна ознака, яка має складну структуру і функціональну організацію, залежить від абіотичних і біотичних чинників. Особливо важко поєднати в генотипі високі показники продуктивності, якості через обмеженість енергоресурсів рослини.

Кількісним ознакам, які обумовлюють структуру урожаю, властива значна фенотипова мінливість. Високим показником мінливості характеризуються кількість гілок, листя, вегетативна маса, маса коренеплоду, вміст сухої речовини та ін. Одним з напрямів підвищення продуктивності є селекція на збільшення загальної площі листків завдяки їх кількості, що приводить до збільшення тривалості вегетаційного періоду. Підвищення кількості гілок на рослині дає можливість створення форм з високою продуктивністю. У гібридних поколіннях у процесі репродукування взаємозв'язки між тривалістю вегетаційного періоду і морфологічними ознаками рослин нерідко порушуються і виокремлюються потомства з позитивним кореляційним зв'язком ( $r = 0,30-0,70$ ) між розмірами листка, товщиною стебла, висотою рослини.

Для виявлення та поліпшення морфобіологічних ознак у рослин проса прутіподібного враховані найбільш цінні морфологічні ознаки і біометричні показники – висота головного стебла, число надземних вузлів, кількість листків, вміст сирової і сухої біомаси, продуктивність.

В умовах недостатнього забезпечення вологою (2021–2022 рр.) у зразків проса прутіподібного отримано висоту рослин у більшості до 2,0 м, лише у зразка Я/Кей вона була вищою, що відповідно позначилось на кількості сирової маси. Оцінка зразків проса прутіподібного свідчить, що вони належать до середньопізньої групи за строками дозрівання як маси, так і насіння.

Аналіз продуктивності зразків проса прутіподібного свідчить про низький рівень урожаю сирової біомаси у межах від 3,0 т/га у зразка *Liberty* до 6,7 т/га у Я/Кей, відповідно і вихід твердого біопалива коливався у межах від 2,2 до 5,4 т/га, що забезпечило розрахунковий вихід енергії на рівні 41,8–96,0 ГДж/га (табл. 1, 2).

На основі вивчених біологічних та метричних ознак зразків проса прутіподібного проведено добір кращих (табл. 2).

Таблиця 1 – Прояв морфобіологічних ознак у проса прутноподібного (*Panicum virgatum*), 2021–2022 рр.

Вид зразка	Сорти, селекційний номер	Метричні показники/біологічні ознаки						Відсоток наявності листків на стебл, форма	Колір рослини на період обліку врожаю
		Висота рослини, см	Кількість стебел на 1 пог. м	Урожай сирової маси, т/га	Розмір, см, форма вологі	Кількість розгалужень вологі, шт.	Форма, колір та розмір насіння		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2021 р.									
Просо прутноподібне <i>Panicum virgatum</i> L.	Carthage (стандарт)	190	175	4,1	34 розгалужена	29	подовжене, сіре, 3 мм	27 % широкі	світло-коричневий
	ІБК 1138	180	168	3,6	32 компактна	23	подовжене, 3 мм	40 ланцетоподібні	жовтий
	Liberty	153	155	2,9	24 розгалужена	88	сіре, 4 мм	30 % широкі	світло-сірий
	Я/Кей	220	197	5,6	34	30	сіре, 4 мм	30 % широкі	світло-сірий
	Shelter	173	175	3,2	30 розгалужена	27	світлосіре, 3 мм	25 % широкі	світло-зелений
2022 р.									
Просо прутноподібне <i>Panicum virgatum</i> L.	Carthage (стандарт)	179	188	4,6	29 розгалужена	24	подовжене, сіре, 3 мм	25 % широкі	коричневий
	ІБК 1138	176	170	3,3	30 компактна	20	подовжене, 3 мм	35 ланцетоподібні	жовтий
	Liberty	144	157	3,0	23 розгалужена	47	сіре, 3,5 мм	27 % широкі	світло-сірий
	Я/Кей	218	199	6,7	35	33	сіре, 3,5 мм	33 % широкі	світло-сірий
	Shelter	159	178	3,7	30 розгалужена	30	світлосіре, 3 мм	25 % широкі	світло-зелений

Таблиця 2 – Продуктивність доборів проса прутноподібного (*Panicum virgatum*), 2021–2022 рр.

Селекційні зразки	Урожайність біомаси, т/га		Вихід твердого біопалива, т/га	Вихід енергії, ГДж/га
	сирої	сухої		
2021 р.				
Carthage (стандарт)	4,1	2,87	2,8	53,2
ІБК 1138	3,6	2,52	2,5	47,5
Liberty	2,9	2,03	2,0	38,0
Я/Кей	5,6	5,27	5,2	92,5
Shelter	3,2	2,24	2,2	41,8
НІР <sub>0,05</sub>	0,2	0,12	0,1	0,39
2022 р.				
Carthage (стандарт)	4,6	3,01	3,0	57,0
ІБК 1138	3,3	2,44	2,2	41,8
Liberty	3,0	2,73	2,7	51,3
Я/Кей	6,7	5,35	5,4	96,0
Shelter	3,7	2,61	2,6	49,4
НІР <sub>0,05</sub>	0,3	0,15	0,1	0,33

Із підвищеним рівнем виходу твердого біопалива до 2,4 т/га, порівняно із стандартом, отримано зразок проса прутіоподібного Я/Кей та вихідний селекційний матеріал з енергетичною цінністю.

У селекції високопродуктивних зразків більш суттєве значення має кількість гілок на рослині, ніж висота рослини, в зв'язку з тим, що вони більшою мірою пов'язані з ознакою кількості листя на рослині. Хоча коефіцієнт варіювання кількості гілок на рослині високий (35 %), коефіцієнт успадковування може бути до 0,38, у такому разі є можливість створювати форми з підвищеною кількістю гілок на рослині і підвищеним урожаєм сирової маси.

На рівень успадковування ознак продуктивності впливає фенотипова мінливість, яка залежить від родючості ґрунту, густоти стояння рослин та ін.

Урожай сухої біомаси зразків верби 'Tordis', 'Tora', 'Warm-maz', 'Gigantea', 'Збруч' відповід-

но становив 30,1; 28,3; 24,7; 28,8; 27,8 т/га. Спостерігається підвищення виходу твердого біопалива у сортозразка 'Tordis' від 5,4 до 1,3 т/га порівняно з 'Warm-maz' і 'Gigantea', очевидно вплинула її морфобіологічна особливість (табл. 3).

Розрахунковий вихід енергії у верби 'Tordis' становив 602,0 ГДж/га, що на 38,6 ГДж/га вище ніж у 2021 році завдяки збільшенню продуктивності.

Підвищений вихід енергії спостерігається також у зразків верби 'Gigantea', 'Збруч' відповідно 592,4–585,1 ГДж/га.

Дослідження продуктивності міскантусу проводили на зразках *Miscanthus giganteus* "Снігова королева", *Miscanthus sinensis* "Grosse Fontane", *Miscanthus sinensis* "2/3-10-5", *Miscanthus sacchariflorus* 3/8-4, *Miscanthus sacchariflorus* 3/8-2 (табл. 3).

Із підвищеним виходом твердого біопалива 19,9 т/га та енергії 338,2 ГДж/га виділено зразок *Miscanthus sinensis* "Grosse Fontane".

Таблиця 3 – Морфобіологічна оцінка зразків біоенергетичних рослин, середнє 2021–2022 рр.

Вид зразка	Морфобіологічні ознаки (продуктивність рослин)					
	висота рослин, см	кількість пагонів, шт.	урожай сирової маси, т/га	урожай сухої маси, т/га	вихід твердого палива, т/га	вихід енергії, ГДж/га
1	2	3	4	5	6	7
<b>Верба (<i>Salix</i>)</b>						
<i>Salix schwerinii</i> Tordis	4,8	58	37,0	30,1	31,6	582,7
<i>Salix schw</i> Tora	4,39	50	33,1	28,3	30,5	558,3
<i>Salix viminalis</i> Warm-maz	4,28	44	32,1	24,7	27,0	496,7
<i>Salix viminalis</i> Gigantea	4,51	55	36,6	28,8	30,9	569,4
<i>Salix vim.</i> Збруч	4,48	53	36,4	27,8	30,4	560,2
НІР <sub>0,05</sub>	0,2	0,2	0,3	0,01	0,2	
<b>Міскантус (<i>Miscanthus</i>)</b>						
<i>St. M. giganteus</i> Снігова королева	109	47,5	16,5	14,8	14,8	374,7
<i>Miscanthus sinensis</i> "GrosseFontane"	123	60,5	22,9	18,9	18,7	487,8
<i>Miscanthus sinensis</i> "2/3-10-5"	103	46,0	14,7	11,9	11,9	225,7
<i>Miscanthus sacchariflorus</i> 3/8-4	120	54,0	21,3	18,7	18,7	257,6
<i>Miscanthus sacchariflorus</i> 3/8-2	114	50,0	17,8	15,1	14,9	237,1
НІР <sub>0,05</sub>	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	

Інші зразки *Miscanthus sacchariflorus* 3/8-4, *Miscanthus sacchariflorus* 3/8-2 також мають значний вихід енергії відповідно 259,0–237,9 ГДж/га і можуть бути використані у подальшому селекційному процесі.

Досліджено лінії закріплювачів чоловічої стерильності за морфобіологічними ознаками на Білоцерківській дослідній станції – ОТ-1908, ОТ-1916; Іванівській – ОТ-1915, ОТ-1924; Уладово-Люлинецькій – ОТ-1931; Уманській – ОТ-1915; Ялтушківській – ОТ-1934. Проведено оцінку та добір ліній закріплювачів чоловічої стерильності з високою толерантністю до ураження хворобами (коренейдом, борошнистою россою, вірусною жовтяницею, церкоспорозом) на рівні 7–9 балів, роздільноплідністю 93–97 %, урожайністю коренеплодів від 31,5 до 37,0 т/га та цукристістю на рівні 17,3–17,8 % (табл. 4).

За схрещування стерильних цитоплазматичних чоловічо-стерильних ліній із запилювачами закріплювачами чоловічої стерильності

отримані прості цитоплазматично чоловічо-стерильні гібриди, які характеризувались незначним ураженням коренейдом від 15 % лінії Ум 2206/ОТ-1915 до 24 % – УЛ 2205/ОТ-1931, толерантністю до борошнистої роси, жовтяниці та церкоспорозу – від 7 до 9 балів, роздільноплідністю 94–98 %, стерильністю 95,2–99,3 %, підвищеною урожайністю коренеплодів у межах 36,6–41,2 т/га і цукристістю 16,9–18,3 %, які придатні для отримання гібридів (табл. 5).

Проведено оцінку продуктивності багатонасінних запилювачів буряків цукрових (табл. 6).

Оцінено та виділено багатонасінні запилювачі буряків цукрових БЗ № № 2201–2206, які слабо уражуються коренейдом – 17–21 %, толерантні до поширених хвороб – 7–9 балів та мають високу урожайність, цукристість коренеплодів відповідно в межах 42,2 т/га зразка БЗ2202-Ів-амб. № 31266; 47,9 т/га, 18,2 % – БЗ2205-У752 5/81 та 18,8 % – БЗ 2206-Ум64731 4х.

Таблиця 4 – Господарсько цінні ознаки ліній закріплювачів чоловічої стерильності буряків цукрових, 2019–2022 рр.

Позначення ліній	Ураження хворобами				Роздільноплідність, %	Урожайність, т/га	Цукристість, %	Збір цукру, т/га
	Коренейд, %	Борошниста роса, бал	Жовтяниця, бал	Церкоспороз, бал				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2019–2021 рр.								
БЦ ОТ -1910	17	9	9	9	95	33,7	17,6	5,93
В ОТ-1914	15	9	9	9	95	34,9	17,8	6,21
Ів ОТ-1909	11	9	9	9	95	30,1	17,7	5,32
Ів ОТ-1925	16	9	9	9	93	34,4	17,4	5,98
УЛ ОТ-1918	17	7	9	9	96	32,2	17,3	5,57
УЛ ОТ-1924	21	9	9	9	99	35,6	17,4	6,19
УЛ ОТ-1930	12	7	9	9	97	36,8	17,6	6,47
Я ОТ-1928	16	9	7	9	95	34,0	17,8	6,05
НІР <sub>0,05</sub>	0,01				0,2	0,3	0,1	0,35
2020–2022 рр.								
БЦ ОТ -1908	21	7	9	9	96	36,2	17,3	6,26
БЦ ОТ-1916	19	9	9	9	93	35,7	17,5	6,24
Ів ОТ-1919	24	9	9	7	97	31,5	17,8	5,60
Ів ОТ-1924	26	7	9	9	95	34,8	17,4	6,05
УЛ ОТ-1931	25	9	9	7	96	36,1	17,5	6,31
Ум ОТ-1915	21	9	9	9	97	35,8	17,7	6,33
Я ОТ-1934	15	9	9	9	94	37,0	17,8	6,58
НІР <sub>0,05</sub>	0,1				0,1	0,3	0,1	0,3

Таблиця 5 – Прояв господарсько цінних ознак простих цитоплазматичних чоловічо-стерильних гібридів буряків цукрових, 2019–2022 рр.

Позначення F <sub>1</sub> ЦЧС	Ураження хворобами				Роздільно- плідність, %	Стерильність, %	Урожайність, т/га	Цукристість, %	Збір цукру, т/га
	Коренейд, %	Борошнста роса, бал	Жовтяниця, бал	Церкспо- роз, бал					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2019–2021 рр.									
БЦ 1805/ОТ1910	15	9	9	9	95,0	93,7	38,7	17,6	6,81
В 1841/ОТ 1914	13	9	9	9	94,0	97,1	34,9	18,0	6,28
Ів 1808/ОТ-1909	19	9	9	9	95,0	99,0	40,1	17,3	6,93
Ів 1815/ОТ-1925	16	7	9	9	92,0	94,0	41,4	17,4	7,20
УЛ 1801/ОТ-1918	14	9	7	9	96,0	95,2	42,2	17,7	7,46
УЛ 1804/ОТ-1924	21	9	9	7	98,0	99,3	37,6	17,4	6,54
УЛ 1842/ОТ-1930	14	7	9	7	96,0	100,0	36,8	17,6	6,47
Ял 1807/ОТ-1928	16	9	9	9	95,0	77,8	42,0	18,0	7,56
НІР <sub>0,05</sub>	0,1				0,1	0,3	0,1	0,3	
2020–2022 рр.									
БЦ 2201/ОТ -1908	21	7	9	9	97	96,7	40,3	17,8	7,17
БЦ 2202/ОТ-1916	17	9	9	9	95	95,1	37,7	17,5	6,59
Ів 2203/ОТ-1919	23	9	9	7	97	97,7	39,6	18,3	7,24
Ів 2204/ОТ-1924	19	7	9	9	97	98,0	40,8	17,6	7,18
УЛ 2205/ОТ-1931	24	9	9	7	94	95,2	41,2	16,9	6,96
Ум 2206/ОТ-1915	15	9	9	9	98	99,3	36,6	17,5	6,40
Я 2207/ОТ-1934	20	9	9	9	95	95,4	38,2	18,0	6,87
НІР <sub>0,05</sub>	0,1				0,1	0,3	0,1	0,3	

Таблиця 6 – Продуктивність запилювачів буряків цукрових (батьківський компонент), 2021–2022 рр.

Позначення запилювачів	Ураження хворобами				Урожайність, т/га	Цукристість, %	Збір цукру, т/га
	Коренейд, %	Борошни- ста роса, бал	Жовтяниця, бал	Церкспо- роз, бал			
1	2	3	4	5	6	7	8
2021 р.							
1901 БцММ(4х)	15	9	7	9	46,8	17,8	8,33
1906 УФО100438 КЗ 022	15	7	9	9	44,9	18,4	8,26
1908 Ів Іт4п 32211	12	9	9	9	40,1	18,3	7,33
1911 Ум Е 55310 2х	12	7	9	9	41,4	18,4	7,61
1913 Ял БКМ Я/Макс	15	9	9	9	43,9	18,7	8,21
НІР <sub>0,05</sub>	0,1				0,3	0,2	
2022 р.							
БЗ 2201-БЦ-1010 (4х)	14	7	7	9	45,7	18,4	8,40
БЗ 2202-Ів- амб. № 31266	12	9	9	9	42,2	18,6	7,84
БЗ 2203-В 11360	15	9	9	9	44,1	18,7	8,24
БЗ 2204-ВП 15858	13	9	7	9	45,4	18,4	8,35
БЗ 2205-У752 5/81	18	9	9	9	47,9	18,2	8,71
БЗ 2206-Ум64731 4х	12	9	9	9	46,8	18,8	8,79
НІР <sub>0,05</sub>	0,1				0,3	0,2	



Таблиця 7 – Продуктивність кращих гібридів буряків цукрових, 2021–2022 рр.

№ ЦЧС лінії	Комплементарні запилювачі	№ гібрида	Густота стояння, тис./га	Показники у % від стандарту				група НІР %
				урожай корен.	вміст цукру	збір цукру	вихід цукру	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2021 р.								
1919	В 11360	СЦ 211215	78,5	110,2	101,3	113,7	104,3	2*
1916	1010 (4х)	СЦ 211118	72,8	109,5	102,3	112,4	102,0	2
1922	В 11302	СЦ 210721	88,5	115,8	99,1	115,0	104,4	2
1915	ВП 15858	СЦ 210731	77,8	113,8	100,2	114,2	104,6	2
1933	В 11302	СЦ 210715	85,9	112,1	101,2	113,6	106,8	2
1908	Ум 64731 4х	СЦ 211333	68,5	111,8	99,0	111,4	106,5	2
1937	В 11302	СЦ 211317	85,7	111,4	98,5	111,0	109,9	2
1934	У 1948	СЦ 210722	71,7	110,1	101,8	112,8	104,7	2
1908	У 752 5/81	СЦ 211134	77,5	110,2	100,2	109,9	108,3	2
1931	Ум 64731 4х	СЦ 210716	74,4	110,1	102,6	112,5	103,4	2
1942	У1948	СЦ 210809	72,8	110,0	100,4	110,9	101,1	2
1924	амб. № 31266	СЦ 211002	77,8	108,6	101,0	109,6	114,8	2
Середнє			79,2	111,1	100,6	112,3	105,9	
Груповий стандарт: Булава, Рамзес, Ів 0801				50,7 т/га	18,5	9,37 т/га	10,65	
2022 р.								
1801	Бц ММ(4х)	СЦ 200190	83,7	109,2	101,2	110,5	117,8	2*
1807	Е 55310 2х	СЦ 200191	70,3	107,8	102,5	109,2	110,3	2
1808	Іг 4п 32211	СЦ 200181	66,5	110,1	102,0	112,3	118,0	2
1908	Ум 64731 4х	СЦ 211333	72,8	109,5	102,3	112,4	102,0	2
1915	ВП 15858	СЦ 210731	77,8	108,6	101,0	109,0	104,8	2
1916	1010 (4х)	СЦ 211118	68,5	111,8	99,0	111,4	106,5	2
1919	В 11360	СЦ 211215	71,7	110,1	101,8	112,8	104,7	2
1924	амб. № 31266	СЦ 211002	77,8	113,8	100,2	114,2	108,6	2
1931	Ум 64731 4х	СЦ 210716	78,5	110,2	101,3	113,7	104,3	2
1934	У 1948	СЦ 210722	74,4	110,1	102,2	112,5	103,4	2
Середнє			74,2	110,1	101,3	111,6	108,0	
Груповий стандарт: Булава, Рамзес, Ів 0801				47,7 т/га	18,8	8,96 т/га	11,0	

Примітка: \* НІР<sub>0,01</sub>.

Для гібридизації цитоплазматично чоловічо-стерильних ліній використано багатонасінні запилювачі буряків цукрових (батьківський компонент). Отримані гібриди буряків цукрових досліджені у сортовипробуванні одним набором на Дослідно-селекційних станціях ІБ-КіЦБ, де виділено кращі (табл. 7).

Виділено зразки буряків цукрових з підвищеними показниками господарсько цінних ознак: ЦЧС 1801/БцММ (4х) – урожайність коренеплодів 109,2 %, цукристість 101,2 %, збір цукру 110,5 %, вихід цукру на заводі 117,8 %; ЦЧС 1808/запилювач Іг4п 32211 – урожайність коренеплодів 110,1 %, цукристість 102,0 %, збір цукру 112,3 %, вихід цукру на заводі

118,0 %; ЦЧС 1807/Е55310 2х – урожайність коренеплодів 107,7 %, цукристість 102,5 %, збір цукру 109,2 %, вихід цукру на заводі 110,3 %.

Насіння зразків базових колекцій буряків, біоенергетичних культур зберігається в Національному банку генетичних ресурсів рослин України та Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків, дослідно-селекційних станціях – Білоцерківській, Веселоподільській, Верхняцькій, Іванівській, Ялтушківській.

Передано 77 колекційних зразків генетичних ресурсів буряків, біоенергетичних рослин селекційним науково-дослідним установам для використання у селекційних і наукових програмах.

Проводять дослідження впливу генетичного потенціалу стерильних цитоплазм диких видів роду *Beta L.* на експресію ядерних генів буряків цукрових для створення нових гібридів. За результатами гібридизації диких форм буряків *Beta maritima L.* і *Beta patula L.* створено лінії з рівнем плідності геному 2х, роздільноплідністю 98 %, стерильністю 100 %, проростанням насіння за температури +4 °С від 14,3 до 40,3 %, раннього накопичення цукрози від 16,2 до 17,6 % та фотосинтетичною активністю із вмістом хлорофілу а до 2,06 % і хлорофілу б до 1,02 %, використовуються як компоненти гібридів.

У селекційній програмі дослідно-селекційних станцій Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків використано для індивідуального та масового добору 36 зразків із базової колекції біоенергетичних культур, які характеризуються цінними властивостями.

Із використанням зразків UFO 100661 БЗ (2) 19/33 створено високопродуктивні гібриди буряків цукрових «Патріот», UFO 100661БЗ (2) 19/33 гібрид «Сонячний», UFO 100438 КЗ 022 гібрид «Сум-Я 13» передано до Державного сортопробування. Відтворено зразки буряків, проса прутіподібного, верби енергетичної.

**Висновки.** Створено базові колекції буряків (цукрових, кормових, диких видів), біоенергетичних рослин (проса прутіподібного, міскантусу, верби, тополі).

Зразки біоенергетичних культур, які виділено за комплексом морфобіологічних ознак, є цінним джерелом та донорами для створення нових вихідних матеріалів.

Виділено зразки:

- проса прутіподібного Я/Кей з підвищеним рівнем виходу твердого біопалива до 2,4 т/га порівняно із стандартом *Carthage*;

- верби '*Tordis*' з високою урожайністю біомаси 30,62 т/га і теплотворною здатністю до 18,4 МДж/кг;

- зразок міскантусу *M. sinensis* «*Grosse Fontane*» за виходом твердого біопалива 176 % та енергії 299,1 ГДж/га;

- буряків цукрових з підвищеними показниками господарсько цінних ознак ІСВ – СЦ200190 (урожайність коренеплодів 109,2 %, цукристість 101,2 %, збір цукру 110,5 %, вихід цукру на заводі 117,8 %), ІСВ – СЦ200181 (урожайність коренеплодів 110,1 %, цукристість 102,0 %, збір цукру 112,3 %, вихід цукру на заводі 118,0 %), ІСВ – СЦ200191 (урожайність коренеплодів 107,7 %, цукристість 102,5 %, збір цукру 109,2 %, вихід цукру на заводі 110,3 %).

Із використанням зразків генетичних ресурсів рослин UFO 100661 БЗ (2) 19/33 створе-

но гібриди буряків цукрових «Патріот», UFO 100661БЗ (2) 19/33 гібрид «Сонячний», UFO 100438 КЗ 022 гібрид «Сум-Я 13», які заявлено до Державного сортопробування.

Зразки буряків, біоенергетичних культур із селекційно цінними ознаками використовують у селекційних програмах для створення нових вихідних форм: на Білоцерківській ДСС – зразок роду (*Panicum.*) Я/Кей; Іванівській ДСС Верба тритичинкова (*S. triandra L.*), Веселоподільській ДСС – *Miscanthus sacchariflorus* Снігова королева; Уладівській ДСС – зразок *Miscanthus giganteus* Осінній зорецвіт; Дослідному полі ІБ-КіЦБ – Тополя чорна (*Populus nigra L.*) І-45/51.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Рябчун В.К., Кузьмишина Н.В., Богуславський Р.Л. Стан Національного генбанку рослин України у військовий час 2022 року. Генетичні ресурси рослин. Харків, 2022. № 30. С. 1–21.
2. Роїк М.В., Балков І.Я., Корнеєва М.О. Інститут цукрових буряків відзначає своє 90-річчя. Збірник наук. праць ЦБ. Київ, 2012. Вип. 13. С. 11–18.
3. Буряківництво і біоенергетика: історія, наука, виробництво, люди (до 95-річчя ІБКіЦБ НААН України) / за ред. академіка НААН М.В. Роїка. Вінниця: Нілан-ЛТД, 2017. 345 с.
4. Роїк М.В., Зубенко В.Ф. Флагману буряківництва – Інститут цукрових буряків – 75 років. Зб. наук праць. Київ: Аграрна наука, 1997. С. 3–9.
5. Роїк М.В., Корнеєва М.О. Від багатонасінних сортів до ЧС гібридів новітнього покоління. Цукрові буряки. № 2–3(86–87). 2012. С. 4–5.
6. Кулик Л.А., Розвадовський А.М., Сидорчук В.І., Бурденюк Л.А. Історія розвитку зернових і зернобобових культур в системі Інституту цукрових буряків. Зб. наук праць Інституту цукрових буряків. Київ: Аграрна наука, 1997. С. 57–65.
7. Красовський Г.В. Селекція одностійних цукрових буряків на Ялтушківській дослідно-селекційній станції. Зб. наук праць Інституту цукрових буряків. Київ: Аграрна наука, 1997. С. 42–53.
8. Роїк М.В., Корнеєва М.О. Вавіловські ідеї в селекції цукрових буряків. Цукрові буряки. № 5. 2007. С. 2–5.
9. Гагарін Г. Історія селекції сільськогосподарських культур в Україні. Наукові записки Українського технологічно-господ. ін-ту. Мюнхен, 1967. С. 107–150.
10. Балков І.Я., Корнеєва М.О. Проблеми одержання та використання самофертильних ліній цукрових буряків. Зб. наук праць Інституту цукрових буряків. Київ: Аграрна наука, 1997. С. 21–28.
11. Корнеєва М.О. Селекційні агроценози вітчизняних цукрових буряків. Етноботанічні традиції в агрономії, фармації та садовому дизайні: матеріали II міжнародної наукової конференції, присвяченої 210 річниці від Дня народження Чарльза Дарвіна (м. Умань, 3–6 липня 2019 року) / за заг. ред. І. С. Косенко. Умань: Сочінський М.М., 2019. С. 131–137.

12. Роки випробувань і звершень (до 150-річчя Уладово-Люлинецької дослідно-селекційної станції) / М.В. Роїк та ін. Вінниця: Нілан ЛТД, 2013. 164 с.

13. Роїк М.В. Проблеми становлення і розвитку вітчизняної селекції цукрових буряків. Корми і кормовиробництво. 2018. Вип. 86. С. 39–43.

14. Роїк М.В., Корнеєва М.О. Сучасні гібриди цукрових буряків та їх роль у прискоренні темпів інтенсифікації галузі буряківництва: проблеми інтенсифікації та ресурсозбереження. Агриматко Україна. 2007. С. 99–104.

15. Труш С.Г., Баланюк Л.О. Ефективність багаторазового індивідуально-родинного добору при створенні багатонасінних запилювачів цукрових буряків та їх використання. Зб. наук праць Інституту цукрових буряків. Селекція, насінництво, біотехнологія, захист рослин, механізація, економіка, патентознавство буряків / за ред. академіка НААН М.В. Роїка. Київ: ПоліграфКонсалтинг, 2005. Вип. 8. С. 81–85.

16. Орлов С.Д., Гагін А.О., Синьогуб С.В. Успадкування господарсько-цінних ознак за гібридизації потомств вики ярої. Корми і кормовиробництво. 2018. Вип. 86. С. 39–43.

17. Нечипоренко Л.П., Орлов С.Д. Створення вихідного матеріалу вівса посівного з підвищеними біоенергетичними показниками і на його основі сорту Денка. Біоенергетика. 2020. № 1(15). С. 26–29.

18. Тараненко Л.К., Яцишен О.Л. Принципи, методи і досягнення селекції гречки (*Fagopyrum esculentum* Moench): монографія. Вінниця: ТОВ Нілан-ЛТД, 2014. 224 с.

19. Методики проведення досліджень у буряківництві / М.В. Роїк та ін. Київ: ФОП Корзун Д.Ю., 2014. 373 с.

20. Методика Державної науково-технічної експертизи сортів рослин. Методи визначення показників якості продукції рослинництва. Київ: Укр. ін-т експертизи сортів рослин, 2015. 133 с.

## REFERENCES

1. Riabchun, V.K., Kuzmyshyna, N.V., Bohuslavskyi, R.L. (2022). Stan Natsionalnoho hen banku roslyn Ukrainy u viiskovyi chas 2022 roku [State of the National Plant Gene Bank of Ukraine in wartime of 2022]. *Henetychni resursy roslyn* [Genetic resources of plants]. Kharkiv, no. (30), pp. 1–21.

2. Roik, M.V., Balkov, I.Ya., Korneeva, M.O. (2012). Instytut tsukrovykh buriakiv vidznachaie svoje 90-richchia [The Sugar Beet Institute celebrates its 90th anniversary]. *Zbirnyk naukovykh prats ITsB* [Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet]. no (13), pp. 11–18.

3. Roik, M.V. (2017). Buriakivnytstvo i bioenerhetyka: istoriia, nauka, vyrobnytstvo liudy (do 95-richchia IBKiTsB NAAN Ukrainy) [Beet growing and bioenergy: history, science, production, people (to the 95th anniversary of the National Academy of Sciences of the NAAN of Ukraine)]. *Vinnytsia*, 345 p.

4. Roik, M.V., Zubenko, V.F. (1997). Flahmanu buriakivnytstva – Instytut tsukrovykh buriakiv – 75

rokiv [The flagship of beet growing – the Sugar Beet Institute – 75 years old]. *Naukovi praci Instytutu bioenergetichnih kul'tur ta cukrovih burakiv* [Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet]. Kyiv, Agrarian Science, pp. 3–9.

5. Roik, M.V., Kornieieva, M.O. (2012). Vid bahatonasinnykh sortiv do ChS hibrydiv novitnoho pokolinia [From multi-seeded varieties to emergency hybrids of the new generation]. *Tsukrovi buriaky* [Sugar beets]. no. 2–3, pp. 4–5.

6. Kulyk, L.A., Rozvadovskyi, A.M., Sydor-chuk, V.I., Burdeniuk, L.A. (1997). Istoriia rozvytku zernovykh i zernobovykh kultur v systemi Instytutu tsukrovykh buriakiv [The history of the development of grain and leguminous crops in the system of the Sugar Beet Institute]. *Zbirnyk naukovykh prats ITsB* [Scientific Papers of the Institute Sugar Beet]. Kyiv, Agrarian Science, pp. 11–18.

7. Krasovskiy, H.V. (1997). Seleksiia odnonasinnykh tsukrovykh buriakiv na Yaltushkivskii doslidno selektsiinii stantsii [Selection of single-seeded sugar beets at the Yaltushkiv research and selection station]. *Zbirnyk naukovykh prats ITsB* [Scientific Papers of the Institute Sugar Beet]. Kyiv, Agrarian Science, pp. 42–53.

8. Roik, M.V., Kornieieva, M.O. (2007). Vavilovskii ideii v selektsii tsukrovykh buriakiv [Vavilov's ideas in the selection of sugar beets]. *Cukrovi burjaky* [Sugar beets]. no. 5, pp. 2–5.

9. Haharin, H. (1967). Istoriia selektsii silskohospodarskykh kultur v Ukraini [History of selection of agricultural crops in Ukraine]. *Naukovi zapysky Ukrainsko tekhnolohichno-hospodarskoho in-tu* [Scientific notes of the Ukrainian Technological and Economic Institute]. Miunkhen, pp. 107–150.

10. Balkov, I.Ia, Kornieieva, M.O. (1997). Problemy oderzhannia ta vykorystannia samofertylnykh liniy tsukrovykh buriakiv [Problems of obtaining and using self-fertile lines of sugar beet]. *Zbirnyk naukovykh prats ITsB* [Scientific Papers of the Institute Sugar Beet]. Kyiv, Ahrarna Agrarian Science, pp. 21–28.

11. Kornieieva, M.O. (2019). Seleksiini ahrotse-nozy vitchyznianskykh tsukrovykh buriakiv. Etnobotanichni tradytsii v ahronomii, farmatsii ta sadovomu dyzaini: materialy II mizhnarodnoi naukovoii konferentsii, prysviachenoii 210 richnytsi vid Dnia narodzhennia Charlza Darvina (m. Uman, 3–6 lypnia 2019 roku) [Breeding agrocenoses of domestic sugar beets. Ethnobotanical traditions in agronomy, pharmacy and garden design: materials of the II international scientific conference dedicated to the 210th anniversary of the birth of Charles Darwin (Uman, July 3–6, 2019)]. *Uman, Sochinskyi M.M.*, pp. 131–137.

12. Roik, M.V., Zemliana, I.F., Sinchenko, V.M. (2013). Roky vyprobuvan i zvershen (do 150 richchia Uladovo Liulinetskoii doslidno-selektsiinnoi stantsii) [Years of trials and achievements (to the 150th anniversary of the Uladovo Lyulinets research and breeding station)]. *Vinnytsia, Nilan LTD*, 164 p.

13. Roik, M.V. (2018). Problemy stanovlennia i rozvytku vitchyznianskoi selektsii tsukrovykh buriakiv [Problems of formation and development of domestic

selection of sugar beets]. *Kormy i kormovyrobnytstvo* [Fodder and fodder production]. Issue 86, pp. 39–43.

14. Roik, M.V., Kornieieva, M.O. (2007). Suchasni gibrydy cukrovyyh burjakiv ta i'h rol' u pryskorenni tempiv intensyfikacii' galuzi burjakivnyctva: problemy intensyfikacii' ta resursozberezhennja [Modern sugar beet hybrids and their role in accelerating the rate of intensification of the beet growing industry: problems of intensification and resource conservation]. pp. 99–104.

15. Trush, S.H., Balaniuk, L.O. (2005). Efektivnist bahatorazovoho indyvidualno-rodynnoho doboru pry stvorenni bahatonasinnykh zapyliuvachiv tsukrovyykh buriakiv ta yikh vykorystannia [Effectiveness of repeated individual-family selection in the creation of multi-seed pollinators of sugar beets and their use]. Kyiv, PoligrafConsulting, Issue 8, pp. 81–85.

16. Orlov, S.D., Hahin, A.O., Synohub, S.V. (2018). Uspadkuvannia hospodarsko-tsinnykh oznak za hibrydyzatsii potomstv vyky yaroi [Inheritance of economic and valuable traits by hybridization of spring vetch offspring]. *Kormy i kormovyrobnytstvo* [Fodder and fodder production]. no. 86, pp. 39–43.

17. Nechyporenko, L.P., Orlov, S.D. (2020). Stvorennia vykhidnoho materialu vivsa posivnoho z pidvyshenyimi bioenerhetychnymi pokaznykamy i na yoho osnovi sortu Denka. [Creation of raw seed material of oats with increased bioenergetic indicators and on its basis the Denka variety]. *Bioenergetyka* [Bioenergetics]. no. 1(15), pp. 26–29.

18. Taranenko, L.K., Yatsyshen, O.L. (2014). Pryntsyipy, metody i dosiahnennia selektsii hrechky (*Fagopyrum esculentum* Moench) [Principles, methods and achievements of buckwheat breeding (*Fagopyrum esculentum* Moench)]. Vinnitsa, LLC Nilan-LTD, 224 p.

19. Roik, M.V., Hizbulin, N.H., Sinchenko, V.M., Prysiashniuk, O.I. (2014). Metodyky provedennia doslidzhen u buriakivnyctvi [Research methods in beet growing]. Kyiv, FOP Korzun D.lu., 373 p.

20. Metodyka Derzhavnoi naukovo-tekhnichnoi ekspertyzy sortiv roslyn. Metody vyznachennia pokaznykiv yakosti produktsii roslynnyctva [Methodology of the State scientific and technical examination of plant varieties. Methods of determining plant production quality indicators]. Kyiv, Ukrainian Institute of Expertise of Plant Varieties, 2015, 133 p.

## Institute of bioenergy crops and sugar beet NAAS: bioenergy crops gene bank formation and use in breeding

Orlov S., Kornieieva M., Kulyk O., Brovko S.

For a long time, researchers have been studying and enriching the gene bank with new sources of valuable economic and biological traits and using them in the research and breeding process. The studied species include sugar beet, fodder beet, table beet, wild beet, miscanthus, switchgrass, energy willow and poplar. These species are used for sugar and biofuel production. The aim of the research was to study the morphological, biological and economic characteristics of the breeding genotypes of beet and bioenergy crops and select the valuable ones for breeding and ensuring increased energy output and high productivity, to replenish and preserve the collections of plant genetic resources to ensure the research and breeding programs. Of special interest are the genotypes with the sterility maintaining ability, fertility and other valuable traits that can be used in the development of bioenergy CMS hybrids. Basic collections of beet (sugar beet, fodder beet and wild beet species), bioenergy crops (switchgrass, miscanthus, willow, poplar) have been composed. The selected genotypes included switchgrass 'Ya/Kei' with an increased yield of solid biofuel up to 2.4 t/ha compared to the standard variety 'Carthage'; willow 'Tordis' with a high biomass yield of 30.62 t/ha and calorific value up to 18.4 MJ/kg; miscanthus *M. sinensis* 'Grosse Fontane' with solid biofuel yield of 176 % and energy of 299.1 GJ/ha; sugar beet with increased indicators of economic and valuable traits 'ISV-STs200190' (root yield 109.2 %, sugar content 101.2 %, sugar yield 110.5 %, sugar output 117.8 %), 'ISV-STs200181' (root yield 110.1 %, sugar content 102.0 %, sugar yield 112.3 %, sugar output 118.0 %). Researchers of the institute conduct research on the development of new sources and donors of bio feedstock materials, the introduction of new species, improvement of varietal composition and methods of reproduction and increase the efficiency of bio feedstock production with high calorific value in order to reduce the country's energy dependence and improve the ecological state of the environment.

**Key words:** gene pool, collections, samples, sources, hybrids, varieties, lines.



Copyright: Орлов С.Д. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Орлов С.Д.

Корнеєва М.О.

Кулік О.Г.

Бровко С.М.

<https://orcid.org/0000-0001-5759-862X>

<https://orcid.org/0000-0001-7266-0970>

<https://orcid.org/0000-0002-3228-1009>


<https://orcid.org/0000-0002-1127-5515>



## АГРОНОМІЯ

УДК 575.827.633.11

## Формування сортових ресурсів пшениці озимої

Коновалов Д.В.<sup>1</sup>, Поліщук В.В.<sup>2</sup> , Карпук Л.М.<sup>3</sup> ,Чухлеб С.Л.<sup>4</sup>, Шкляр В.Д.<sup>4</sup><sup>1</sup> Інститут фізіології рослин і генетики НАН України<sup>2</sup> Уманський національний університет садівництва<sup>3</sup> Білоцерківський національний аграрний університет<sup>4</sup> Український інститут експертизи сортів рослин Коновалов Д.В. E-mail: david-konovalov@ukr.net; E-mail: valntyn7613@gmail.com

Коновалов Д.В., Поліщук В.В., Карпук Л.М., Чухлеб С.Л., Шкляр В.Д. Формування сортових ресурсів пшениці озимої. «Агробіологія», 2023. № 1. С. 83–90.

Konovalov D., Polishchuk V., Karpuk L., Chuhleb S., Shklyar V. Formation of varietal resources of winter wheat. «Agrobiology», 2023. no. 1, pp. 83–90.

Рукопис отримано: 12.04.2023 р.

Прийнято: 27.04.2023 р.

Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-179-1-83-90

У статті висвітлено питання особливостей формування сортових ресурсів пшениці озимої в Україні. Показано, що створення нових сортів є тривалим, працездатним і затратним матеріальним та інтелектуальним процесом. Схема селекційного процесу озимої пшениці складна і передбачає не менше 12 етапів, упродовж яких застосовують різні методи селекції. Селекційна робота зі створення одного сорту проходить упродовж 6–12 років. За аналізу структури Державного Реєстру сортів рослин, дозволених для поширення в Україні виявлено, що станом на 2022 р. в Реєстр внесено 661 сорт пшениці озимої, зокрема української селекції 470 сортів, що становить 71,1 % від загальної їх кількості. За останніх п'ять років кількість сортів пшениці озимої в Реєстрі сортів рослин збільшилася в 1,7 разів з 273 в 2017 р. до 470 в 2022 р. За цей період активніше надходили до Реєстру сорти зарубіжної селекції, які в 2022 р. становили від загальної кількості 28,9 %, тимчасом у 2017 р. їх було 19,9 %. Переважна кількість створених сортів – 43,4 %, рекомендовані на поширення в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України – Степу, Лісостепу та Поліссі. За групами стиглості найбільша кількість сортів 43,5 % – середньостиглі та 37,2 % – середньоранні сорти. Аналіз активності оригінації сортів вітчизняної селекції показав, що лідером є Інститут фізіології рослин і генетики НАН, з якого до Реєстру занесені в 2022 р. 102 сорти або 21,7 % від загальної кількості вітчизняних сортів. Основним напрямом селекційної роботи цього інституту є створення пластичних сортів пшениці озимої для поширення в усіх зонах України – Степу, Лісостепу та Поліссі, частка цих сортів від їх загальної кількості становить 61,8 %, переважно це сорти середньоранньостиглі та середньостиглі. За рівнем продуктивності та напрямом використання сорти пшениці Інституту фізіології рослин і генетики НАН України умовно розподіляють на дві групи: короткостеблові, високоінтенсивні сорти, які за сприятливих кліматичних умов та інтенсивних технологій вирощування здатні формувати врожайність зерна до 10 т/га і більше та середньорослі сорти універсального використання, які в екстремальних умовах вирощування перевищують за врожайністю високоінтенсивні сорти.

**Ключові слова:** Реєстр сортів, селекційний процес, групи стиглості, поширення сортів, вітчизняна селекція.



**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** Сорти сільськогосподарських культур є одним із основних резервів збільшення валових зборів продукції, зокрема пшениці озимої, та підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва. Однією з найважливіших ланок сільського господарства – основою економічного й соціального розвитку України – є використання сортових рослинних ресурсів [1]. За даними Всесвітньої організації продовольства, завдяки підвищенню ефективності використання сортів щороку додатково виробляють понад 20 % продукції землеробства. Несвоєчасне проведення сортозміни призводить до збільшення недобору врожаю, який по Україні щорічно перевищує 3,0–3,5 млн т [2]. Рівень врожайності та якості зерна в озимій пшениці визначається генетичними властивостями сортів і взаємодією їх із умовами середовища [3]. Сорт і насіння, залежно від якісних характеристик, визначають реалізацію природних й економічних ресурсів рослинницької продукції і є об'єктом інтенсифікації галузі насінництва [4]. Насіння є не лише носієм задатків продуктивності сорту, а також важливим елементом технології вирощування культур [5]. Тому створення і використання в агропромисловому комплексі нових високопродуктивних сортів є одним із найбільш ефективних і економічно вигідних способів нарощування виробництва продукції рослинництва.

Значення сорту в підвищенні врожайності ще на початку 20-х років минулого століття вперше визначив директор Одеської сільськогосподарської селекційної станції академік А.О. Сапегін, який зазначив, що створення і впровадження нових сортів пшениці озимої у Одеській і Миколаївській губерніях на площі 750 тис. десятин дозволило б одержувати щорічно 42 млн пудів зерна, замість 30 млн [6]. Значення сорту у підвищенні врожайності та валових зборів зерна пшениці озимої обумовлено збільшенням урожайності, що пов'язано зі створенням і впровадженням нових, більш удосконалених сортів, потребує значно менших витрат порівняно з інтенсифікацією технологій вирощування; створення і впровадження сортів, стійких до хвороб і шкідників сприяє підвищенню екологічної безпеки, зниженню матеріальних витрат на захист рослин; ефект сорту проявляється одразу у перший рік його вирощування на всій площі розповсюдження [7]. Реалізація генетичного потенціалу сучасних сортів пшениці озимої на сьогодні сягає 11,0–12,4 т/га [8, 9]. Впровадження сортів пшениці озимої в технологіях відбувається на під-

ставі оцінки стабільності за урожайністю, яка пов'язана з ґрунтовими чинниками, погодними умовами, агротехнічними заходами [10, 11].

Створення нових сортів є тривалим, працездатним і затратним матеріальним та інтелектуальним процесом. Схема селекційного процесу пшениці озимої складна і передбачає такі етапи: Етап I. Оцінка зразків розсадника вихідного матеріалу з колекції ВІР, інститутів НААН і провідних селекційних центрів на морозозимостійкість та за основними господарсько корисними ознаками: продуктивність колосу, продуктивна куцистість, якість зерна, стійкість до біотичних і абіотичних чинників середовища тощо. Значна увага приділяється пошуку і використанню в комбінативній селекції як одної із батьківських форм донорів окремих або блоків генів, які кодують такі цінні ознаки як низькостебловість, високі хлібопекарські якості зерна і борошна на основі аналізу блоків генів запасних білків, рівень ФПЧ, ТПЯ, окремі морфологічні ознаки рослини, колосу, зерна. Етап II. Створення селекційних ліній пшениці озимої, гомозиготних за основними морфологічними, кількісними і біохімічними ознаками, що включає три покоління: покоління  $F_1$  – елімінація із слабкою стійкістю до основних хвороб, стійкість до яких контролюється домінантними генами; покоління  $F_2$  – розсадник добору та селекційний розсадник сімей  $F_3$  (педігрі). Етап III. Покоління  $F_4$ . Етап IV. Покоління  $F_5$ – $F_6$ . Контрольний розсадник і попереднє сортовипробування. Етап V. Покоління  $F_7$ – $F_{10}$ . Конкурсне, екологічне і виробниче сортовипробування. Етап VI. Державне сортовипробування [12]. У процесі селекції використовують різні методи: внутрішньосортівних доборів із перспективних ліній, що обумовило створення більш низькорослих генотипів порівняно із їхніми аналогами [13], гібридизації із залученням генотипу пшениці озимої генетичного матеріалу жита за створення сортів толерантних до хвороб [14], застосування хімічних та фізичних мутагенних чинників у різних концентраціях забезпечило отримання форм з новими корисними ознаками [15], для створення морозостійких сортів метод бекросів [2]. Селекційна робота зі створення одного сорту проходить упродовж 6–12 років, а загальні витрати можуть сягати 1,5–3,0 млн доларів [16]. Лише після того як сорт проходить державне сортовипробування його вносять в Реєстр.

**Мета дослідження** – вивчення особливостей формування сортових ресурсів пшениці озимої в Україні, як резерву збільшення валових зборів зерна і насіння культури та підвищення ефективності виробництва.

**Матеріал та методи дослідження.** За аналізу структури Реєстру сортів рослин дозволених для використання в Україні за 2017 та 2022 рр. застосовували аналітичний, математично-статистичний та дисперсійний методи досліджень.

**Результати дослідження та обговорення.** Національні сортові ресурси пшениці озимої, які внесено до Реєстру сортів рослин в 2022 р. нараховують 661 сорт, зокрема української селекції 470 сортів, що становить 71,1 % від загальної кількості виду (рис. 1).

За останніх п'ять років кількість сортів пшениці озимої в Реєстрі сортів рослин збільшилася в 1,7 разів з 273 в 2017 р. до 470 в 2022 р. За цей період активніше надходили до Реєстру сорти зарубіжної селекції, які в 2022 р. становили від загальної кількості 28,9 %, тимчасом у 2017 р. їх було 19,9 % [17, 18].

Переважає кількість створених сортів – 43,4 %, рекомендовані до поширення в усіх ґрунтово-кліматичних зонах – Степу, Лісостепу та Поліссі (рис. 2).

Друга група сортів – 25,1 %, рекомендовано для вирощування в ґрунтово-кліматичних зонах Лісостепу та Полісся.

Із усієї кількості сортів, які внесені до Реєстру, найбільша кількість 43,5 % це середньостиглі сорти та 37,2 % – середньоранні (рис. 3).

Нові сорти пшениці озимої вирізняються між собою за строками достигання. Ця властивість має важливе агробіологічне та господарсько-агрономічне значення й обумовлює використання в господарствах декількох сортів різних груп стиглості. Це пояснюється тим, що ранньостиглі сорти часто встигають сформувати врожай до настання суховійних періодів і жорстких посух, завдяки чому мають вищу продуктивність. І навпаки, в окремі роки за раннього настання весняно-літніх посух, які спостерігаються в останні роки, ранньостиглі сорти можуть постраждати більшою мірою, а опади, які випадають пізніше сприяють підвищенню урожайності середньо- та пізньостиглих сортів.

Аналіз активності оригінаторів сортів вітчизняної селекції показав, що лідером як в 2017 р., так і 2022 р. є Інститут фізіології рослин і генетики НАН, з якого до Реєстру занесені в 2017 р. 84 сорти (30,8 %), а в 2022 р. – 102 або 21,7 % від загальної кількості вітчизняних сортів (табл. 1).

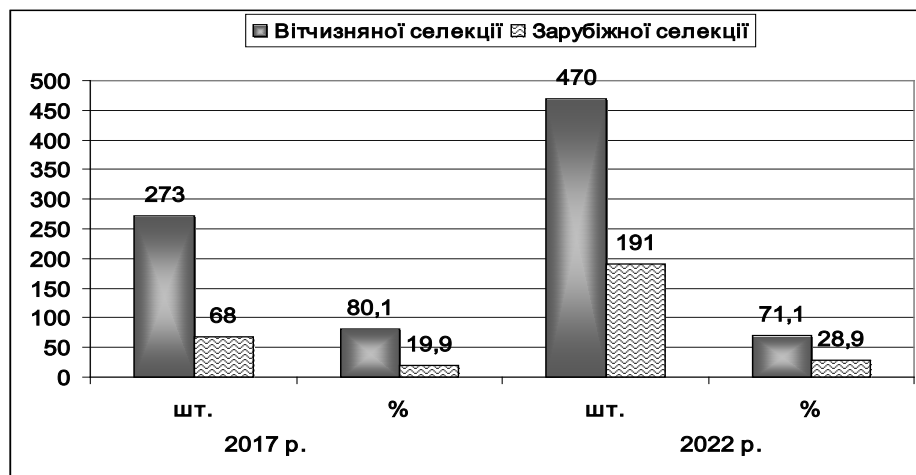


Рис. 1. Кількість сортів пшениці озимої в Реєстрі України.

Таблиця 1 – Кількість сортів пшениці озимої вітчизняної селекції в Реєстрі України

Установи	Кількість сортів в Реєстрі			
	2017 р.		2022 р.	
	шт.	%	шт.	%
Вітчизняної селекції	273	100	470	100
Селекційно-генетичний інститут НЦНІС	76	27,8	18	3,8
Інститут фізіології рослин і генетики	84	30,8	102	21,7
Миронівський інститут пшениці ім. В.М. Ремесла	32	11,7	43	9,1
Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва	12	4,4	27	5,7
ННЦ «Інститут землеробства НААН»	6	2,2	5	1,1
Інші вітчизняні структури	63	23,1	275	58,6

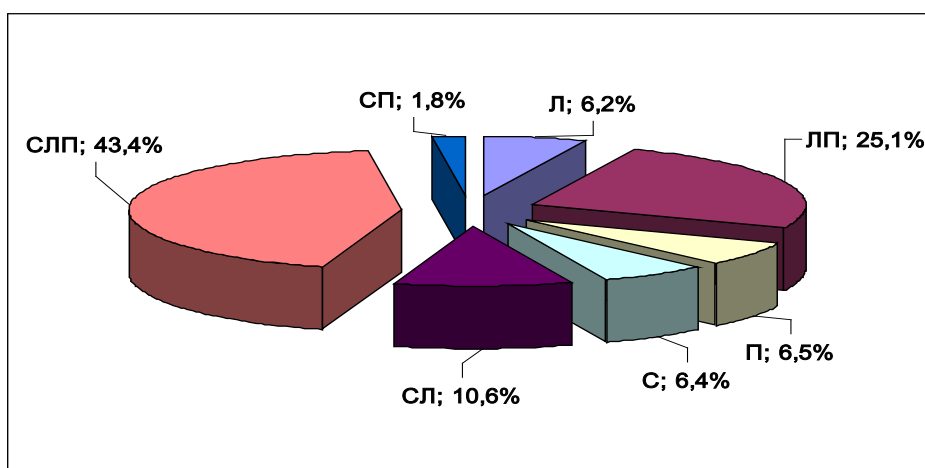


Рис. 2. Адаптація сортів пшениці озимої вітчизняної селекції до ґрунтово-кліматичних умов (з Реєстру за 2022 р.).

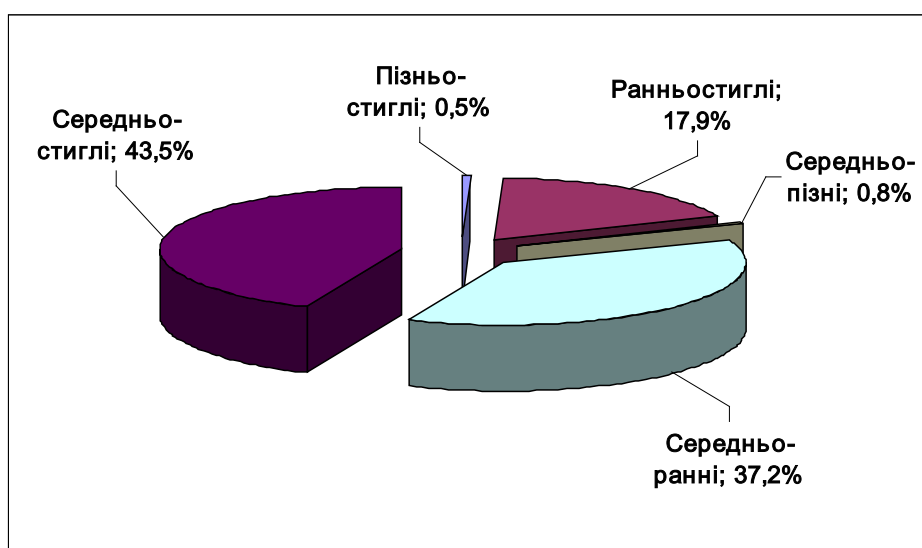


Рис. 3. Класифікація сортів пшениці озимої вітчизняної селекції за групами стиглості (з Реєстру за 2022 р.).

Порівняно з 2017 р., коли ця установа також була лідером зі створення сортів пшениці озимої, кількість сортів за п'ять років збільшилася на 18. Водночас серед лідерів як п'ять років тому, так і нині також Миронівський інститут пшениці ім. В.М. Ремесла. За п'ять років кількість сортів, занесених до Реєстру, збільшилася з 32 до 43 або на 11 сортів. Активну селекційну роботу проводить Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва, у якого кількість сортів в Реєстрі збільшилася з 12 до 27 або на 15 сортів. Деяко зменшилася активність селекційної робо-

ти в ННЦ «Інститут землеробства НААН» та Селекційно-генетичному інституті НЦНС НААН.

Основним напрямом селекційної роботи Інституту фізіології рослин і генетики НАН є створення сортів пшениці озимої для поширення в усіх зонах України – Степу, Лісостепу та Поліссі, частка цих сортів від їх загальної кількості становить 61,8 % (рис. 4).

Із усіх сортів Інституту фізіології рослин і генетики, що в Реєстрі, 87 % це середньоранньостиглі (42,9 %) та середньостиглі (44,2 %) і лише 13 % ранньостиглих сортів (рис. 5).

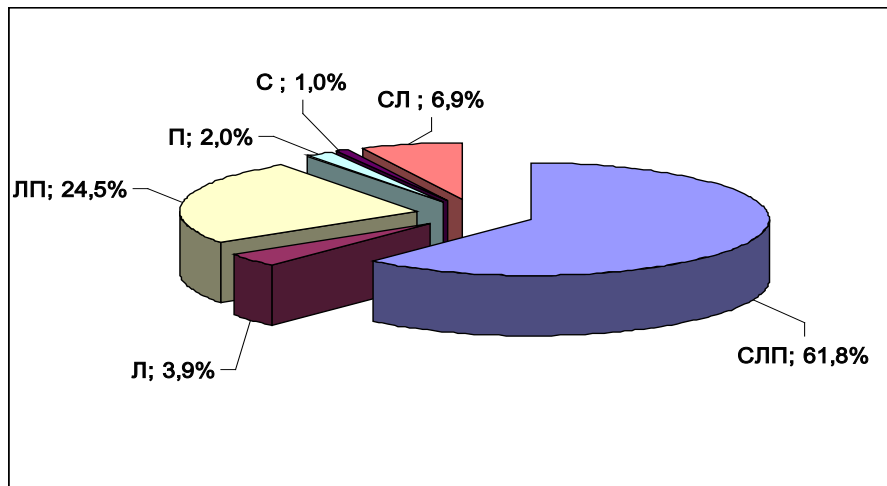


Рис. 4. Адаптація сортів пшениці озимої до ґрунтово-кліматичних умов селекції ІФРГ (з Реєстру за 2022 р.).

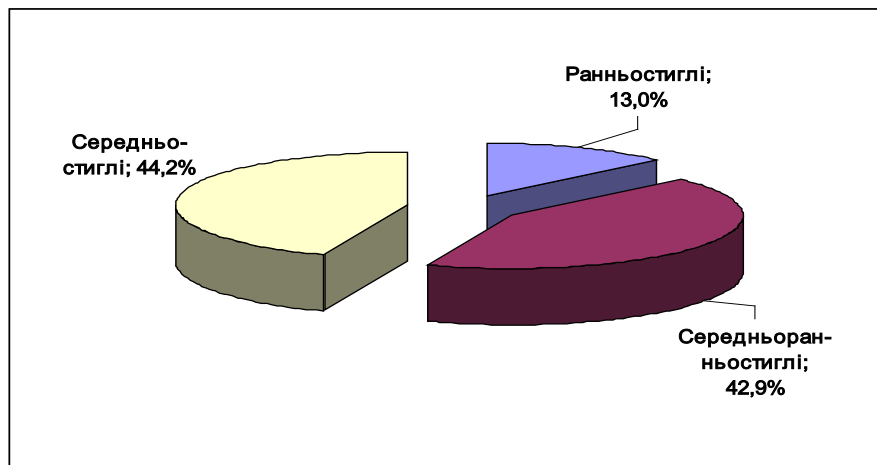


Рис. 5. Класифікація сортів пшениці озимої селекції Інституту фізіології рослин і генетики за групами стиглості (з Реєстру за 2022 р.).

За рівнем продуктивності та напрямом використання сорти пшениці Інституту фізіології рослин і генетики НАН України умовно розподіляють на кілька груп:

– перша група – це короткостеблові, високоінтенсивні сорти, які за сприятливих кліматичних умов та інтенсивних технологій вирощування здатні формувати врожайність зерна до 10 т/га і більше. Ці сорти створені для високих технологій вирощування. Їх необхідно висівати по краях попередників в оптимальні для кожної зони строки [19]. Лідерами цієї групи є сорти, які за дотримання технології вирощування максимально розкривають свій генетичний потенціал – 11,4–13,2 т/га. Це сорти: Фаворитка (10,5 т/га), Славна (10,1 т/га), Золотоколоса (10,3 т/га), Смуглянка (9,8 т/га) та ін.;

– друга група сортів – це середньорослі сорти універсального використання. Головною ознакою універсальних сортів є те, що вони в екстремальних умовах вирощування перевищують за врожайністю високоінтенсивні сорти, генетичний потенціал продуктивності яких досягає 10 т/га і більше. Головною перевагою середньорослих універсальних сортів є те, що вони: забезпечують отримання стабільних за роками врожаїв на різних фонах мінерального живлення; невибагливі до умов вирощування, попередників і строків сівби; мають високу екологічну пластичність [19]. Серед сортів цієї групи слід звернути увагу на такі сорти, які забезпечують високу урожайність зерна – Даринка Київська (10,8 т/га), Подолянка (10,9 т/га), Богдана (9,8 т/га), Лимарівна (9,5 т/га), Щедрівка Київська (10,7 т/га) та ін.

Особливої уваги серед них заслуговує сорт Подолянка, який за адаптивними властивостями та екологічною пластичністю немає рівних, йому притаманні високі зимо-, посухо- і жаростійкість, куцистість, підвищена конкурентоспроможність до бур'янів, менша вимогливість до умов вирощування, добре переносить дію несприятливих і стресових чинників.

Важливим напрямом селекції пшениці озимої є створення сортів з високою продуктивністю і екологічною пластичністю. Дослідження нових сортів пшениці озимої, в різних ґрунтово-кліматичних умовах показало, що найбільш високу екологічну адаптивність у різних регіонах України мають нові сорти Інституту фізіології рослин і генетики НАН України, які спроможні формувати стабільно високу врожайність [20].

Незмінними лідерами протягом 5 років серед сортів селекції Інституту, що займають найбільші площі посіву в Україні у господарствах усіх категорій, є сорти: Подолянка (377 тис. га) та Смуглянка (300 тис. га) – національні стандарти. З нових сортів слід відзначити Даринку Київську, Астарту, Новосмуглянку, Малинівку та Щедрівку Київську, площі посіву яких стрімко зростають, а рівень продуктивності в різних природно-кліматичних зонах України, за даними Українського Інституту експертизи сортів рослин становив 9,9–10,70 т/га, що на 2,9–12,8 % вище врожайності національних стандартів.

Для одержання високих і стабільних урожаїв у конкретній агроекологічній зоні, ІФРГ НАН України одночасно розробляє і передає користувачам «паспорт» сорту, в якому докладно описані рекомендації з агротехніки вирощування і біологічна характеристика сорту.

Важливим показником використання сортів є площі їх посіву по окремих установах. На жаль, офіційна статистика сортових посівів в Україні відсутня. Залишається орієнтуватися на розрахункову інформацію оригінаторів сортів. Відповідно до неї за останні п'ять років (2016–2020 рр.) площі посіву сортами вітчизняної селекції мають тенденцію до зменшення з 5,4 (2016 р.) до 4,8 млн га (2020 р.), а площі посіву зарубіжної селекції – до збільшення з 3,7 тис. га (2016 р.) до 1,4 млн га (2020 р.). Серед вітчизняних установ за останніх п'ять років (2016–2020 рр.) залишаються лідерами за посівними площами Селекційно-генетичний інститут НЦНС НААН (2–4 млн га щорічно) та Інститут фізіології рослин і генетики НАН (1,8–2,7 млн га). Невеликі але суттєві площі (0,12–0,45 млн га) засівають сортами Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, Інститу-

ту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, ННЦ «Інститут землеробства НААН», Миронівського інституту пшениці ім. В.М. Ремесла НААН та ін.

Одним з основних способів збільшення валового виробництва зерна пшениці озимої є створення та впровадження нових високопродуктивних сортів, адаптованих до різних ґрунтово-кліматичних умов України. Аналіз структури Реєстру 2022 р. показав, що більшість сортів – 71,1 % вітчизняної селекції, з них понад 40 % рекомендовані до поширення в усіх ґрунтово-кліматичних зонах. Серед установ-оригінацій лідером зі створення нових сортів залишається Інститут фізіології рослин і генетики НАН, селекційна робота якого спрямована на створення адаптивних сортів для всіх зон вирощування культури, яких в Реєстрі близько 62 % від загальної кількості створених ним сортів, з них 87 % середньоранньостиглі та середньостиглі сорти.

**Висновки.** Сортовим рослинним ресурсам належить особливе значення в економічному і соціальному розвитку України, насамперед – у стабілізації та збільшенні обсягів виробництва всієї продукції рослинництва, а отже – забезпеченні основ продовольчої безпеки держави. Важливим напрямом селекції пшениці озимої є створення сортів з високою продуктивністю і екологічною пластичністю.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- McIntosh R.A., Yamasaki Y., Devos K.M. Catalogue of gene symbols of wheat. 2008. URL: <http://www.grs.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes>.
- Технологія виробництва насіння пшениці озимої в правобережному Лісостепу України (методичні рекомендації) / за ред. В.І. Дубового, В.П. Кавунця. Київ: ДІА, 2006. 56 с.
- Сайко В.Ф. Землеробство в сучасних умовах. Вісник аграрної науки. № 5. 2002. С. 5–11.
- Технологія вирощування пшениці озимої на насіння в умовах Західного Лісостепу: методичні рекомендації / О.П. Волощук та ін. Оброшино, 2013. 30 с.
- Паламарчук В.Д., Доронін В.А., Колісник О.М., Алексеев О.О. Основи насіннезнавства (теорія, методологія, практика): монографія. Вінниця: Друкарня ТОВ «Друк», 2021. 392 с.
- Сапегин А.А. Для чего учреждена, как работает, чего достигла Одесская сельскохозяйственная станция (1912–1922). Одесса: Наркомзем Украины, 1923. 23 с.
- Лебідь Є.М., Черенков А.В., Солодушко М.М., Гирка А.Д. Особливості вирощування озимої пшениці у Степу України. Наук.-техн. бюл. Миронівського ін-ту пшениці ім. В.М. Ремесла. Київ, 2008. Вип. 8. С. 335–344.



8. Моргун В.В., Санін Є.В., Швартау В.В. Сорти та оптимальні системи вирощування озимої пшениці. Клуб 100 центнерів. Київ: Логос, 2012. 132 с.

9. Variability of number of kernels per spike in wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) / D. Knezevic et al. Journal of Central European Agriculture. 2012. Issue 13(3). P. 608–614. DOI: 10.5513/JCEA01/13.3.1099.

10. Kisiel M. Development of demand for small grains in European countries: present and future. Fragmenta agronomica. Conference of the European Society for Agronomy and Polish Society of Agrotechnical Sciences. Puławy, 1995. № 2. P. 10–17.

11. Mazurek J. Agronomic practices for small grain yield, stability and quality. Fragmenta agronomica. Conference of the European Society for Agronomy and Polish Society of Agrotechnical Sciences. Puławy, 1995. № 2. P. 126–135.

12. Рудик В.І. Селекційні досягнення в пшениці озимої за останні 20 років. Вісник аграрної науки. 2015. № 8. С. 68–72.

13. Животков Л.О., Власенко В.А., Борсук Г.Ю. Історія та результати селекційної роботи в Миронівському інституті пшениці ім. В.М. Ремесла. Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть: у 4-х т. Київ: Логос, 2001. Т. 2. С. 376–380.

14. Рабінович С.В., Власенко В.А., Коломієць Л.А. Історія селекції, родоводи і склад високомолекулярних глютенінів миронівських пшениць, створених у 1929–2004 рр., та їхні нащадки в різних країнах світу. Наук.-техн. бюл. Мирон. ін-ту пшен. ім. В.М. Ремесла. Київ: Аграрна наука, 2004. Вип. 4. С. 58–126.

15. Моргун В.В., Логвиненко В.Ф. Мутаційна селекція пшениці. Київ: Наукова думка, 1995. 482 с.

16. Гончар О.М. Сортові ресурси поповнюються. Насінництво. 2006. № 1. С. 1–6.

17. Державний реєстр сортів рослин України. Київ: Урожай, 2017.

18. Державний реєстр сортів рослин України. Київ: Урожай, 2022.

19. Технологія виробництва сертифікованого насіння пшениці озимої: методичні рекомендації / О. А. Демидов та ін.; за ред. В.В. Моргуна. Київ, 2013. 115 с.

20. Гаврилук М.М., Коновалов Д.В. Екологічна пластичність сортів – інновації та якість насіння. Насінництво. 2014. № 2. С. 15–20.

## REFERENCES

1. McIntosh, R.A., Yamasaki, Y., Devos, K.M. (2008). Catalogue of gene symbols of wheat. Available at: <http://www.grs.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes>.

2. Duboviy, V.I., Kavunec, V.P. (2006). Tekhnologiya vyrobnyctva nasinnya pshenyци ozymoyi a pravoberezhnomu Lisostepu Ukrayiny (metodychni rekomendaciyi) [Technology of winter wheat seed production in the right-bank forest-steppe of Ukraine]. Kyiv, DIA, 56 p.

3. Sajko, V.F. (2002). Zemlerobstvo v suchasnykh umovax [Agriculture in modern conditions]. Visnyk aharnoyi nauky [Herald of Agrarian Science], no. 5, pp. 5–11.

4. Voloshhuk, O.P., Voloshhuk, I.S., Bilovus, H.Ya., Sluchak, O.M., Hereshko, H.S., Vorobova, Yu.V., Hlyva, V.V. (2013). Tekhnologiya vyroshhuvannya pshenyци ozymoyi na nasinnya v umovax Zaxidnoho Lisostepu: metodychni rekomendaciyi [The technology of growing winter wheat for seeds in the conditions of the Western Forest Steppe]. Obroshyno, 30 p.

5. Palpmarchuk, V.D., Doronin, V.A., Kolisnyk, O.M., Alekseyev, O.O. (2021). Osnovy nasinnyeznavstva (teoriya, metodolohiya, praktyka): monohrafiya [Basics of seed science (theory, methodology, practice)]. Vinnytsa, "Druk" LLC printing house, 392 p.

6. Sapehyn, A.A. (1923). Dlya cheho uchrezhdena, kak rabotaet, cheho dostyha Odesskaya selskoozyajstvennaya stancyya (1912–1922) [Why was it established, how does it work, what did the Odessa Agricultural Station achieve (1912–1922)]. Odessa, Narkomzem of Ukraine, 23 p.

7. Lebid, Ye.M., Cherenkov, A.V., Solodushko, M.M., Hyrka, A.D. (2008). Osoblyvosti vyroshhuvannya ozymoyi pshenyци u Stepu Ukrayiny [Peculiarities of growing winter wheat in the Steppe of Ukraine]. Nauk.-texn. byul. Myronivskoho in-tu pshenyци im. V.M. Remesla [Scientific and technical bulletin of the Myroniv Wheat Institute named after V.M. Remesla]. Kyiv, Issue 8, pp. 335–344.

8. Morhun, V.V., Sanin, Ye.V., Shvartau, V.V. (2012). Sorty ta optymalni systemy vyroshhuvannya ozymoyi pshenyци [Varieties and optimal winter wheat cultivation systems]. Klub 100 centneriv [Club of 100 centners]. Kyiv, Lohos, 132 p.

9. Knezevic, D., Zecevic, V., Stamenkovic, S., Atanasijevic, S., Milosevic, B. (2012). Variability of number of kernels per spike in wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). Journal of Central European Agriculture. Issue 13(3), pp. 608–614. DOI: 10.5513/JCEA01/13.3.1099.

10. Kisiel, M. (1995). Development of demand for small grains in European countries: present and future. Fragmenta agronomica. Conference of the European Society for Agronomy and Polish Society of Agrotechnical Sciences. Puławy, no. 2, pp. 10–17.

11. Mazurek, J. (1995). Agronomic practices for small grain yield, stability and quality. Fragmenta agronomica. Conference of the European Society for Agronomy and Polish Society of Agrotechnical Sciences. Puławy, no. 2, pp. 126–135.

12. Rudyk, V.I. (2015). Selekcijni dosyahnennya v pshenyци ozymoyi za ostanni 20 rokiv [Breeding achievements in winter wheat over the past 20 years]. Visnyk aharnoyi nauky [Herald of Agrarian Science], no. 8, pp. 68–72.

13. Zhyvotkov, L.O., Vlasenko, V.A., Borsuk, H.Yu. (2001). Istoriya ta rezultaty selekcijnoyi roboty v Myronivskomu instytuti pshenyци im. V.M. Remesla [The history and results of selection work at the Myroniv Institute of Wheat named after V.M. Remesla]. Henetyka i selekciya v Ukrayini na mezhi tysyacholit [Genetics and breeding in Ukraine on the verge of millennia]. Kyiv, Lohos, Vol. 2, pp. 376–380.

14. Rabinovych, S.V., Vlasenko, V.A., Kolomiyec, L.A. (2004). Istoriya selekciyi, rodovody i sklad vysoko-

molekulyarnykh hlyuteniniv myronivskykh pshenyc, stvorennykh u 1929–2004 rr., ta yixni nashhadky v riznykh krayinax svitu [The history of selection, pedigrees and composition of high molecular weight glutenins of Myron wheats, created in 1929–2004, and their descendants in different countries of the world]. *Nauk.-texn. byul. Myron. in-tu pshen. im. V.M. Remesla* [Scientific and technical bulletin of the Myroniv Wheat Institute named after V.M. Remesla]. Kyiv, Agrarian science, Issue 4, pp. 58–126.

15. Morhun, V.V. Lohvynenko, V.F. (1995). *Mutatsionnaya selektsiya pshenicy* [Mutational breeding of wheat]. Kyiv, Scientific thought, 482 p.

16. Honchar, O.M. (2006). *Sortovi resursy popovnyuyutsya* [Varietal resources are replenished]. *Nasinnnyctvo* [Seed production]. no. 1, pp. 1–6.

17. *Derzhavnyj reyestr sortiv roslyn Ukrayiny* [State Register of Plant Varieties of Ukraine]. Kyiv, Harvest, 2017.

18. *Derzhavnyj reyestr sortiv roslyn Ukrayiny* [State Register of Plant Varieties of Ukraine]. Kyiv, Harvest, 2022.

19. Demydov, O.A., Havrylyuk, M.M., Konovalov, D.V. (2013). *Texnolohiya vyrobnyctva sertyfikovanoho nasynnya pshenyci ozymoyi: metodichni rekomendatsii* [Production technology of certified winter wheat seeds]. Kyiv, 115 p.

20. Havrylyuk, M.M., Konovalov, D.V. (2014). *Ekolohichna plastychnist sortiv – innovacij ta yakist nasynnya* [Ecological plasticity of varieties – innovations and seed quality]. *Nasinnnyctvo* [Seed production]. no. 2, pp. 15–20.

**Formation of varietal resources of winter wheat Konovalov D., Polishchuk V., Karpuk L., Chuhleb S., Shklyar V.**

The article highlights the specifics of the formation of varietal resources of winter wheat in Ukraine. It is shown that the creation of new varieties is a long, laborious and expensive material and intellectual process. The scheme of the selection process of winter wheat is complex and includes at least 12 stages, during which

various selection methods are used. Breeding work to create one variety takes 6–12 years. Analysis of the structure of the State Register of Plant Varieties Allowed for Distribution in Ukraine revealed that as of 2022, 661 varieties of winter wheat were entered into the Register, including 470 varieties of Ukrainian selection, which is 71.1 % of their total number. Over the past five years, the number of winter wheat varieties in the Register of Plant Varieties has increased 1.7 times, from 273 in 2017 to 470 in 2022. During this period, varieties of foreign selection entered the Register more actively, which in 2022 amounted to 28.9 % of the total number, while in 2017 they were 19.9 %. The majority of created varieties – 43.4%, are recommended for distribution in all soil and climatic zones of Ukraine – Steppe, Forest-Steppe and Polissia. By groups of ripeness, the largest number of varieties is 43.5 % medium-ripe and 37.2 % – medium-early varieties. The analysis of the activity of the originators of varieties of domestic breeding showed that the Institute of Plant Physiology and Genetics of the National Academy of Sciences of the Russian Academy of Sciences is the leader, and in 2022, 102 varieties or 21.7 % of the total number of domestic varieties were entered into the Register. The main direction of the selection work of this institute is the creation of plastic varieties of winter wheat for distribution in all zones of Ukraine – steppe, forest-steppe and Polissia, the share of these varieties from their total number is 61.8 %, mainly these are mid-early and mid-ripening varieties. According to the level of productivity and the direction of use, the wheat varieties of the Institute of Plant Physiology and Genetics of the National Academy of Sciences of Ukraine are conditionally divided into two groups: short-stemmed, high-intensity varieties, which under favorable climatic conditions and intensive cultivation technologies are able to form a grain yield of up to 10 t/ha and more, and medium-growing varieties of universal use, which in extreme growing conditions exceed the yield of high-intensity varieties.

**Key words:** Register of varieties, selection process, maturity groups, distribution of varieties, domestic selection.



Copyright: Коновалов Д.В. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Поліщук В.В.

Карпук Л.М.

Чухлеб С.Л.

Шкляр В.Д.

<https://orcid.org/0000-0001-8157-7028>


<https://orcid.org/0000-0002-2303-7899>

<https://orcid.org/0000-0001-9863-6709>

<https://orcid.org/0000-0002-0812-0627>

## АГРОНОМІЯ

УДК 633.2:577.486:581.524.34

**Особливості залуження еродованих схилів у південній частині Лісостепу Західного****Оліфірович В.О.** *Буковинська державна сільськогосподарська дослідна станція  
Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН* E-mail: buksaes@meta.ua

Оліфірович В.О. Особливості залуження еродованих схилів у південній частині Лісостепу Західного. «Агробіологія», 2023. № 1. С. 91–97.

Olifirovych V. The eroded slopes alkalization peculiarities in southern part of western Forest Steppe. «Agrobiology», 2023. no. 1, pp. 91–97.

Рукопис отримано: 15.03.2023 р.

Прийнято: 30.03.2023 р.

Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-179-1-91-97

Значна частина орних земель на схилах підлягає вилученню з активного обробітку та залуженню багаторічними травами. Відомо, що найпродуктивнішими є агрофітоценози, які сформовані на основі одновидового посіву люцерни посівної та її сумішей із багаторічними злаковими травами. Однак обмежуючим чинником формування високої продуктивності люцерно-злакових травостоїв є кисла реакція ґрунтового розчину. Дослідження, проведені у 2017–2020 рр. показали, що внесення вапна суттєво вплинуло на реакцію ґрунтового розчину. Майже у всіх варіантах з вапном значення наближались до нейтральних. Також вапнування ґрунту було дієвим чинником підвищення продуктивності досліджуваних травостоїв. Зокрема, травосумішка конюшина лучна + люцерна посівна + тимофіївка лучна на фоні без вапнування та внесення фосфорно-калійних добрив у середньому за 2017–2020 рр. забезпечила вихід 5,93 т/га сухої речовини. На розкислених ділянках продуктивність цієї травосумішки зросла до 7,52 т/га сухої речовини. Поєднання вапнування ґрунту та внесення фосфорно-калійних добрив забезпечило максимальний вихід сухої речовини з травосумішки конюшина лучна + люцерна посівна + стокolos безостий – 8,66 т/га, що на 27,5 % перевищило варіант без удобрення.

Хімічна меліорація ґрунту та внесення фосфорно-калійних добрив виявилися важливими чинниками збільшення частки бобових компонентів в ботанічному складі урожаю зеленої маси. Зокрема, у найбільш продуктивній травосумішки конюшина лучна + люцерна посівна + стокolos безостий на провапнованому та удобреному фоні частка бобових компонентів у першому та другому укосах зросла на 20,9 та 17,4 % відповідно.

Отже, бобово-злакові травостої в середньому за перші чотири роки використання забезпечують вихід 5,93–8,66 т/га сухої речовини з вмістом бобового компоненту 32–63,8 %. Хімічна меліорація ґрунту та внесення фосфорно-калійних добрив підвищили продуктивність бобово-злакових травостоїв на 27,5–27,9 % та збільшили частку бобових компонентів на 17,4–20,9 %.

**Ключові слова:** схилі землі, вапнування ґрунту, травосумішка, люцерна посівна, тимофіївка лучна, стокolos безостий, продуктивність, ботанічний склад.

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** Нині розораність земель в Україні становить 54,4 %, зокрема в Поліссі – 35,4 %, Лісостепу – 58,9, Степу – 62,3 %, а відносно сільськогосподарських угідь відповідно: 65,8; 82,0 і 75,8 %. Розорюванню були піддані не лише рівнинні площі земель із родючими ґрунтами, а також землі заповідного фонду, схилів тощо. Це призвело до небувалого розвитку

водної ерозії ґрунтів. В Україні, з метою поліпшення структурно-функціональної організації агроландшафтів та відновлення їх господарсько-виробничої спроможності, передбачено вивести з інтенсивного обробітку 10 млн га земель з відведенням 2 млн га під заліснення, решту під трав'янисті екосистеми, переважно кормового призначення. Вилученню насамперед підлягають орні землі на схилах [1].

Відомо, що на орних схилових землях північного Лісостепу найкращим способом відновлення лучних травостоїв є сівба бобово-злакових сумішей з включенням до їх складу сортів люцерни посівної, конюшини лучної, стоколосу безостого, костриці східної, тимофіївки лучної [2]. Водночас ряд дослідників [3–6] наголошують, що найпродуктивнішими є агрофітоценози, які сформовані на основі одновидового посіву люцерни посівної та її сумішей з пізньостиглими тимофіївкою лучною і пірієм середнім, а також середньостиглими стоколосом безостим і кострицею східною. Включення до бобово-злакових травосумішей люцерни посівної, а також використання на кормові цілі одновидового її посіву порівняно із злаковим травостоєм на фонах без внесення мінерального азоту в середньому за перші три роки життя підвищує продуктивність сіяних травостоїв від 3,24–3,31 до 7,92–10,34 т/га [7]. Однак обмежувачим чинником формування високих і сталих врожаїв листостеблової маси та продуктивності люцерни є кисла реакція ґрунтового розчину [8, 9]. Люцерна посівна найкраще реагує на вапнування ґрунту з багаторічних бобових трав (конюшина лучна, люцерна посівна, лядвенець рогатий, галега східна) [10]. Адже за своїми біологічними особливостями рослини люцерни нормально розвиваються лише на ґрунтах з рН сольової витяжки від 6,0 до 7,5, тобто близької до нейтральної [11]. Тому для створення потужного травостою та підвищення продуктивності люцерни посівної доцільно проводити вапнування ґрунту [12–16]. Різні дози вапна знижували кислотність ґрунту на 0,9–1,5 одиниці рН та різко підвищували вихід сухої маси з люцернового травостою [17, 18]. Також відомо, що внесення вапна, окрім підвищення показника рН ґрунту, значно покращує доступність для рослин люцерни фосфору та калію [19].

**Мета дослідження** – розробити найбільш ефективні технологічні прийоми залуження еродованих схилових земель на основі підбору найбільш адаптованих видів багаторічних бобових і злакових трав та їх сумішок, вапнування ґрунту та внесення фосфорно-калійних добрив.

**Матеріал і методи дослідження.** Дослід розташований на схилі південно-західної експозиції, крутизною від 4 до 7 ° і довжиною 400 м, на сірому лісовому середньозмитому пілуватому-важкосуглинковому ґрунті. Положення по мезоформі рельєфу – між верхів'ям та серединою схилу. Морфологічний тип рельєфу земельної ділянки під дослідом – прямий схил (без випуклостей та западин). У досліді висі-

вали тимофіївку лучну в одновидовому посіві (12 кг/га), травосумішку конюшина лучна (8 кг/га) + люцерна посівна (8 кг/га) + тимофіївка лучна (6 кг/га) та травосумішку конюшина лучна (8 кг/га) + люцерна посівна (8 кг/га) + стоколос безостий (12 кг/га). Розмір посівних ділянок з травами та їх сумішами становить 72 м<sup>2</sup>, облікових – 50 м<sup>2</sup>. Повторність досліду – триразова. Технологія вирощування злакового та люцерно-злакових травостоїв – загальноприйнята для лісостепової зони, яка передбачала згідно зі схемою досліду нейтралізацію кислотності ґрунту через вапнування повною нормою за гідролітичною кислотністю під час внесення навесні разом з мінеральними добривами перед проведенням передпосівної культивування. В досліді використовували вапнякове борошно (вміст CaCO<sub>3</sub> 86 %), фосфорне добриво (суперфосфат простий гранульований – 19,5 %), калійне добриво (калімагnezія – 28,0 %). Показник рН сольової витяжки визначали потенціометричним методом [20]. Під час закладання польового досліду керувались «Методикою проведення дослідів по кормовиробництву» [21].

#### **Результати дослідження та обговорення.**

Відомо, що склад рослинного покриву істотно впливає на процеси ерозії. Чим густіші посіви і більша біомаса врожаю, тим вища ґрунтозахисна ефективність сільськогосподарських культур. Найефективніше захищають ґрунт багаторічні трави [22]. Однак для створення високопродуктивних бобово-злакових травостоїв потрібне розкислення ґрунту. В умовах проведення досліджень внесення вапна суттєво вплинуло на реакцію ґрунтового розчину. Майже у всіх варіантах з вапном значення наближались до нейтральних (табл. 1).

Ще одна тенденція – зменшення величини рН з глибиною. Це підтверджує генетичну природу досліджуваного ґрунту і свідчить про вищу інтенсивність елювіальних процесів, порівняно з поверхневими горизонтами.

Відомо, що хімічна меліорація кислих і близьких до нейтральної реакції ґрунтів є основним чинником підвищення врожайності сільськогосподарських культур [23]. Нашими дослідженнями також доведено, що вапнування ґрунту було дієвим чинником підвищення продуктивності досліджуваних травостоїв. Зокрема, найменшим виходом сухої речовини (2,88 т/га) характеризувався непровапнований та неудообрений варіант посіву тимофіївки лучної. За проведення вапнування та поєднання вапнування з внесенням фосфорно-калійних добрив у дозі P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> вихід сухої речовини із злакового травостою зростає лише до 3,41 та 3,65 т/га, або на 15,5 та 21,1 % (табл. 2).



Таблиця 1 – Рівень рНксі ґрунту залежно від досліджуваної культури, вапнування та удобрення

Варіант	Глибина, см	
	(0–20)	(20–40)
Тимофіївка лучна	5,12	4,75
Тимофіївка лучна + вапнування	6,21	5,87
Тимофіївка лучна + вапнування + P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	6,17	5,89
Люцерна посівна + конюшина лучна + тимофіївка лучна	5,12	4,70
Люцерна посівна + конюшина лучна + тимофіївка лучна + вапнування	6,19	5,82
Люцерна посівна + конюшина лучна + тимофіївка лучна + вапнування + P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	6,11	5,57
Люцерна посівна + конюшина лучна + стоколос безостий	4,99	4,76
Люцерна посівна + конюшина лучна + стоколос безостий + вапнування	6,08	5,48
Люцерна посівна + конюшина лучна + стоколос безостий + вапнування + P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	6,11	5,66

Таблиця 2 – Вихід сухої речовини з багаторічних травостоїв залежно від їх видового складу, вапнування ґрунту та удобрення, т/га (середнє за 2017–2020 рр.)

Культура, травосумішка	Вапнування ґрунту	Удобрення	Укоси		Сума
			1-й	2-й	
Тимофіївка лучна	Без вапна	Без добрив	1,94	0,94	2,88
	1,0 норми за г. к.		2,42	0,99	3,41
	1,0 норми за г. к.	P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	2,61	1,04	3,65
Конюшина лучна + люцерна посівна + тимофіївка лучна	Без вапна	Без добрив	3,51	2,42	5,93
	1,0 норми за г. к.		4,36	3,16	7,52
	1,0 норми за г. к.	P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	4,88	3,35	8,23
Конюшина лучна + люцерна посівна + стоколос безостий	Без вапна	Без добрив	3,73	2,55	6,28
	1,0 норми за г. к.		4,65	3,13	7,78
	1,0 норми за г. к.	P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	5,16	3,50	8,66
НІР <sub>05</sub>			0,24	0,14	0,35

Значно вищий вихід сухої речовини, порівняно із злаковим травостоєм, забезпечували бобово-злакові травостої. Зокрема, травосумішка конюшина лучна + люцерна посівна + тимофіївка лучна на фоні без вапнування та внесення фосфорно-калійних добрив в середньому за 2017–2020 рр. забезпечила вихід 5,93 т/га сухої речовини. На розкислених ділянках продуктивність цієї травосумішки зросла до 7,52 т/га сухої речовини, або на 21,1 % більше, порівняно з варіантом без внесення вапняко-

вих матеріалів. Поєднання вапнування ґрунту та внесення фосфорно-калійних добрив забезпечило максимальний вихід сухої речовини з цієї травосумішки – 8,23 т/га, що на 27,9 % перевищило варіант без удобрення. Вищу продуктивність на фоні без вапнування та внесення фосфорно-калійних добрив в умовах проведення досліджень забезпечила травосумішка конюшина лучна + люцерна посівна + стоколос безостий – 6,28 т/га. Поєднання вапнування ґрунту та внесення фосфорно-калійних



добрив забезпечило максимальний вихід сухої речовини з цієї травосумішки – 8,66 т/га, що на 27,5 % перевищило варіант без удобрення. Отже, в умовах проведення досліджень бобово-злакові травостої за продуктивністю перевищують злаковий у 2,1–2,4 рази. При цьому приріст виходу сухої речовини від внесення вапна та фосфорно-калійних добрив на бобово-злакових травостоях значно вищий, порівняно із злаковим.

Ботанічний склад досліджуваних травостовів залежав від виду трав та складу травосумішок, вапнування і удобрення. Зокрема, у злаковому травостові тимофіївки лучної, порівняно з бобово-злаковим, значно швидше поширилися несіяні види, частка яких у першому укосі становила 20,6–23,4, у другому – 36,3–44,2 %. У бобово-злакових травостоях частка сіяних видів у середньому за 2016–2020 рр. була значно вищою. Зокрема, у травосумішці конюшина лучна + люцерна посівна + тимофіївка лучна частка бобових становила 35,5 у першому та

45,9 % – у другому укосі, частка злакового компоненту – 46,3 та 32,9 % у першому та другому укосах відповідно. У травосумішці конюшина лучна + люцерна посівна + стоколос безостий частка бобових становила 32 у першому та 42,2 % – у другому укосі, частка злакового компоненту – 48,3 та 37,3 % у першому та другому укосах відповідно. Хімічна меліорація ґрунту та внесення фосфорно-калійних добрив виявилися дієвими чинниками збільшення частки бобових компонентів в ботанічному складі урожаю зеленої маси. Зокрема, на варіанті із сівбою травосумішки конюшина лучна + люцерна посівна + тимофіївка лучна за внесення вапнякового борошна частка бобових компонентів у першому і другому укосах становила 50,3 та 59 % відповідно, а за внесення фосфорно-калійних добрив на провапнованому фоні частка бобових компонентів зросла до 54,6 та 63,8 % відповідно. Тобто частка бобових компонентів зросла на 14,8–19,1 та 13,1–17,9 % відповідно (табл. 3).

Таблиця 3 – Ботанічний склад зеленої маси багаторічних трав залежно від їх видового складу, вапнування та удобрення, %

Культура, травосумішка, удобрення	Господарсько-ботанічна група	укоси	
		1-й	2-й
Тимофіївка лучна	злаки	76,6	55,8
	різнотрав'я	23,4	44,2
Тимофіївка лучна + вапнування	злаки	79,1	63,1
	різнотрав'я	20,9	36,9
Тимофіївка лучна + вапнування + P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	злаки	79,4	63,7
	різнотрав'я	20,6	36,3
Конюшина лучна + люцерна посівна + тимофіївка лучна	бобові	35,5	45,9
	злаки	46,3	32,9
	різнотрав'я	18,2	21,2
Конюшина лучна + люцерна посівна + тимофіївка лучна + вапнування	бобові	50,3	59,0
	злаки	33,7	24,3
	різнотрав'я	16,0	16,7
Конюшина лучна + люцерна посівна + тимофіївка лучна + вапнування + P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	бобові	54,6	63,8
	злаки	32,6	21,1
	різнотрав'я	12,8	15,1
Конюшина лучна + люцерна посівна + стоколос безостий	бобові	32,0	42,2
	злаки	48,3	37,3
	різнотрав'я	19,7	20,5
Конюшина лучна + люцерна посівна + стоколос безостий + вапнування	бобові	46,7	55,1
	злаки	40,4	31,4
	різнотрав'я	12,9	13,5
Конюшина лучна + люцерна посівна + стоколос безостий + вапнування + P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	бобові	52,9	59,6
	злаки	38,3	30,4
	різнотрав'я	8,8	10,0

У травосумішки конюшина лучна + люцерна посівна + стоколос безостий на провапнованому та удобреному фоні частка бобових компонентів у першому та другому укосах зроста на 14,7–20,9 та 12,9–17,4 % відповідно. Також бобово-злаковий травостій з конюшини лучної, люцерни посівної та стоколосу безостого, створений на фоні вапнування ґрунту та внесення фосфорно-калійних добрив, виявився найстійкішим до забур'янення.

**Висновки.** Схилові угіддя стають важливим джерелом постачання високоякісних кормів для тваринництва і забезпечують одержання в середньому за перші чотири роки використання бобово-злакових травостоїв 5,93–8,66 т/га сухої речовини з вмістом бобового компоненту 32–63,8 %. Хімічна меліорація ґрунту та внесення фосфорно-калійних добрив підвищили продуктивність бобово-злакових травостоїв на 27,5–27,9 % та збільшили частку бобових компонентів на 14,7–20,9 %.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Боговін А.В., Пташнік М.М., Дудник С.В. Відновлення продуктивних, екологічно стійких трав'янистих біогеоценозів на антропотрансформованих едафотопах: монографія. Київ: Центр учбової літ-ри, 2017. 357 с.
2. Боговін А.В., Пташнік М.М., Дудник С.В. Еколого-біологічна структура і продуктивність трав'янистих ценозів за різних способів їх відтворення на вилучених з обробітку орних землях. Біоресурси і природокористування. 2012. Т. 4, № 3–4. С. 57–62. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/brc\\_2012\\_4\\_3-4\\_11](http://nbuv.gov.ua/UJRN/brc_2012_4_3-4_11).
3. Коваленко В.П., Ковбасюк П.У. Урожайність люцерно-злакового травостою залежно від частки люцерни та удобрення в умовах Правобережного Лісостепу України. Вісник ХНАУ. Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання. 2015. Вип. 2. С. 155–160.
4. Цимбал Я.С., Кушук М.А. Продуктивність і кормова цінність люцерни порівняно з іншими багаторічними травами. Вісник аграрної науки. 2019. № 10 (799). С. 24–31. DOI: 10.31073/agrovisnyk201909-04.
5. Оліфірович В.О., Векленко Ю.А. Підвищення ефективності вирощування люцерно-злакових та лядвенцево-злакових сумішок на еродованих схилах. Корми і кормовиробництво. 2021. Вип. 91. С. 93–102. DOI: 10.31073/kormovyrobnytstvo202191-08
6. Skuodien R., Liatukien A., Petrauskas G. Comparison of Productivity and Agro-Biological Traits of Alfalfa Populations Resistant to Mobile Al Grown on Acidic and Neutral Soils. *Agronomy* 2023, 13, 156 p. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13010156>.
7. Кургак В., Дегодюк Е., Гавриш Я. Кормова продуктивність люцерно-злакових агроценозів з різними злаковими компонентами. Вісник аграрної науки. 2022. № 3 (828). С. 28–36. DOI: 10.31073/agrovisnyk202203-04
8. Циганський В.І. Динаміка густоти рослин люцерни посівної в період вегетації залежно від оптимізації технологічних прийомів вирощування. Сільське господарство та лісівництво. Вінниця: ВНАУ, 2020. № 18. С. 59–68. DOI: 10.37128/2707-5826-2020-3-5
9. Ткачук Р.О. Формування врожайності листостеблової маси люцерни посівної залежно від режимів скошування травостою та рівня удобрення в умовах Лісостепу Правобережного. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2018. Вип. 64. С. 144–154. DOI: 10.32636/01308521.2018-(64)-12
10. Кургак В.Г., Панасюк С.С. Продуктивність багаторічних бобових трав в одновидових і сумісних із стоколосом безостим кормових агрофітоценозах. Землеробство та рослинництво: теорія і практика. 2021. Вип. 1. С. 54–65.
11. Бугайов В.Д., Мамалига В.С., Горенський В.М., Максимов А.М. Оцінка та створення вихідного матеріалу для селекції люцерни посівної в умовах підвищеної кислотності ґрунтів. Фактори експериментальної еволюції організмів. 2014. Т. 15. С. 153–155.
12. Гетман Н.Я., Циганський В.І. Продуктивність люцерни посівної залежно від вапнування ґрунту та обробки насіння в умовах Лісостепу правобережного. Вісник Сумського національного аграрного університету. Агронімія і біологія. Суми, 2014. Вип. 3 (27). С. 137–141.
13. Гетман Н.Я., Циганський В.І., Демидась Г.І., Квітко М.Г. Шляхи підвищення продуктивності люцерни посівної в умовах Лісостепу Правобережного. Корми і кормовиробництво. 2017. Вип. 83. С. 46–51.
14. Петриченко В.Ф., Гетман Н.Я., Циганський В.І. Люцерна посівна як стабілізуючий чинник інтенсифікації кормовиробництва. Вісник аграрної науки. 2018. № 10. С. 19–26. DOI: 10.31073/agrovisnyk201810-03
15. Петриченко В.Ф., Гетман Н.Я., Векленко Ю.А. Обґрунтування продуктивності люцерни посівної за тривалого використання травостою в умовах зміни клімату. Вісник аграрної науки. 2020. № 3. С. 20–26. DOI: 10.31073/agrovisnyk202003-03
16. Гетман Н.Я., Квітко М.Г., Циганський В.І. Люцерна посівна. Вінниця: Твори, 2021. 428 с.
17. Liming increases alfalfa yield and crude protein content in an acidic silty loam soil / G. Dugalić et al. *African Journal of Biotechnology*. 2012. Vol. 11(53). P. 11552–11558. DOI: 10.5897/AJB12.811.
18. Stevović V., Đurović D., Đukić D., Lazarević B., Tomić D. Alfalfa response to low soil pH and liming. In *Proceedings of the XII International Symposium on Forage Crops of Republic of Serbia, Biotechnology in Animal Husbandary*. Kruševac, Serbia, 2019. P. 261–268.
19. Dugalić G., Gajić B., Katić S., Stevović V. Influence of liming on yield and chemical composition of alfalfa on acid soils. *Cereal. Res. Commun.* 2008. 36. P. 995–998.
20. Якість ґрунту. Визначення активної кислотності. ДСТУ 7862: 2015. Чинний від 2016-07-01. Київ: УкрНДНЦ, 2016. 9 с.

21. Бабич А.О. Методика проведення дослідів по кормовиробництву. Вінниця, 1994. 96 с.

22. Смарт методи управління родючістю ґрунтів: навчальний посібник для аспірантів спеціальності 201 – Агрономія / укл.: М.С. Шевченко, Л.М. Десятник. Дніпро: ДУ ІЗК НААН, 2019. 176 с.

23. Ткаченко М.А., Кондратюк І.М., Борис Н.Є. Хімічна меліорація кислих ґрунтів: монографія. Вінниця: ТОВ ТВОРИ, 2019. 318 с.

## REFERENCES

1. Bogovin, A.V., Ptashnik, M.M., Dudnik, S.V. (2017). Vidnovlennja produktivnih, ekologichno stijkih trav'janistih biogeocenoziv na antropotransformovanih edafotopah: monografija [Restoration of productive, ecologically stable herbaceous biogeoceneses on anthropotransformed edaphotopes]. Kyiv, Center for Educational Literature, 357 p.

2. Bohovin, A.V., Ptashnyk, M.M., Dudnyk, S.V. (2012). Ekologo-biologichna struktura i produktivnist' trav'janistih cenziv za riznih sposobiv i'h vidtvorenja na viluchenih z obrobitku ornih zemljah [Ecological and biological structure and productivity of grass cenoses in different ways of their reproduction on arable lands withdrawn from cultivation]. Bioresursi i prirodokoristuvannja [Bioresources and nature management]. Vol. 4, no. 3–4, pp. 57–62. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/bpc\\_2012\\_4\\_3-4](http://nbuv.gov.ua/UJRN/bpc_2012_4_3-4) 11.

3. Kovalenko, V.P., Kovbasjuk, P.U. (2015). Urozhajnist' ljucerno-zlakovogo travostoju zalezno vid chastki ljucerni ta udobrennja v umovah Pravoberezhnogo Lisostepu Ukraїni [Productivity of alfalfa-cereal grassland depending on the proportion of alfalfa and fertilizer in the conditions of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine]. Visnik HNAU Roslinnictvo, selekcija i nasinnictvo, plodoovochivnictvo i zberigannja [KHNAU Bulletin Crop production, selection and seed production, fruit and vegetable production and storage]. Issue 2, pp. 155–160.

4. Tsymbal, Ya.S., Kushchuk, M.A. (2019). Produktivnist i kormova tsinnist liutserny porivniano z inshymy bahatorichnymy travamy [Productivity and nutritional value of alfalfa compared to other perennial grasses]. Visnyk ahrarnoi nauky [Bulletin of Agricultural Science]. no. 10 (799), pp. 24–31. Available at: <https://doi.org/20.31073/agrovisnyk201910-04>.

5. Olifirovich, V.O., Veklenko, Ju.A. (2021). Pidvishhennja efektyvnosti viroshhuvannja ljucerno-zlakovih ta ljadvencevo-zlakovih sumishok na erodovanih shilah [Increasing the efficiency of cultivation of alfalfa-cereal and ryegrass-cereal mixtures on eroded slopes]. Kormi i kormovirobnictvo [Fodder and fodder production]. Issue 91, pp. 93–102.

6. Skuodien, R., Liatukien, A., Petrauskas G. (2023). Comparison of Productivity and Agro-Biological Traits of Alfalfa Populations Resistant to Mobile Al Grown on Acidic and Neutral Soils. *Agronomy*. no. 13, 156 p. DOI: 10.3390/agronomy13010156.

7. Kurgak, V., Degodjuk, E., Gavrish, Ja. (2022). Kormova produktivnist' ljucerno-zlakovih agrocenoziv z riznimi zlakovimi komponentami [Forage productivity of alfalfa-cereal agroceneses with different ce-

real components]. *Visnik agrarnoi nauky [Bulletin of Agricultural Science]*. no. 3 (828), pp. 28–36. DOI: 10.31073/agrovisnyk202203-04

8. Cygans'kyj, V.I. (2020). Dynamika gustoty roslin ljucerny posivnoi' v period vegetacii' zalezno vid optymizacii' tehnologichnyh pryjomiv vyroshhuvannja [The dynamics of the density of seeded alfalfa plants during the growing season depending on the optimization of technological methods of cultivation]. *Sil'ske gospodarstvo ta lisivnytvo [Agriculture and forestry]*. no. 18, pp. 59–68. DOI: 10.37128/2707-5826-2020-3-5

9. Tkachuk, R.O. (2018). Formuvannja vrozha-jnosti lystosteblovoi' masy ljucerny posivnoi' zalezno vid rezhymiv skoshuvannja travostoju ta rivnja udobrennja v umovah Lisostepu Pravoberezhnogo [The formation of the yield of leaf-stem mass of alfalfa seed depending on the mowing regimes of the grass stand and the level of fertilization in the conditions of the Pravoberezhny Forest Steppe]. *Peredgirne ta girs'ke zemlerobstvo i tvarynnytvo [Foothill and mountain agriculture and animal husbandry]*. no. 64, pp. 144–154. DOI: 10.32636/01308521.2018-(64)-12

10. Kurgak, V.G., Panasjuk, S.C. (2021). Produktivnist' bagatorichnyh bobovyh trav v odnovydovyh i sumisnyh iz stokolosom bezostym kormovynh agrofitecenzah [Productivity of perennial leguminous grasses in monospecies and compatible with thornless forage agrophytoceneses]. *Zemlerobstvo ta roslynytvo: teorija i praktyka [Agriculture and crop production: theory and practice]*. Issue 1, pp. 54–65.

11. Buhaiov, V.D., Mamalyha, V.S., Horenskyi, V.M., Maksimov, A.M. (2014). Ocinka ta stvorenja vyhidnogo materialu dlja selekcii' ljucerny posivnoi' v umovah pidvyshhenoi' kyslotnosti ґruntiv [Evaluation and creation of source material for alfalfa breeding in conditions of high soil acidity]. *Faktyky eksperymentalnoi evoliutsii orhanizmiv [Factors in Experimental Evolution of Organisms]*. Vol. 15, pp. 153–155.

12. Getman, N.Ja., Cigans'kij, V.I. (2014). Produktivnist' ljucerny posivnoi' zalezno vid vapnuvannja rruntu ta obrobitki nasinnja v umovah Lisostepu pravoberezhnogo [Productivity of alfalfa sowing depending on soil liming and seed treatment in conditions of the right-bank forest-steppe]. *Visnik Sums'kogo nacional'nogo agrarnogo universitetu. Agronomija i biologija [Bulletin of the Sumy National Agrarian University. Agronomy and Biology]*. no. 3 (27), pp. 137–141.

13. Getman, N.Ja., Tsyhanskyi, V.I., Demydas, H.I., Kvitko, M.G. (2017). Shliakhy pidvyshchennia produktivnosti liutserny posivnoi v umovakh Lisostepu Pravoberezhnoho [Ways to improve the productivity of alfalfa sowing in the forest-steppe of the Right Bank]. *Kormy i kormovyrobnictvo [Feeds and Feed Production]*. Issue 83, pp. 46–51.

14. Petrychenko, V.F., Hetman, N.Ya., Tsyhanskyi, V.I. (2018). Ljucerna posivna jak stabilizuvalni chynnnyk intensyfikacii' kormovyrobnictva [Lucerne sowing as a stabilizing factor in the intensification of fodder production]. *Visnyk ahrarnoi nauky [Bulletin of Agricultural Science]*. no. 10, pp. 19–26. DOI: 10.31073/agrovisnyk201810-03

15. Petrychenko, V., Hetman, N., Veklenko, Yu. (2020). Obruntuvannia produktyvnosti liutserny posivnoi za tryvaloho vykorystannia travostoju v umovakh zminy klimatu [Substantiation of alfalfa productivity for long-term use of grass in the conditions of climate change]. *Visnyk ahrarnoi nauky* [Bulletin of agrarian science]. no. 3, pp. 20–26. DOI: 10.31073/agrovisnyk202003-03

16. Getman, N.Ja., Kvitko, M.G., Cigans'kij, V.I. (2021). Ljucerna posivna [Alfalfa sowing]. Vinnitsa, Works, 428 p.

17. Dugalić, G., Gajić, B., Bokan, N., Jelić, M., Tomić, Z., Dragović R. (2012). Liming increases alfalfa yield and crude protein content in an acidic silty loam soil. *African Journal of Biotechnology*. Vol. 11 (53), pp. 11552–11558. DOI: 10.5897/AJB12.811.

18. Stevović, V., Đurović, D., Đukić, D., Lazarević, B., Tomić, D. (2019). Alfalfa response to low soil pH and liming. In *Proceedings of the XII International Symposium on Forage Crops of Republic of Serbia, Biotechnology in Animal Husbandary*. Kruševac, Serbia, pp. 261–268.

19. Dugalić, G., Gajić, B.; Katić, S., Stevović, V. (2008). Influence of liming on yield and chemical composition of alfalfa on acid soils. *Cereal. Res. Commun.* no. 36, pp. 995–998.

20. Jakisť g'runtu. Vyznachennja aktyvnoi' kyslotnosti. DSTU 7862: 2015. [Soil quality. Determination of active acidity. Valid from 2016-07-01]. Kyiv, UkrNDNC, 2016, 9 p.

21. Babych, A.O. (1994). *Metodyka provedennia doslidiv po kormovyrobnytstvu* [Methods of conducting experiments on feed production]. Vinnytsia, 96 p.

22. Shevchenko, M.S., Desyatnik, L.M. (2019). *Smart metody upravlinnja rodjuchistju g'runtiv: navchal'nyj posibnyk dlja aspirantiv special'nosti 201 – Agronomija* [Smart methods of soil fertility management: a study guide for graduate students of specialty 201 – Agronomy]. Dnipro, DU IZK NAAN, 176 p.

23. Tkachenko, M.A., Kondratyuk, I.M., Boris, N.E. (2019). *Himichna melioracija kyslyh g'runtiv: monografija* [Chemical reclamation of acid soils]. Vinnytsia, LLC WORKS, 318 p.

### The eroded slopes alkalization peculiarities in southern part of western Forest Steppe Olifirovych V.

A significant part of arable lands on slopes is subject to removal from active processing, and to alkalization with perennial herbs. We know that the most productive are those agro-phytocenoses, forming based on a single-species sowing of alfalfa (Lucerne), and its mixture with perennial cereal grasses. However, the restrictive factor of forming alfalfa-cereal grasslands high productivity is the soil solution acid reaction. The research carried out in 2017–2020 showed that lime application has significantly affected the soil solution reaction. Almost in all variants with liming, the values approached neutral. Besides, the soil liming was an effective factor of the researched grasslands productivity increase. So, a herbal mixture: red clover + alfalfa + timothy grass, on the background without liming and introducing phosphorus-potassium fertilizers, averagely for 2017–2020 has provided the output of 5,93 t/ha of dry matter. On deacidified plots, the given herbal mixture productivity has increased to 7,52 t/ha of dry matter. The combination of soil liming and phosphorus-potassium fertilizers application has supplied the maximum dry matter output from the herbal mixture: red clover + alfalfa + smooth brome grass – 8,66 t/ha, which exceeded by 27,5 % the unfertilized variant.

The soil chemical melioration and phosphorus-potassium fertilizers application have proved to be the important factors of increasing the leguminous components part in the botanical component of a green mass yield. Particularly, in the most productive herbal mixture: red clover + alfalfa + smooth brome grass, on the limed and fertilized background, a leguminous component part in the first and second mowings has increased by 20,9 and 17,4 %, respectively.

Thus, the legume-cereal grasslands averagely for the first four years of usage provide the 5,93–8,66 t/ha dry matter output, containing 32–63,8 % of a leguminous component. The soil chemical melioration, as well as phosphorus-potassium fertilizers application have increased the legume-cereal grasslands productivity by 27,5–27,9 %, and enlarged the leguminous components part by 17,4–20,9 %.

**Key words:** sloping lands, soil liming, herbal mixture, alfalfa (Lucerne), timothy grass, smooth brome grass, productivity, botanical composition.



Copyright: Оліфірович В.О. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Оліфірович В.О.

<https://orcid.org/0000-0001-8868-0204>



УДК 631.582.5:631.811.98:631.573:633.11/.844

## Запаси доступної ґрунтової вологи, урожайність і маса кореневих решток пшениці озимої та післяжнивної гірчиці білої залежно від систем обробітку, попередників і удобрення в п'ятипільній сівозміні

Примак І.Д. , Глеваський В.І. , Войтовик М.В., Павліченко А.А. ,Качан Л.М. , Панченко О.Б., Ображій С.В. 

Білоцерківський національний аграрний університет



Примак І.Д., Глеваський В.І., Войтовик М.В., Павліченко А.А., Качан Л.М., Панченко О.Б., Ображій С.В. Запаси доступної ґрунтової вологи, урожайність і маса кореневих решток пшениці озимої та післяжнивної гірчиці білої залежно від систем обробітку, попередників і удобрення в п'ятипільній сівозміні. «Агробіологія», 2023. № 1. С. 98–113.

Prymak I., Hlevaskiy V., Voitovyk M., Pavlichenko A., Kachan L., Pancenko O., Obrazhyu S. Reserves of available soil moisture, productivity and mass of root residues of winter wheat and post-harvest white mustard depending on cultivation, precursors and fertilizer. «Agrobiologia», 2023. no. 1, pp. 98–113.

Рукопис отримано: 20.03.2023 р.

Прийнято: 03.04.2023 р.

Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-179-1-98-113

Трирічні (2020–2022) дослідження на дослідному полі Білоцерківського НАУ дають підставу рекомендувати на чорноземах типових глибоких малогумусних середньосуглинкових Правобережного Лісостепу України в п'ятипільній спеціалізованій (зерновій) сівозміні диференційовану систему основного обробітку ґрунту, що передбачає глибоку оранку лише під просапну культуру, а під пшеницю озиму після обох попередників (гороху і гречки) та післяжнивну гірчицю білу на зелене добриво – обробіток важкими дисковими боровами відповідно на глибину 8–10 і 10–12 см із внесенням  $N_{140}P_{60}K_{100}$  під хлібну рослину після гречки та  $N_{120}P_{60}K_{90}$  – після гороху, а під капустяну –  $N_{80}P_{60}K_{80}$  після обох попередників.

Запаси доступної ґрунтової вологи під пшеницею озимою вищі в ланці з горохом, ніж гречкою. Найвищі запаси її у фазу сходів культури після обох попередників за диференційованого обробітку у сівозміні.

На дату сівби гірчиці білої в ланці з горохом запаси доступної ґрунтової вологи у верхньому шарі неістотно відрізнялися по варіантах обробітку, а в орному вони найвищі за полицево-дискового обробітку.

За передпопередника гречки вміст ґрунтової вологи в досліджуваних шарах (0–10, 0–30 і 0–100 см) на дату сівби гірчиці білої істотно підвищувався за диференційованого та істотно зменшувався за дискового обробітків.

Урожайність пшениці озимої на 0,59 т/га вища в ланці з горохом, ніж з гречкою. Після обох попередників вона найбільша за диференційованого обробітку. За чизельно-дискового і дискового обробітків цей показник істотно знижується.

Лише на неудобрених ділянках за полицево-дискового і дискового обробітків урожай зеленої маси гірчиці білої вищий у ланці з горохом, ніж з гречкою, на решті варіантів досліду перевага за круп'яним попередником. У ланці з гречкою істотне зниження урожаю спостерігається за дискового обробітку та істотне підвищення за диференційованого обробітку удобрених ділянок.

Маса кореневих решток пшениці озимої істотно нижча за чизельно-дискового і дискового, ніж полицево-дискового, обробітків по обох попередниках. За диференційованого обробітку цей показник підвищувався порівняно з контролем, проте неістотно.

Маса кореневих решток гірчиці білої за обох передпопередників істотно менша лише за дискового обробітку.

Із підвищенням норм внесення добрив маса кореневих решток зростає повільніше, ніж урожайність, особливо за розміщення культур після бобового попередника.

**Ключові слова:** ґрунт, обробіток, урожайність, удобрення, попередники, культури, кореневі рештки, сівозміна.



**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** За останню чверть століття площа України з надмірним і достатнім зволоженням скоротилась на 10 % і становить 22,5 % її території, зокрема 7,6 млн га ріллі [1]. Вперше теоретично обґрунтував причини виникнення посух і дефляції ґрунту, вказавши на їх взаємозв'язок, в останній чверті 19 ст. О.О. Ізмаїльський. Науковець розробив комплекс заходів підвищення вмісту ґрунтової вологи, вказавши, що вона залежить від умов, «що утруднюють стік атмосферної води з поверхні ґрунту» і «сприяють проникненню цієї вологи всередину ґрунту...» та «захищають поверхню ґрунту від висихання» [2]. Основоположник класифікації типів водного режиму ґрунтів Г.М. Висоцький неодноразово наголошував, що «вода в ґрунті – однаково, що кров в організмі людини» [3]. Саме цей чинник життя рослин найбільш часто виявляється в мінімумі, визначаючи екологічну межу продуктивності рілльничих культур і сівозмін [4].

Слід зазначити, що на сьогодні найбільш дискусійним питанням у рілльництві залишається обробіток ґрунту в сівозмінах: способи, глибина, заходи і засоби його проведення [5].

Наприкінці 19 ст. головним засобом інтенсифікації вітчизняного рілльництва вважали плуг – символ знаряддя мирної праці, що замінив рало й соху. Пануючий на той час погляд на дефляцію ґрунтів, як на наслідок його висушування, перешкодило, очевидно, П.А. Костичеву – основоположнику агрономічного ґрунтознавства – закласти теоретичні основи ґрунтозахисного обробітку. Це згодом зробив І.Є. Овсінський – українець, якого вважають основоположником поверхневого обробітку ґрунту. Саме він вперше в світі встановив, що захищають ґрунт від руйнування і зберігають воду в ньому залишені на поверхні і перемішані разом з верхнім (0–8 см) шаром ґрунту рослинні рештки [6].

На сьогодні дискусія щодо агротехнічної, ґрунтозахисної, екологічної, економічної і енергетичної ефективності механічного обробітку ґрунту набула особливої гостроти у зв'язку з дорожчею енергоресурсів і деградацією земель, особливо орних [7, 8]. Частка вітчизняних вчених і виробників, які повністю відмовляються від полицевого обробітку і пропонують лише поверхневий, або ж і нульовий обробіток, з кожним роком зростає [9–11].

Окремі українські дослідники з метою поліпшення агрофізичних властивостей ґрунту, підвищення вологозабезпеченості рілльничих культур і ефективності механічного заходу регулювання рясності бур'янового компонента

в агрофітоценозах рекомендують двофазний основний обробіток ґрунту. Його проводять у два етапи (фази): перший передбачає підготовку насінневого ложа на мінімальну глибину і сівбу, другий – власне основний безполицевий обробіток на глибину орного шару в період формування в ґрунті проростків або незабаром після появи сходів на ранніх етапах органогенезу культурних рослин [12].

Проте, на сьогодні найбільший загальвітчизняних вчених пропонує диференційований основний обробіток ґрунту, за якого чергуються способи і заходи його виконання на різну глибину залежно від біологічних особливостей сільськогосподарських культур, ґрунтово-кліматичних і ландшафтних умов, ресурсно-енергетичного потенціалу господарства тощо [13–15].

У сучасних системах землеробства наукові основи обробітку ґрунту базуються на наступних принципах: 1) ґрунтозахисної спрямованості та екологічної адаптації способів, заходів і засобів обробітку; 2) ресурсозбереження за допомогою мінімізації; 3) різноглибинності обробітку в сівозмінах; 4) чергування безполицевих і полицевих способів обробітку [16].

На чорноземі типовому глибокому польового стаціонарного дослідження Харківського НАУ ім. В.В. Докучаєва вміст доступної ґрунтової вологи в кореневмісному шарі ґрунту на 6 мм вищий за обробітку чизелем (ПЧ-2,5), ніж плугом (ПЛН-4-35). За обробітку ґрунту іншими безполицевими знаряддями (СибІМЕ, ПРН31000) спостерігалася протилежна залежність. Нульовий обробіток, порівняно з оранкою, забезпечував більший вміст доступної вологи в посівному і орному шарах. Під озимі зернові культури рекомендується поверхневий або мілкий обробітки комбінованими або дисковими знаряддями. Глибоку (не менше 25–27 см) оранку пропонують проводити один раз на три-чотири роки під просапні культури, а прямий сівбу – періодично під зернові колосові за розміщення їх після пізніх попередників на порівняно чистих від бур'янів полях [17].

На чорноземі типовому глибокому середньосуглинковому стаціонарного польового дослідження НУБіП України у фазу весняного відновлення вегетації рослин пшениці озимої запаси доступної ґрунтової вологи в орному (0–30 см) шарі істотно не відрізнялися по досліджуваних варіантах обробітку (32–37 мм). У метровому шарі ґрунту на початку вегетації культури цей показник вищий на 16 % за мілкого безполицевого та на 8 % за полицево-безполицевого, ніж диференційованого, обробітків у польовій зернопросапній десятипільній сівозміні. Упро-

довж ротаційного періоду рекомендується проводити дві глибокі оранки (під буряки цукрові і сояшник), мілкий безполицевий обробіток під пшеницю озиму після кукурудзи на силос та сої, а під решту культур сівозміни – різноглибинне чизелювання [18].

У досліді Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника найбільше доступної ґрунтової вологи у фазу сходів пшениці ярої за полицевого обробітку на глибину 14–16, ніж 20–22 см як за органічної, так і органо-мінеральної систем удобрення дерново-підзолистого ґрунту [19].

У стаціонарному польовому досліді Кіровоградського інституту агропромислового виробництва весняні запаси доступної вологи в півтораметровому шарі чорнозему звичайного важкосуглинкового практично однакові (205–212 мм) за оранки, фрезерування, плоскорізного розпушення і дискування. Нагромадження ґрунтової вологи в осінньо-зимовий період, як і витрати її впродовж вегетаційного періоду, в шарах ґрунту 0–10 і 0–40 см істотно не відрізнялися за різних систем його обробітку. Під пшеницю озиму рекомендується безполицевий обробіток на 18–22 см за розміщення її після чорного пару і дискування на 10–12 см – після кукурудзи на силос. У десятипільній сівозміні пропонується полицево-безполицевий обробіток, за якого оранка під просапні культури поєднується з нульовим обробітком під сільськогосподарські рослини звичайного рядкового способу сівби [20].

За морозних і снігових зимових періодів, повільного і тривалого сніготанення перевага в додатковому накопиченні ґрунтової вологи за полицевим обробітком, а за недостатньої суми атмосферних опадів впродовж зимових місяців та підвищеної вітрової активності – за мілкого чизельного і плоскорізного обробітків чорнозему звичайного в стаціонарних польових дослідях Дніпровського державного аграрно-економічного університету [21].

В окремих господарствах України добре зарекомендували себе No-till і Strip-till технології, однак сприймати їх як єдине правильне рішення або панацею не варто [22].

У стаціонарному десятирічному (2002–2011 рр.) досліді НУБіП України в типовій польовій зернопросапній десятипільній сівозміні найкращі умови для збереження і накопичення доступної вологи в чорноземі типовому малогумусному середньосуглинковому забезпечує полицево-безполицева система основного обробітку, яка передбачає поєднання оранки один раз на 4–5 років ротаційного періоду ярусним плугом під буряки цукрові і плоскорізного та

дискового обробітку під решту сільськогосподарських культур [23].

На чорноземі типовому малогумусному середньосуглинковому в короткоротаційній зернопросапній сівозміні Правобережного Лісостепу України у фазах сходів, колосіння та повної стиглості зерна пшениці озимої запаси продуктивної ґрунтової вологи істотно не відрізнялися за полицевого, диференційованого і дискового обробітків, а за безполицевого – на 9–12 % більші, ніж за полицевого; на дату відновлення весняної вегетації хлібної рослини цей показник практично на одному рівні за всіх систем обробітку ґрунту [24].

Під післяжнивні культури, здебільшого, рекомендують проводити поверхневий або мілкий обробітки ґрунту дисковими знаряддями [5, 25]. Лише на дерново-підзолистих супіщаних зв'язних ґрунтах перевага була за оранкою [5]. Оскільки ці культури висівають слідом за збиранням попередника, то першочергове значення для них набуває не глибина, а якість обробітку ґрунту: верхній шар має бути ретельно розпушеним, а нижній прошарок його (насінове ложе) – ущільненим. Уманський національний університет садівництва пропонує пряму сівбу післяжнивних сільськогосподарських рослин відразу після збирання основних культур, проте не виключає можливості підготовки ґрунту під проміжні посіви лемішними і дисковими лушильниками, дисковими боронами, плоскорізними знаряддями в агрегаті з голчастими боронами, чизельними культиваторами, а за особливих випадків і фрезерними знаряддями [26].

За умов достатнього зволоження Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН України» рекомендує пряму сівбу післяжнивних сидератів з наступним дискуванням ґрунту на 6–8 см [27].

**Мета дослідження** – встановити вплив систем основного обробітку ґрунту і попередників п'ятипільної польової спеціалізованої сівозміни та удобрення на зміни запасів доступної ґрунтової вологи, урожайності та маси кореневих решток пшениці озимої і післяжнивної гірчиці білої; виявити найбільш оптимальне поєднання досліджуваних агрозаходів, що забезпечує отримання з гектара ріллі 6 т зерна хлібної рослини і понад 17 т зеленої маси сидеральної культури за високої економічної й енергетичної ефективності.

**Матеріал і методи дослідження.** Досліді проводили впродовж 2020–2022 рр. на дослідному полі Білоцерківського НАУ, де ґрунтовою відміною слугував чорнозем типовий глибокий малогумусний середньосуглинковий. У стаці-

онарній короткоротаційній сівозміні вивчали чотири системи основного обробітку (табл. 1) і чотири системи (рівні) удобрення (табл. 2): нульова – не передбачала внесення добрив, перша – 6 т гною + N<sub>64</sub>P<sub>54</sub>K<sub>58</sub>, друга – 6 т гною + N<sub>98</sub>P<sub>66</sub>K<sub>92</sub>, третя – 6 т гною + N<sub>126</sub>P<sub>82</sub>K<sub>116</sub> на гектар ріллі.

У досліді повторність триразова, варіанти розміщені послідовно і систематично, причому ділянки обробітку ґрунту в один ярус, а удобрення – в чотири яруси. Площа елементарних ділянок – 171, облікових – 112 м<sup>2</sup>. Площа під сівозміною, всі поля якої повністю розгорнуті у просторі й часі, становить 3,7 га.

Таблиця 1 – Досліджувані системи обробітку чорнозему типового в сівозміні

№ поля	Культура сівозміни	Варіанти основного обробітку чорнозему типового			
		1 Полицево- дисковий (контроль)	2 Чизельно (безполицево)- дисковий	3 Диференційований (полицево- чизельно-дисковий)	4 Дисковий (мілкий)
		Глибина (см) і засоби проведення основного обробітку ґрунту*			
1	Горох	18–20(п)	18–20(г)	18–20(г)	10–12(д.б.)
2	Пшениця озима	8–10(д.б.)	8–10(д.б.)	8–10(д.б.)	8–10(д.б.)
	Гірчиця біла на сидерат	10–12(д.б.)	10–12(д.б.)	10–12(д.б.)	10–12(д.б.)
3	Кукурудза	25–27(п)	25–27(г)	25–27(п)	10–12(д.б.)
4	Гречка	10–12(д.б.)	10–12(г)	10–12(г)	10–12(д.б.)
5	Пшениця озима	6–8(д.б.)	6–8(д.б.)	6–8(д.б.)	6–8(д.б.)
	Гірчиця біла на сидерат	10–12(д.б.)	10–12(д.б.)	10–12(д.б.)	10–12(д.б.)

\*Примітка: п-плуг ПЛН-3-35, д.б. – дискова борона БДВ-3,0, глибокорозпушувач (чизель) ГР-3,4.

Таблиця 2 – Системи удобрення під культури першої сівозміни

№ поля	Культура сівозміни	Рівень удобрення	Гній, т/га	Мінеральні добрива, кг/га д.р.										
				Всього			Основне удобрення		Під перед- посівну культивува- цію	Рядкове удобрення			Піджив- лення (2–3 рази)	
				N	P	K	P	K		N	P	K		N
1	Горох	0												
		1		30					30					
		2		30	30	30	30	30	30					
		3		30	30	50	30	50	30					
2	Пшениця озима	0												
		1		60	60	60	60	60					60	
		2		90	60	90	60	90					90	
		3		120	60	90	60	90					120	
	Гірчиця біла на сидерат	0												
		1		30	30	30	30	30	30					
		2		60	30	60	30	60	60					
3	Кукурудза	0												
		1	30	60	60	60	50	50	50	10	10	10		
		2	30	90	90	90	75	75	75	15	15	15		
		3	30	110	110	110	90	90	90	20	20	20		
4	Гречка	0												
		1		30	30	30	30	30	30					
		2		50	30	50	30	50	50					
		3		70	30	70	30	70	70					
5	Пшениця озима	0												
		1		80	60	80	60	80					80	
		2		110	60	80	60	80					110	
		3		140	60	100	60	100					140	
	Гірчиця біла на сидерат	0		30	30	30	30	30	30					
		1		60	30	60	30	60	60					
		2		80	60	80	60	80	80					
3														

Як добрива використовували гній напів-перепрілий великої рогатої худоби, аміачну селітру, простий гранульований суперфосфат і калійну сіль. Вологість чорнозему типового визначали термостатно – ваговим методом, а масу кореневих решток пшениці озимої і гірчиці білої – методом Н.З. Станкова [28].

**Результати дослідження та обговорення.** Досліджувані агрозаходи впливали на вологозабезпеченість культур, тобто ступінь відповідності їх у ґрунтовій волозі для формування запланованої рілником продуктивності наявним запасам доступної води в ґрунті. Оптимальна для рілничих культур вологість ґрунту знаходиться в інтервалі 70–100 польової (найменшої) вологоємності [29, 30]. Для глинистих чорноземних ґрунтів ця величина становить 170–190 мм, для піщаних – близько 110 мм продуктивної вологи в метровому шарі [31]. Вчені констатують, що за вмісту доступної ґрунтової вологи в орному (0–20 см) шарі менше 10 мм впродовж періоду кушення до виходу в трубку зернових культур різко погіршується стан посівів: вузлові корені розвиваються слабко, кількість стебел і колосків у колосі зменшується. У фазу виходу в трубку запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту 140–180 мм оцінюють як добрі, 100–140 мм – задовільні, 80–100 мм – недостатні і менше 80 мм як погані [32].

Оптимальні запаси продуктивної вологи для зернових культур становлять 10 мм у шарі 0–10 см впродовж періоду сімба–сходи, 25–30 мм у шарі 0–20 см у фазах сходи–кушіння, а у метровому шарі 160–180 мм і 120 мм відповідно до з'явлення сходів та впродовж виходу в трубку до цвітіння [31]. Максимально можливі запаси доступної вологи в метровому шарі чорноземних ґрунтів Лісостепу коливаються в межах від 180 до 200 мм [32].

Слід враховувати, що в перші фази росту і розвитку рілничих культур вирішального значення набувають запаси продуктивної вологи у шарі ґрунту 0–20 см, а в подальшому, зокрема, для зернових колосових від виходу в трубку до цвітіння, – у метровому шарі ґрунту. Від цвітіння до воскової стиглості зерна потреба у воді дещо зменшується за оптимальних запасів у цей період 80–100 мм. Якщо запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0–20 см опускаються нижче 18, 12 і 6 см, то настає відповідно помірна, сильна і дуже сильна посухи [31, 33].

В агрофітоценозі пшениці озимої запаси доступної вологи в шарах ґрунту 0–10, 0–30 і 0–100 см вищі відповідно на 1,3; 3,4 і 6,5 мм у ланці з горохом, ніж з гречкою у фазу сходів та 0,2; 2,4 і 5,8 мм – виходу в трубку (табл. 3, 4).

Таблиця 3 – Запаси доступної ґрунтової вологи під пшеницею озимою залежно від обробітку і удобрення у ланці з горохом, мм

Системи обробітку ґрунту	Системи (рівні) удобрення	Сходи			Вихід у трубку		
		Шар ґрунту, см					
		0–10	0–30	0–100	0–10	0–30	0–100
1–полицево-дисковий	0	11,3	33,8	144,8	7,3	24,5	120,4
	1	11,8	33,1	135,1	6,9	22,1	110,1
	2	10,9	33,6	131,0	6,5	19,8	100,6
	3	11,1	34,2	126,3	6,2	19,2	96,4
2–чизельно-дисковий	0	10,7	31,7	139,4	7,1	27,3	114,8
	1	11,1	30,7	129,3	6,5	25,3	103,7
	2	10,2	31,1	124,9	6,2	23,1	93,5
	3	10,5	31,6	120,8	6,0	23,0	88,8
3–диференційований	0	11,7	35,3	147,4	7,0	22,9	123,5
	1	12,1	34,5	137,9	6,7	20,4	114,2
	2	11,6	35,2	134,3	6,2	18,3	105,0
	3	11,6	35,8	129,4	5,8	17,4	100,9
4–дисковий	0	10,8	31,5	138,5	7,0	27,6	112,6
	1	11,1	30,6	128,5	6,5	25,4	103,3
	2	10,7	31,0	123,9	6,1	23,3	93,1
	3	10,5	31,8	119,1	5,9	22,9	89,1
НІР <sub>0,05</sub>		0,8	2,0	4,8	1,0	2,4	5,3

Таблиця 4 – Запаси доступної ґрунтової вологи під пшеницею озимого залежно від обробітку і удобрення у ланці з гречкою, мм

Системи обробітку ґрунту	Системи (рівні) удобрення	Сходи			Вихід у трубку		
		Шар ґрунту, см					
		0–10	0–30	0–100	0–10	0–30	0–100
1–полицево-дисковий	0	10,1	31,6	137,7	6,6	22,2	111,0
	1	10,4	30,1	128,3	6,1	19,7	101,8
	2	10,0	29,5	123,5	5,8	18,0	94,1
	3	9,8	29,7	119,0	5,6	18,0	90,8
2–чизельно-дисковий	0	9,0	29,4	133,0	6,9	24,1	106,5
	1	9,5	27,8	123,8	6,5	22,0	97,5
	2	9,0	27,5	119,4	6,2	20,0	90,0
	3	8,7	27,2	114,8	6,1	20,4	86,4
3–диференційований	0	11,1	32,9	140,7	7,0	20,6	113,3
	1	11,4	31,6	131,4	6,6	18,4	104,6
	2	11,1	31,1	126,3	6,4	16,9	97,1
	3	10,9	31,1	122,5	6,0	17,1	94,1
4–дисковий	0	9,2	29,2	132,5	7,1	24,6	105,6
	1	9,5	27,6	122,7	6,7	21,9	97,1
	2	8,9	26,7	117,7	6,2	20,3	89,7
	3	8,6	27,1	113,0	5,9	20,0	86,4
НІР <sub>0,05</sub>		0,9	1,8	3,9	0,8	1,8	4,0

У фазу сходів культури після гороху цей показник у зазначених вище шарах чорнозему типового відповідно на 0,2–0,7; 2,1–2,6 і 5,4–7,2 мм менший за чизельно-дискового і дискового обробітків, а за диференційованого відповідно на 0,3–0,7; 1,4–1,6 і 2,6–3,1 мм більший проти контролю. У фазу виходу в трубку озимої рослини зниження цього показника у верхньому (0–10 см) шарі ґрунту по всіх трьох експериментальних варіантах обробітку не досягло статистично істотного значення. В орному (0–30 см) шарі запаси доступної ґрунтової вологи неістотно нижчі (на 1,6–1,8 мм) по диференційованому та істотно вищі (на 2,8–3,8 мм) по чизельно-дисковому і дисковому обробітках, ніж на контролі. У метровому шарі ґрунту істотне зменшення цього показника (на 5,6–7,8 мм) зафіксоване на другому і четвертому варіантах обробітку та неістотне збільшення (на 3,1–4,5 мм) на третьому варіанті.

У ланці з гречкою доступної ґрунтової вологи (шар 0–10 см) у фазу сходів хлібної рослини істотно менше (на 0,9–1,2 мм) по чизельно-дисковому і дисковому та істотно більше (на 1,0–1,1 мм) по диференційованому, ніж полицево-дисковому, обробітках.

В орному і метровому шарах ґрунту перевага третього варіанта обробітку над першим також неістотна: відповідно 1,3–1,6 і 2,8–3,5 мм.

Чизельно-дисковий і дисковий обробітки за цим показником у шарах ґрунту 0–30 і 0–100 см істотно поступалися контролю (відповідно по шарах на 2,0–2,8 і 4,1–6,0 мм). У фазу виходу в трубку на всіх ділянках досліду зафіксована перевага полицево-дискового обробітку у верхньому шарі ґрунту на 0,3–0,6 мм, проте ці значення не перевищили НІР<sub>0,05</sub>. В орному шарі за чизельно-дискового і дискового обробітків доступної ґрунтової вологи на 1,9–2,4 мм більше, а за диференційованого – на 0,9–1,6 мм менше, ніж на контролі. У метровому шарі чорнозему типового спостерігалася зворотня закономірність: на другому і четвертому варіантах обробітку цей показник відповідно на 4,1–5,4 мм нижчий, а на третьому – на 2,3–3,3 вищий, ніж на контролі.

Необхідно зазначити, що зволоження ґрунтів Лісостепу найбільшою мірою залежить від осінньо-зимових і весняних атмосферних опадів, оскільки літні, здебільшого, зливового прояву і погано вбираються ґрунтом.

Помітного впливу систем удобрення на зміну запасів доступної ґрунтової вологи в шарах ґрунту 0–10 і 0–30 см у фазу сходів пшениці озимої після гороху не зафіксовано. Проте, в метровому шарі ґрунту у фазу виходу рослин у трубку у всіх досліджуваних шарах чорнозему типового спостерігається зменшення цього по-



казника за збільшення рівня внесення добрив. Зокрема, у фазу виходу в трубку хлібної культури запаси доступної вологи в шарах ґрунту 0–10, 0–30 і 0–100 см становили відповідно 7,1; 25,6 і 117,8 мм за нульової системи удобрення, 6,7; 23,3 і 107,8 – першої, 6,3; 21,1 і 98,1 – другої та 6,0; 20,6 і 93,8 мм за третьої системи удобрення.

У ланці з гречкою спостерігалася аналогічна, проте менш виражена, закономірність. Зменшення запасів доступної ґрунтової вологи в метровому шарі чорнозему типового з підвищенням норм добрив у фазу сходів пов'язане, очевидно, зі збільшенням урожайності попередників (гороху і гречки), а у фазу виходу в трубку – надземної і кореневої маси рослин пшениці озимої.

За сівби гірчиці білої в ланці з горохом цей показник у верхньому шарі ґрунту не зазнав істотних змін на різних варіантах обробітку чорнозему типового. В орному шарі істотно нижчі запаси доступної ґрунтової вологи (на 2,4–2,6 мм) зафіксовані за дискового обробітку та неістотно менші за чизельно-дискового і диференційованого обробітків, порівняно з контролем.

У метровому шарі чорнозему типового спостерігалася неістотне підвищення цього показника за другого, третього і четвертого варіантів обробітку.

Перед заробкою в ґрунт зеленої маси гірчиці білої цей показник у всіх досліджуваних шарах чорнозему типового зростає, порівняно з контролем, проте істотно лише за дискового обробітку. Запаси доступної ґрунтової вологи у верхньому, орному і метровому шарах становили відповідно 5,2; 17,4 і 66,6 мм за полицево-дискового обробітку, 6,0; 19,0 і 68,9 – чизельно-дискового, 5,6; 18,6 і 68,4 – диференційованого та 6,5; 19,6 і 69,7 мм за мілкого обробітку. Отже, цей показник у зазначених шарах ґрунту перевищував контроль відповідно на 0,8; 1,6 і 2,3 мм на другому варіанті обробітку, 0,4; 1,2 і 1,8 – третьому та 1,3; 2,2 і 3,1 мм на четвертому варіанті обробітку (табл. 5, 6).

На дату сівби капустиної рослини в ланці з гречкою доступної ґрунтової вологи у верхньому шарі ґрунту більше на 0,4–0,7 мм по чизельно-дисковому і 0,9–1,2 мм – диференційованому та менше на 0,9–1,2 мм по дисковому обробітку, ніж на контролі. В орному шарі вміст доступної води на другому варіанті обробітку неістотно вищий (на 1,6–2,2 мм), третьому – істотно більший (на 2,5–2,8 мм), четвертому – істотно менший (на 2,6–3,1 мм). У метровому шарі цей показник вищий на 1,5–1,8 мм за чизельно-дискового, 4,7–5,3 – диференційованого та нижчий на 3,3–4,2 мм за дискового, ніж полицево-дискового, обробітків.

Таблиця 5 – Запаси доступної ґрунтової вологи в полі гірчиці білої залежно від обробітку і удобрення у ланці з горохом, мм

Системи обробітку ґрунту	Системи (рівні) удобрення	Сходи			Заробка в ґрунт сидерату		
		Шар ґрунту, см					
		0–10	0–30	0–100	0–10	0–30	0–100
1–полицево-дисковий	0	11,2	35,0	124,3	6,0	20,1	70,4
	1	10,4	33,3	118,8	5,4	18,2	68,1
	2	9,7	31,6	116,4	5,0	16,3	65,3
	3	9,4	31,4	115,1	4,5	14,9	62,4
2–чизельно-дисковий	0	11,5	33,2	125,8	6,7	21,5	72,3
	1	10,8	31,2	121,0	6,0	20,0	70,4
	2	10,2	29,5	118,8	5,8	18,1	67,8
	3	9,9	29,5	117,6	5,3	16,5	65,0
3–диференційований	0	11,3	33,9	125,5	6,3	20,9	71,8
	1	10,6	32,5	120,3	5,8	19,3	69,9
	2	10,0	30,6	118,1	5,4	17,6	67,3
	3	9,3	30,2	117,1	5,0	16,5	64,6
4–дисковий	0	11,6	32,6	125,7	7,1	22,0	73,3
	1	10,7	30,8	120,4	6,7	20,3	71,3
	2	10,1	29,0	118,1	6,2	18,6	68,4
	3	9,9	28,9	117,0	5,9	17,3	65,7
НІР <sub>0,05</sub>		0,8	2,3	4,9	1,1	1,9	2,8

Таблиця 6 – Запаси доступної ґрунтової вологи в полі гірчиці білої залежно від обробітку і удобрення у ланці з гречкою, мм

Системи обробітку ґрунту	Системи (рівні) удобрення	Сходи			Заробка в ґрунт сидерату		
		Шар ґрунту, см					
		0–10	0–30	0–100	0–10	0–30	0–100
1–полицево-дисковий	0	10,8	34,0	120,9	6,4	21,6	72,7
	1	9,9	34,5	122,8	5,0	16,7	65,9
	2	9,4	33,1	120,8	4,6	15,0	63,3
	3	9,1	32,8	119,5	4,0	13,8	60,6
2–чизельно-дисковий	0	11,2	35,6	122,7	5,9	20,7	70,9
	1	10,4	36,3	124,3	4,4	15,6	63,8
	2	10,0	35,2	122,4	3,9	13,8	61,2
	3	9,8	35,0	121,2	3,2	12,4	58,3
3–диференційований	0	11,6	36,5	125,6	5,5	20,3	70,4
	1	11,0	37,1	127,8	3,9	14,9	63,1
	2	10,4	35,9	125,7	3,3	12,9	60,3
	3	10,3	35,6	124,8	2,5	11,4	57,5
4–дисковий	0	9,9	31,4	117,6	7,6	23,4	75,6
	1	8,8	31,7	119,1	6,3	18,7	68,9
	2	8,2	30,1	116,8	5,9	17,2	66,6
	3	7,9	29,7	115,3	5,5	16,3	64,1
НІР <sub>0,05</sub>		0,8	2,4	4,6	1,0	1,7	2,8

У ланці з гречкою на дату заробки в ґрунт сидеральної культури у всіх шарах ґрунту доступної вологи істотно більше за дискового та істотно менше на удобрених ділянках за диференційованого обробітків, ніж на контролі. За чизельно-дискового обробітку вміст її зменшувалася по всіх шарах, проте не істотно.

На дату сівби капустиної культури запаси доступної ґрунтової вологи у верхньому шарі ґрунту дещо вищі в ланці з горохом (на 0,5 мм), в орному – з гречкою (на 2,6 мм), а в метровому – майже однакові по обох передпопередниках. На дату заробки в ґрунт сидеральної рослини цей показник у шарах ґрунту 0–10, 0–30 і 0–100 см становив відповідно 5,8; 18,7 і 68,4 мм у ланці з горохом та 4,9; 16,6 і 65,2 мм – з гречкою. Останнє, очевидно, пояснюється більшою масою сидерату в ланці з круп'яною, ніж бобовою, культурами.

Запаси доступної ґрунтової вологи у всіх досліджуваних шарах ґрунту під агроценозом гірчиці білої в ланці з горохом зменшувалися з підвищенням норм добрив за обох строків визначення вологості ґрунту. У ланці з гречкою ця закономірність простежувалася на дату заробки сидерату в ґрунт, а на дату сівби – лише у верхньому шарі чорнозему типового. Зокрема, на неудобрених, удобрених першою, дру-

гою і третьою нормами добрив ділянках цей показник становив відповідно 11,4; 10,6; 10,0 і 9,6 мм у верхньому шарі ґрунту, 33,7; 32,0; 30,2 і 30,0 – орному, 125,3; 120,1; 117,9 і 116,7 мм в метровому шарі ґрунту на дату сівби капустиної культури в ланці з горохом та 6,5; 6,0; 5,6 і 5,2 мм в шарі 0–10 см, 21,1; 19,5; 17,7 і 16,3 мм – 0–30 см, 72,0; 69,9; 67,2 і 64,4 мм – 0–100 см перед заробкою зеленої маси в ґрунт.

За передпопередника гречки цей показник становив відповідно 10,9; 10,0; 9,5 і 9,3 мм у верхньому шарі, 34,4; 34,9; 33,6 і 33,3 – орному, 121,7; 123,5; 121,4 і 120,2 мм у метровому шарі чорнозему типового на дату сівби та 6,4; 4,9; 4,4 і 3,8 мм у верхньому шарі, 21,1; 19,5; 17,7 і 16,3 – орному, 72,0; 69,9; 67,2 і 64,4 мм в метровому шарі перед заробкою сидерату.

Найвищу урожайність пшениці озимої після обох попередників отримано за диференційованого обробітку як на удобрених, так і неудобрених ділянках, порівняно з контролем, проте приріст зерна виявився неістотним. За чизельно-дискового і дискового обробітків цей показник істотно нижчий (табл. 7).

Середній показник урожайності хлібної рослини за полицево-дискового, чизельно-дискового, диференційованого і дискового обробітків становив відповідно 5,16; 4,74; 5,32

і 4,63 т/га в ланці з горохом та 4,61; 4,10; 4,78 і 3,97 т/га – гречкою. За останніх двох обробітків цей показник зменшувався відповідно на 0,33–0,50 і 0,45–0,63 т/га в ланці з бобовою культурою та 0,41–0,58 і 0,53–0,75 т/га – з круп'яною рослиною.

Урожайність озимої рослини в середньому по варіантах досліду на 0,59 т/га вища за сівби після гороху, ніж гречки (відповідно 4,96 і 4,37 т/га).

Слід зазначити, що з підвищенням норм внесення добрив різниця в урожайності між другим, четвертим варіантами обробітку та контролем підвищувалася після обох попередників. Зокрема, за внесення нульової, першої, другої і третьої норм удобрення зменшення урожайності за безполіцево-дискового обробітку становило відповідно 0,33; 0,39; 0,45 і 0,50 т/га в ланці з бобовою та 0,41; 0,50; 0,55 і 0,58 т/га з круп'яною культурами. За постій-

ного дискового обробітку ці показники набувають вищих значень: відповідно 0,45; 0,48, 0,56 і 0,63 т/га в ланці з горохом та 0,53; 0,61; 0,68 і 0,75 т/га – з гречкою.

За нульової, першої, другої і третьої систем удобрення приріст урожаю зерна за диференційованого обробітку, порівняно з контролем, зменшувався і становив відповідно 0,21; 0,17; 0,15 і 0,11 т/га за сівби пшениці озимої після гороху. За розміщення її після гречки спостерігалася зворотня закономірність: ці показники підвищувалися і становили відповідно 0,12; 0,15; 0,18 і 0,20 т/га.

У ланці з горохом співвідношення основної до побічної продукції найбільш широке за диференційованого обробітку (1,311), найбільш вузьке за безполіцево-дискового обробітку (1,248); у ланці з гречкою цей показник найвищий за дискового (1,309), найнижчий за поліцево-дискового (1,271) обробітків.

Таблиця 7 – Урожайність зерна пшениці озимої і зеленої маси післяживної гірчиці білої та суха маса їх кореневих решток залежно від обробітку ґрунту і удобрення, т/га

Системи обробітку ґрунту	Системи (рівні) удобрення	Урожайність				Маса кореневих решток			
		пшениця озима в ланці з:		гірчиця біла в ланці з:		пшениця озима в ланці з:		гірчиця біла в ланці з:	
		горохом	гречкою	горохом	гречкою	горохом	гречкою	горохом	гречкою
1–поліцево-дисковий (контроль)	0	2,66	2,24	10,45	9,78	1,98	1,66	2,18	2,06
	1	4,84	4,26	15,16	15,61	2,99	2,65	3,01	3,11
	2	6,25	5,66	17,78	18,36	3,78	3,30	3,40	3,50
	3	6,87	6,29	18,89	19,61	4,26	3,68	3,64	3,75
2–чизельно-дисковий	0	2,33	1,83	9,92	10,21	1,74	1,38	2,07	2,13
	1	4,45	3,76	14,55	16,18	2,68	2,32	2,92	3,20
	2	5,80	5,11	17,04	18,93	3,41	2,90	3,31	3,61
	3	6,37	5,71	18,07	20,36	3,88	3,26	3,52	3,89
3–диференційований	0	2,87	2,36	10,10	10,42	2,13	1,77	2,11	2,19
	1	5,01	4,41	14,72	16,49	3,13	2,71	2,95	3,31
	2	6,40	5,84	17,22	19,32	3,88	3,36	3,35	3,77
	3	6,98	6,49	18,30	20,72	4,37	3,75	3,59	4,02
4–дисковий	0	2,21	1,71	9,47	8,89	1,65	1,32	1,99	1,86
	1	4,36	3,65	14,07	14,57	2,62	2,27	2,79	2,90
	2	5,69	4,98	16,58	17,20	3,37	2,84	3,16	3,26
	3	6,24	5,54	17,62	18,38	3,78	3,19	3,39	3,50
НІР <sub>0,05</sub>		0,31	0,36	0,91	0,82	0,23	0,24	0,18	0,19

На всіх варіантах дослід з підвищенням норм добрив співвідношення зерна до соломи зростає. Зокрема, на неудобрених, удобрених першою, другою і третьою нормами добрив ділянках цей показник становив відповідно 1,212; 1,226; 1,251 і 1,272 за полицево-дискового обробітку, 1,248; 1,268; 1,288 і 1,308 – безполицево-дискового, 1,222; 1,247; 1,267 і 1,285 – диференційованого, 1,264; 1,283; 1,295 і 1,318 – за дискового обробітку в ланці з горохом. За сівби пшениці озимої після гречки цей показник становив відповідно 1,255; 1,265; 1,278 і 1,287 на першому варіанті обробітку ґрунту, 1,276; 1,288; 1,299 і 1,306 – другому, 1,267; 1,278; 1,290 і 1,299 – третьому та 1,295; 1,308; 1,312 і 1,319 на четвертому варіанті обробітку.

Лише на неудобрених ділянках за полицево-дискового і дискового обробітків урожайність гірчиці білої на зелене добриво вища в ланці з горохом, ніж гречкою (відповідно на 0,67 і 0,58 т/га); на решті варіантів дослід переважає за круп'яними передпопередниками.

У ланці з бобовою культурою на всіх варіантах обробітку спостерігається зменшення урожайності капустиної рослини, порівняно з контролем, проте істотно лише за дискового обробітку. Із збільшенням норм внесення добрив ця різниця зростає. Зокрема, на неудобрених ділянках, удобрених першою, другою і третьою нормами добрив зароблено сидерату в ґрунт менше відповідно на 0,53; 0,61; 0,74 і 0,82 т/га по безполицево-дисковому обробітку, 0,35; 0,44; 0,56 і 0,59 – диференційованому та 0,98; 1,09; 1,20 і 1,27 т/га – по дисковому обробітку, ніж на контролі.

У ланці з круп'яною культурою на другому і третьому варіантах обробітку маса заробленого сидерату зростає, а на четвертому – істотно знижується, порівняно з контролем. З підвищенням норм добрив різниця між варіантами обробітку посилюється. Зокрема, за нульової, першої, другої і третьої систем удобрення приріст зеленої маси гірчиці білої становив відповідно 0,43; 0,57; 0,68 і 0,75 т/га по безполицево-дисковому обробітку, 0,64; 0,88; 0,96 і 1,11 т/га – по диференційованому обробітку, порівняно з контролем. А дисковий обробіток поступався останньому відповідно на 0,89; 1,04; 1,16 і 1,23 т/га.

Підвищення вмісту гумусу в ґрунті – основного показника його родючості – за внесення добрив відбувається не лише завдяки їхній органічній речовині, а також в результаті кращого росту і розвитку кореневих систем удобрених агрофітоценозів. Це забезпечує більше надходження до ґрунту рослинних решток –

вагомого джерела гумусових речовин. Крім того, кореневі і надземні рештки містять достатньо багато елементів азотного і зольного живлення рослин, що необхідно враховувати за проєктування систем сівозмін, удобрення агрофітоценозів тощо [4, 13, 14].

Незважаючи на те, що рослинні рештки на орних землях є головною складовою надходження органічних речовин до ґрунту, обліку їх маси і вивчення хімічного складу приділяється недостатньо уваги, очевидно, через трудомісткість цих робіт. Для окремих видів культур цих даних обмаль або ж вони взагалі відсутні (для баштанних, зокрема). А по найбільш розповсюджених рільничих рослинах ці дані настільки суперечливі, що ними важко користуватися, або й навіть неможливо. Тимчасом, в сучасному адаптивному рільництві від точності визначення рослинних решток залежить багато практичних висновків і пропозицій виробництву, насамперед, з питань удобрення, гумусового балансу, попередників, оптимальної густоти окремих культур у сівозмінах тощо. Слід зазначити, що з рослинними рештками агрофітоценозів у типових сівозмінах надходить до ґрунту органічної речовини більше, ніж з органічними добривами [29, 30].

Суша маса корневих решток пшениці озимої істотно нижча за чизельно-дискового і дискового, ніж полицево-дискового, обробітків по обох попередниках. За диференційованого обробітку цей показник підвищувався, порівняно з контролем, проте неістотно.

З підвищенням норм добрив спостерігалось зростання різниці між масою корневих решток на другому і четвертому варіантах обробітку та контролем. Зокрема, за нульової, першої, другої і третьої систем удобрення вона становила у ланці з горохом відповідно 0,24; 0,31; 0,37 і 0,38 т/га за чизельно-дискового і 0,33; 0,37; 0,41 і 0,48 т/га за дискового обробітків. У ланці з гречкою ці показники дещо зростали і становили відповідно 0,28; 0,33; 0,40 і 0,42 та 0,34; 0,38; 0,46 і 0,49 т/га.

Маса корневих решток гірчиці білої в ланці з бобовою культурою менша за всіх варіантів обробітку, порівняно з контролем, проте істотно (на 0,19–0,25 т/га) лише за дискування ґрунту.

У ланці з круп'яною культурою цей показник істотно знижувався лише на четвертому варіанті обробітку, а на другому і третьому, порівняно з першим, він зростає, причому істотно лише на удобрених ділянках за диференційованого обробітку. На всіх ділянках дослід з підвищенням норм добрив різниця між експериментальними і контрольними варіантами



обробітків зростає: на неудобрених, удобрених першою, другою і третьою нормами добрив вона становила відповідно 0,07; 0,09; 0,11 і 0,14 т/га за чизельно-дискового, 0,13; 0,20; 0,22 і 0,27 – полицево-чизельно-дискового та 0,20; 0,21; 0,24 і 0,25 т/га за дискового обробітків.

З підвищенням норм внесення добрив суха маса кореневих решток досліджуваних культур зростає повільніше, ніж урожайність. При цьому встановлено більш повільне наростання як надземної, так і підземної маси обох агрофітоценозів за розміщення їх після бобового, ніж круп'яного, попередника.

Темпи приросту урожайності зерна пшениці озимої після обох попередників зі збільшенням норм добрив найвищі за дискового, найнижчі – за диференційованого обробітку.

Зокрема, за першої, другої і третьої систем удобрення, порівняно з нульовою, приріст зерна пшениці озимої в ланці з горохом становив відповідно 82, 135 і 158 % за полицево-дискового обробітку, 91, 149 і 173 – чизельно-дискового, 75, 123 і 143 – диференційованого та 97, 157 і 182 % за дискового обробітку, а приріст кореневої маси – 45, 70 і 81 % на першому варіанті обробітку, 47, 72 і 82 – другому, 46, 70 і 81 – третьому та 49, 75 і 86 % на четвертому варіанті обробітку. Приріст маси коріння, за наведеними даними, практично на одному рівні за полицево-дискового, чизельно-дискового і диференційованого обробітків і лише за дискового він зростає з підвищенням рівня удобрення. Це вказує на доцільність у подальших дослідженнях визначати кореневі рештки в різних частинах орного шару ґрунту (0–10, 10–20, 20–30 см), а також в підорних шарах ґрунту, хоча б на глибині до 50 см.

У ланці з гречкою простежується аналогічна закономірність: за внесення першої, другої і третьої норм добрив, порівняно з нульовою, приріст зерна становив відповідно 90, 153 і 181 % за полицево-дискового обробітку, 105, 179 і 212 – чизельно-дискового, 87, 147 і 175 – диференційованого та 113, 191 і 224 % за дискового обробітку, а приріст кореневої маси – 60, 88 і 101 % на першому варіанті обробітку, 58, 85 і 99 – другому і третьому та 64, 93, і 107 % на четвертому варіантах обробітку.

За нульової, першої, другої і третьої систем удобрення урожайність зерна пшениці озимої становила відповідно 2,52; 4,67; 6,04 і 6,62 т/га за сівби її після гороху та 2,04; 4,02; 5,40 і 6,01 т/га – після гречки, а маса коріння відповідно 1,88; 2,86; 3,61 і 4,07 т/га у ланці із зернобобовою та 1,53; 2,49; 3,10 і 3,47 т/га – з круп'яною культурою.

За внесення першої, другої і третьої норм добрив приріст зерна, порівняно з неудобреними ділянками, підвищився на 85, 140 і 163 %, а кореневої маси – 52,92 і 116 % у ланці з горохом, а з гречкою відповідно на 97, 165 і 195 та 63, 103 і 127 %.

Темпи наростання надземної і підземної маси гірчиці білої з підвищенням норм добрив значно нижчі, ніж пшениці озимої, і практично на одному рівні за першого, другого і третього та вищі за четвертого варіантів обробітку ґрунту. Зокрема, за першої, другої і третьої систем удобрення, порівняно з нульовою, приріст зеленої маси гірчиці білої в ланці з горохом становив відповідно 45, 70 і 81 % за полицево-дискового обробітку, 47, 72 і 82 – чизельно-дискового, 46, 70 і 81 – диференційованого та 49, 75 і 86 % за дискового обробітків, а приріст кореневої маси відповідно 38, 56 і 67 % на першому варіанті обробітку, 41, 60 і 70 – другому, 40, 59 і 70 % на третьому та четвертому варіантах обробітку. Аналогічна закономірність простежується і за передпопередника гречки, за виключенням вищих на 5–6 % темпів наростання кореневої маси на ділянках дискового обробітку.

За нульової, першої, другої і третьої систем удобрення зароблено в ґрунт відповідно 9,99; 14,63; 17,16 і 18,22 т/га зеленої маси капустиної культури за передпопередника гороху та 9,83; 15,71; 18,45 і 19,77 т/га – гречки. При цьому до орного шару ґрунту надійшло відповідно 2,09; 2,92; 3,31; і 3,54 т/га сухої маси кореневих решток гірчиці білої в ланці з бобовою та відповідно 2,06; 3,13; 3,54 і 3,79 т/га – круп'яною культурою.

На удобрених першою, другою і третьою нормами добрив ділянках, порівняно з неудобреними, приріст зеленої маси капустиної рослини становив відповідно 46, 72 і 88 % за бобового та 60, 88 і 101 % – круп'яного передпопередника, а приріст сухої маси коріння відповідно 40, 58 і 69 % в ланці з горохом та 52, 72 і 84 % – з гречкою.

Розрахунки економічної й енергетичної ефективності дають підставу рекомендувати на чорноземних типових глибоких малогумусних середньосуглинкових Правобережного Лісостепу України в п'ятипільній спеціалізованій (зерновій) сівозміні диференційовану систему основного обробітку ґрунту, що передбачає глибоку оранку лише під просапну культуру, а під пшеницю озиму після обох попередників (гороху і гречки) та післяжививну гірчицю білу на зелене добриво обробіток важкими дисковими боронами відповідно на глибини 8–10 і 10–12 см з внесенням  $N_{140}P_{60}K_{100}$  під хлібну рослину



після гречки та  $N_{120}P_{60}K_{90}$  – після гороху, а під капустиану –  $N_{80}P_{60}K_{80}$  після обох передпопередників. За розміщення пшениці озимої після бобової і круп'яної культур та рекомендованих агрозаходів собівартість однієї тонни зерна становила відповідно 3,82 і 4,06 тис. грн, умовно чистий прибуток – 18,11 і 16,06 тис. грн/га, рентабельність – 44,4 і 37,1 %, коефіцієнт енергетичної ефективності – 2,4 і 1,9.

**Висновки.** Запаси доступної ґрунтової вологи під пшеницею озимою вищі в ланці з горохом, ніж гречкою. Найвищі запаси її у верхньому, орному і метровому шарах у фазу сходів культури після обох попередників за диференційованого обробітку у сівозміні. У фазу виходу в трубку цей показник найнижчий в орному шарі за диференційованого, а в метровому – за дискового обробітку у сівозміні.

На дату сівби гірчиці білої в ланці з горохом запаси доступної ґрунтової вологи у верхньому шарі неістотно відрізнялися по варіантах обробітку, а в орному вони найвищі за полицево-дискового обробітку. У метровому шарі цей показник не зазнавав істотних відхилень від контролю.

За передпопередника гречки вміст ґрунтової вологи в досліджуваних шарах (0–10, 0–30 і 0–100 см) на дату сівби гірчиці білої істотно підвищувався за диференційованого та істотно зменшувався за дискового обробітків. У верхньому шарі ґрунту цей показник дещо вищий в ланці з горохом (на 0,5 мм), в орному – з гречкою (на 2,6 мм), а в метровому – практично однаковий по обох передпопередниках.

Урожайність пшениці озимої на 0,59 т/га вища в ланці з горохом, ніж з гречкою. Після обох попередників вона найбільша за диференційованого обробітку. За чизельно-дискового і дискового обробітків цей показник істотно знижується.

Лише на неудобрених ділянках за полицево-дискового і дискового обробітків урожай зеленої маси гірчиці білої вищий в ланці з горохом, ніж з гречкою, на решті варіантів досліду перевага за круп'яним передпопередником.

Істотно знижувалася урожайність гірчиці білої лише за дискового обробітку. У ланці з гречкою істотне підвищення її спостерігалось за диференційованого обробітку удобрених ділянок.

Суша маса кореневих решток пшениці озимої істотно нижча за чизельно-дискового і дискового обробітків по обох попередниках. За диференційованого обробітку цей показник підвищувався неістотно.

Маса сухого коріння гірчиці білої істотно менша за дискування ґрунту. У ланці з круп'я-

ною культурою цей показник істотно зростає за диференційованого обробітку.

З підвищенням норм внесення добрив суша маса кореневих решток досліджуваних культур зростає повільніше, ніж урожайність.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Воропай Г.В. Сільськогосподарське використання осушуваних земель гумідної зони України в умовах реформування аграрного сектору та змін клімату. Вісник аграрної науки, 2020. № 11. 68 с.
2. Маловідомі факти наукової спадщини О.О. Ізмайльського (до 170-річчя з дня народження) / І.Д. Примак та ін. Агробіологія, 2022. №1. С. 53–62.
3. Г.М. Висоцький – лісівник, ботанік, ґрунтознавець, еколог і географ (до 80-річчя з дня смерті) / І.Д. Примак та ін. Сучасні виклики і актуальні проблеми лісівничої освіти, науки та виробництва: матеріали Першої Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (Біла Церква, 15 квітня 2021 р.). Біла Церква: БНАУ, 2021. С. 10–14.
4. Танчик С.П., Примак І.Д., Літвінов Д.В., Центило Л.В. Сівозміни: підручник. Київ: ЦП Компринт, 2019. С. 84–92, С. 123–132.
5. Механічний обробіток ґрунту: історія, теорія, практика / І.Д. Примак та ін. Вінниця: ТОВ ТВОРИ, 2019. С. 128–164, С. 246–249.
6. Еволюція теоретичних і практичних основ переходу від полицевого до безполицевого і поверхневого обробітку ґрунту в Україні до середини першої половини 20 ст. / І.Д. Примак та ін. Агробіологія, 2018. № 1 (138). С. 17–24.
7. Кузін Н.В. Реабілітація деградованих і малопродуктивних земель сільськогосподарського призначення: монографія. Суми: видавничо-виробниче підприємство «Мрія – 1», 2016. 380 с.
8. Землеробство на еродованих ґрунтах: навчальний посібник / І.Д. Примак та ін. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2018. 400 с.
9. Еволюція теоретичних і практичних основ переходу від полицевого до безполицевого і поверхневого та нульового обробітків ґрунту в Україні з середини першої половини 20 ст. до сьогодні / І.Д. Примак та ін. Агробіологія, 2018. № 2. С. 6–17.
10. Косолап М.П., Кротінов О.П. Система землеробства No-till: навчальний посібник. Київ: Логос, 2011. 352 с.
11. Органічне землеробство: з досвіду ПП «Агроєкологія» Шишацького району Полтавської області: практичні рекомендації / С.С. Антоненко та ін. Полтава: РВВ ПДАА, 2010. 200 с.
12. Технологія двухфазной обработки почвы: вопросы теории и практики / А.М. Малиенко и др. Киев: Аграрна наука, 2018. 104 с.
13. Сівозміни та родючість чорнозему Лівобережного Лісостепу: монографія / О.В. Демиденко та ін. Сміла, 2019. 483 с.
14. Землеробство: підручник / І.Д. Примак та ін. Вінниця: ТОВ ТВОРИ, 2020. С. 302–315, С. 339–358, С. 561–571.

15. Шевченко М.В. Наукові основи систем обробітку ґрунту в умовах нестійкого та недостатнього зволоження: монографія. Харків: ХНАУ, Майдан, 2019. 210 с.

16. Наукові основи сучасних систем вітчизняного землеробства / І.Д. Примак та ін. Вінниця: ТОВ ТВОРИ, 2022. С. 243–248.

17. Шевченко М.В. Наукові основи систем обробітку ґрунту в польових сівозмінах Лівобережного Лісостепу України: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.01. Дніпропетровськ, 2015. 41 с.

18. Центилю Л.В. Агроекологічні основи відтворення родючості чорнозему типового та підвищення продуктивності агроценозів Правобережного Лісостепу України: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.01. Київ, 2020. 41 с.

19. Гриник С.І. Оптимізація способу обробітку ґрунту і системи удобрення в короткоротаційній сівозміні Передкарпаття України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.01. Київ, 2021. 22 с.

20. Черячукін М.І. Наукове обґрунтування та розроблення заходів основного обробітку ґрунту в зональних системах землеробства Правобережного Степу України: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.01. Київ, 2016. 51 с.

21. Циліорик О.І. Наукове обґрунтування ефективності систем основного обробітку ґрунту в короткоротаційних сівозмінах Північного Степу України: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.01. Дніпропетровськ, 2014. 41 с.

22. Еволюція систем землеробства: монографія / І.Д. Примак та ін. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2022. С. 298–313.

23. Танчик С.П., Цюк О.А., Центилю Л.В. Наукові основи систем землеробства: монографія. Вінниця: ТОВ Нілан-ЛТД, 2015. С. 58–60.

24. Зміна запасів продуктивної ґрунтової вологи під агрофітоценозами залежно від систем основного обробітку в короткоротаційній сівозміні / І.Д. Примак та ін. Агробіологія, 2021. № 1. С. 131–144.

25. Технологія вирощування сільськогосподарських культур у проміжних посівах Лісостепу України (рекомендації) / В.І. Сорока та ін. Біла Церква, 2000. С. 20–21.

26. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Бутило А.П., Опришко В.П. Землеробство: підручник. Київ: Лазурит-Поліграф, 2013. С. 261–263.

27. Наукові основи виробництва органічної продукції в Україні: монографія / за ред. Я.М. Гадзала, В.Ф. Камінського. Київ: Аграрна наука, 2016. С. 158–159.

28. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Костогриз П.В., Опришко В.П. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник. Вінниця: ПП ТД Едельвейс і К, 2014. С. 175–176, 227 с.

29. Теоретичні основи сучасного землеробства / І.Д. Примак та ін. Київ: Центр учбової літератури, 2012. С. 316–317.

30. Агрономічне ґрунтознавство / І.Д. Примак та ін. Вінниця: ТОВ Нілан-ЛТД, 2017. С. 291–292, 307 с.

31. Метеорологічні небезпечні явища і несприятливі умови в землеробстві України / І.Д. Примак та ін. Вінниця: ТОВ Нілан-ЛТД, 2018. С. 37–40.

32. Гордієнко В.П. Ґрунтова волога: монографія. Сімферополь: ЧП Предприятие Феникс, 2008. С. 181–182, С. 352–353.

33. Агрометеорологія / І.Д. Примак та ін. Вінниця: ТОВ Нілан-ЛТД, 2016. С. 463–465.

## REFERENCES

1. Voropaj, G.V. (2020). Sil's'kogospodars'ke vykorystannja osushuvanyh zemel' gumidnoi' zony Ukrainy v umovah reformuvannja agrarnogo sektoru ta zmin klimatu [Agricultural use of drained lands of the humid zone of Ukraine under the conditions of reforming the agrarian sector and climate change]. *Visnyk agrarnoi' nauky [Herald of Agrarian Science]*. no. 11, 68 p.

2. Prymak, I.D., Prysazhnyuk, N.M., Fedoruk, Ju.V., Vojtovyk, M.V., Obrazhij, S.V. (2022). Malovidomi fakty naukovoї spadshhyny O.O. Izmai'l'skogo (do 170-richchja z dnja narodzhennja) [Little-known facts of the scientific heritage of O.O. Izmail'skyi (to the 170th anniversary of his birth)]. *Agrobiologija [Agrobiology]*. no. 1, pp. 53–62.

3. Prymak, I.D., Prysazhnyuk, N.M., Vojtovyk, M.V. (2021). G.M. Vysoc'kyj – lisivnyk, botanik, g'runtoznavec', ekolog i geograf (do 80-richchja z dnja smerti) [Vysotsky – a forester, botanist, soil scientist, ecologist and geographer (until the 80th anniversary of his death)]. *Suchasni vyklyky i aktual'ni problemy lisivnoi' osvity, nauky ta vyrobnyctva: materialy Pershoi' Mizhnarodnoi' nauково-praktychnoi' internet – konferencii' (Bila Cerkva, 15 kvitnja 2021 r.) [Modern challenges and current problems of forestry education, science and production: materials of the First International Scientific and Practical Internet Conference (Bila Tserkva, April 15, 2021)]*. Bila Tserkva, BNAU, pp. 10–14.

4. Tanchyk, S.P., Prymak, I.D., Litvinov, D.V., Centylo, L.V. (2019). Sivozminy: pidruchnyk [Crop rotation]. Kyiv, CP Comprint, pp. 84–92.

5. Prymak, I.D., Kosolap, M.P., Panchenko, O.B. (2019). Mehanichnyj obrobitok ґрунту: istorija, teorija, praktyka [Mechanical tillage: history, theory, practice]. Vinnytsia, TOV TVORY, pp. 128–164, pp. 246–249.

6. Prymak, I.D., Vojtovyk, M.V., Panchenko, O.B. (2018). Evoljucija teoretychnyh i praktychnyh osnov perehodu vid polycevo do bezpolycevoго i poverhnevoго obrobitku ґрунту v Ukraini do seredyny pershoi' polovyny 20 st [The evolution of the theoretical and practical foundations of the transition from shelf to shelfless and surface tillage in Ukraine until the middle of the first half of the 20th century]. *Agrobiologija [Agrobiology]*. no. 1 (138), pp. 17–24.

7. Kuzin, N.V. (2016). Reabilitacija degradovanyh i maloproduktyvnyh zemel' sil's'kogospodars'kogo pryznachennja: monografija [Rehabilitation of degraded and unproductive agricultural lands]. Sumy, publishing and production enterprise "Dream – 1", 380 p.

8. Prymak, I.D., Kosolap, M.P., Kovalenko, V.P. (2018). Zemlerobstvo na erodovanyh ґруntah:

navchal'nyj posibnyk [Agriculture on eroded soils]. Vinnytsia, TOV TVORY, 400 p.

9. Prymak, I.D., Panchenko, O.B., Vojtovyk, M.V. (2018). Evoljucija teoretychnyh i praktychnyh osnov perehodu vid polynevoogo do bezpolycevoogo i pov-erhnevoogo ta nul'ovogo obrobittiv gruntu v Ukraïni z seredyny pershoi' polovyny 20 st do s'ogodennja [The evolution of the theoretical and practical foundations of the transition from no-till and surface and zero tillage in Ukraine from the middle of the first half of the 20th century to the present day]. *Agrobiologija* [Agrobiology]. no. 2, pp. 6–17.

10. Kosolap, M.P., Krotinov, O.P. (2011). Systema zemlerobstva No-till: navchal'nyj posibnyk [No-till farming system]. Kyiv, Logos, 352 p.

11. Antonec', S.S., Antonec', A.S., Pysarenko, V.M. (2010). Organichne zemlerobstvo: z dosvidu PP «Agroekologija» Shyshac'kogo rajonu Poltav's'koï oblasti: praktychni rekomendacii' [Organic farming: From the experience of PP "Agroekologija" Shishatsky District, Poltava Region. Practical recommendations]. Poltava, RVV PDAA, 200 p.

12. Malyenko, A.M., Golodnyj, Y.M., Vorona, L.Y., Kyryljuk, V.P., Kunychak, G.Y. (2018). Tehnologija dvuhfaznoj obrabotky pochvy: voprosy teoryy y praktyky [Technology of two-phase soil processing: theory and practice issues]. Kyiv, Agrarian Science, 104 p.

13. Demydenko, O.V., Bojko, P.I., Blashhuk, M.I., Shapoval, I.S., Kovalenko, N.P. (2019). Sivozminy ta rodjuchist' chornozemu Livoberezhnogo Lisostepu: monografija [Crop rotations and fertility of chernozem of the Left Bank Forest Steppe]. Smila, 483 p.

14. Prymak, I.D., Jezerkovs'ka, L.V., Fedoruk, Ju.V. (2020). Zemlerobstvo: pidruchnyk [Agriculture]. Vinnytsia, TOV TVORY, pp. 302–315, pp. 339–358, pp. 561–571.

15. Shyuchenko, M.V. (2019). Naukovi osnovy system obrobittu gruntu v umovah nestijkogo ta nedostatn'ogo zvolozhennja: monografija [Scientific basis of tillage systems in conditions of unstable and insufficient moisture]. Kharkiv, KHNAU, Maidan, 210 p.

16. Prymak, I.D., Martynjuk, I.V., Fedoruk, Ju.V. (2022). Naukovi osnovy suchasnyh system vitchyznjanogo zemlerobstva [Scientific foundations of modern systems of domestic agriculture]. Vinnytsia, TOV TVORY, pp. 243–248.

17. Shevchenko, A.P. (2015). Naukovi systemy obrobittu gruntu v pol'ovyh sivozminah Livoberezhnogo Lisostepu Ukraïny: avtoref. dys. ... d-ra s.-g. nauk: 06.01.01 [Scientific systems of tillage in field crop rotations of the Left Bank Forest Steppe of Ukraine: abstract of the thesis to obtain the scientific degree of Dr. of Agricultural Sciences: 06.01.01]. Dnipropetrovsk, 41 p.

18. Centylo, L.V. (2020). Agroekologichni osnovy vidtvorennja rodjuchosti chornozemu typovogo ta pidvyshhennja produktyvnosti agrocenoziv Pravoberezhnogo Lisostepu Ukraïny: avtoref. dys. ... d-ra s.-g. nauk: 06.01.01 [Agro-ecological bases of reproduction of typical black soil fertility and productivity improvement of agrocenoses of the Right Bank Forest Steppe

of Ukraine: Abstract of the thesis to obtain the scientific degree of Dr. of Agricultural Sciences: 06.01.01]. Kyiv, 41 p.

19. Grynyk, S.I. (2021). Optyimizacija sposobu obrobittu gruntu i system udobrennja v korotko rotacijnij sivozmini Peredkarpattja Ukraïny: avtoref. dys. ... d-ra s.-g. nauk: 06.01.01 [Optimization of soil tillage and fertilization systems in the short-rotational crop rotation of the Subcarpathian region of Ukraine: Abstract of the thesis to obtain the scientific degree of Dr. of Agricultural Sciences: 06.01.01]. Kyiv, 22 p.

20. Cherjachukin, M.I. (2016). Naukove obgruntuvannja ta rozroblennja zahodiv osnovnogo obrobittu gruntu v zonal'nyh systemah zemlerobstva Pravoberezhnogo Stepu Ukraïny: avtoref. dys. ... d-ra s.-g. nauk: 06.01.01 [Scientific substantiation and development of basic tillage measures in zonal farming systems of the Right Bank Steppe of Ukraine: Abstract of the thesis to obtain the scientific degree of Dr. of Agricultural Sciences: 06.01.01]. Kyiv, 51 p.

21. Cyljiryk, O.I. (2014). Naukove obgruntuvannja efektyvnosti system osnovnogo obrobittu gruntu v korotkorotacijnyh sivozminah Pivnichnogo Stepu Ukraïny: avtoreferat dys. na zdobuttja naukovoogo stupenja d-ra s.-g. nauk: 06.01.01 [Scientific substantiation of the effectiveness of the main tillage systems in short-rotational crop rotations of the Northern Steppe of Ukraine: Abstract of the thesis. to obtain the scientific degree of Dr. of Agricultural Sciences: 06.01.01]. Dnipropetrovsk, 41 p.

22. Prymak, I.D., Cjuk, O.A., Martynjuk, I.V. (2022). Evoljucija system zemlerobstva: monografija [Evolution of farming systems]. Vinnytsia, TOV TVORY, pp. 298–313.

23. Tanchyk, S.P., Cjuk, O.A., Centylo, L.V. (2015). Nakovi osnovy system zemlerobstva: monografija [Basic principles of farming systems: a monograph]. Vinnytsia, Nilan-LTD LLC, pp. 58–60.

24. Prymak, I.D., Jermolajev, M.M., Panchenko, O.B. (2021). Zmina zapasiv produktyvnoi' gruntovoi' vology pid agrofocenozy zalezho vid system osnovnogo obrobittu v korotko rotacijnij sivozmini [Changes in the reserves of productive soil moisture under agrophytocenoses depending on the main cultivation systems in short-rotational crop rotation]. *Agrobiologija* [Agrobiology]. no. 1, pp. 131–144.

25. Soroka, V.I., Martynjuk, I.V., Prymak, I.D. (2000). Tehnologija vyroshhuvannja sil's'kogospodars'kyh kul'tur u promizhnyh posivah Lisostepu Ukraïny (rekomendacii') [Technology of cultivation of agricultural crops in intermediate crops of the Forest Steppe of Ukraine (recommendations)]. Bila Tserkva, pp. 20–21.

26. Jeshhenko, V.O., Kopytko, P.G., Butylko, A.P., Opryshko, V.P. (2013). Zemlerobstvo: pidruchnyk [Agriculture]. Kyiv, Lazurite-Polygraph, pp. 261–263.

27. Naukovi osnovy vyrobnytva organichnoi' produkcii' v Ukraïni: monografija / za red. Ja.M. Gadzala, V.F. Kamins'kogo [Scientific basis of production of organic products in Ukraine: monograph / by re. Y.M. Gadzala, V.F. Kaminsky]. Kyiv, Agrarian science, 2016, pp. 158–159.



28. Jeshhenko, V.O., Kopytko, P.G., Kostogryz, P.V., Opryshko, V.P. (2014). *Osnovy naukovykh doslidzhen' v agronomii: pidruchnyk* [Basics of scientific research in agronomy]. Vinnytsia, PE TD Edelweiss and K, pp. 175–176, 227 p.

29. Prymak, I.D., Rjaba, O.I., Kupchyk, V.I., Demydas', G.I., Jeshhenko, V.O. (2012). *Teoretychni osnovy suchasnoho zemlerobstva* [Theoretical foundations of modern agriculture]. Kyiv, Center for Educational Literature, pp. 316–317.

30. Prymak, I.D., Kupchyk, V.I. (2017). *Agronomichne gruntoznavstvo* [Agronomic soil science]. Vinnytsia, Nilan-LTD LLC, pp. 291–292.

31. Prymak, I.D., Gamalij, I.P., Panchenko, O.B. (2018). *Metereologichni nebezpechni javyshha i nespryjatlyvi umovy v zemlerobstvi Ukrainy* [Meteorological dangerous phenomena and unfavorable conditions in agriculture of Ukraine]. Vinnytsia, Nilan-LTD LLC, pp. 37–40.

32. Gordijenko, V.P. (2008). *Gruntova vologa: monografija* [Soil moisture]. Simferopol, State Enterprise Feniks Enterprise, pp. 181–182, pp. 352–353.

33. Prymak, I.D., Gamalij, I.P., Demydas', G.I. (2016). *Agrometereologija* [Agrometeorology]. Vinnytsia, Nilan-LTD LLC, pp. 463–465.

### **Reserves of available soil moisture, productivity and mass of root residues of winter wheat and post-harvest white mustard depending on cultivation, precursors and fertilizer**

**Prymak I., Hlevaskiy V., Voitovyk M., Pavlichenko A., Kachan L., Pancencko O., Obrazhyy S.**

Three-year (2020–2022) research at the experimental field of Bilotserk National University, make it possible to calculate the economic and energy efficiency and to recommend a differentiated system of the main tillage on typical deep, low-humus medium-loamy chernozems of the Right Bank Forest-Steppe of Ukraine in a five-field specialized (cereal) crop rotation, which involves deep plowing only for row crops, and for winter wheat after both predecessors (peas and buckwheat) and post-harvest mustard for green manure cultivation with heavy disc harrows, respectively, to a depth of 8–10 and 10–12 cm with the introduction of  $N_{140}P_{60}K_{100}$  under the bread plant and  $N_{120}P_{60}K_{90}$  – after peas, and under cabbage –  $N_{80}P_{60}K_{80}$  after both predecessors. For the placement of winter wheat after legume and cereal crops and recommended agricultural measures, the cost of one ton of grain was 3.82 and 4.06 thousand hryvnias respectively, conditional net profit was 18.11 and 16.06 thousand hryvnias/ha, profitability 44.4 and 37.1 %, energy efficiency ratio 2.4 and 1.9.

Reserves of available soil moisture under winter wheat are higher in the link with peas than buckwheat. The highest reserves of it in the upper, arable and meter layers in the seedling phase of the culture after both predecessors under differentiated cultivation in crop rotation. In the phase of entering the tube, this indicator is the lowest in the arable layer under differentiated, and in the meter layer - under disk cultivation in crop rotation.

On the date of sowing white mustard in the row with peas, the reserves of available soil moisture in the upper layer differed insignificantly according to tillage options, and in arable land they are the highest under shelf-disc tillage. In the meter layer, this indicator did not undergo significant deviations from the control, although it increased compared to it by 1.2–2.5 mm.

For the predecessor of buckwheat, the content of soil moisture in the investigated layers (0–10, 0–30 and 0–100 cm) on the date of sowing white mustard increased significantly under differentiated and decreased significantly under disk tillage. In the upper layer of the soil, this indicator is slightly higher in the link with peas (by 0.5 mm), in the arable one with buckwheat (by 2.6 mm), and in the meter layer – it is almost the same for both predecessors.

The yield of winter wheat is 0.59 t/ha higher in the link with peas than with buckwheat. After both predecessors, it is the largest under differentiated cultivation of fertilized and unfertilized plots. With chisel-disk and disk processing, this indicator is significantly reduced.

Only on unfertilized plots under shelf-disk and disk tillage, the yield of green mass of white mustard is higher in the link with peas than with buckwheat, in the remaining variants of the experiment, the preference is for the grain predecessor.

This indicator in the link with peas decreased, for all tillage options, compared to the control, but significantly only for disc tillage. In the link with buckwheat, its significant decrease is observed under disc cultivation and a significant increase under differentiated cultivation of fertilized areas.

The dry mass of root residues of winter wheat is significantly lower for chisel-disk and disc than for shelf-disk treatments in both predecessors. Under differentiated processing, this indicator increased, compared to the control, but insignificantly.

The mass of the dry root of white mustard in the link with leguminous crop is less for all tillage options, compared to the control, but it is significantly (by 0.19–0.25 t/ha) less for discing the soil.

With an increase in fertilizer application rates, the dry weight of the root residues of the studied crops grows more slowly than the yield. At the same time, a slower growth of both above-ground and underground mass of both agrophytocenoses was established for placing them after the leguminous than for the cereal predecessor.

Calculations of economic and energy efficiency give reason to recommend a differentiated system of the main soil cultivation on typical deep, low-humus, medium-loam chernozems of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine in a five-field specialized (cereal) crop rotation, which involves deep plowing only for row crops, and for winter wheat after both predecessors (peas and buckwheat) and post-harvest mustard for green manure tillage with heavy disc harrows, respectively, to a depth of 8–10 and 10–12 cm with application of  $N_{140}P_{60}K_{100}$  under the bread plant after

buckwheat and  $N_{120}P_{60}K_{90}$  – after peas, and under cabbage –  $N_{80}P_{60}K_{80}$  after both predecessors.

For placing winter wheat after leguminous and cereal crops and recommended agromeasures, the cost price of one ton of grain was UAH 3.82 and 4.06

thousand respectively, conditional net profit was UAH 18.11 and 16.06 thousand/ha, profitability 44.4 and 37.1 %, energy efficiency ratio 2.4 and 1.9.

**Key words:** soil, cultivation, productivity, fertilizers, predecessors, cultures, root residues, crop rotation.



Copyright: Примак І.Д. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Примак І.Д.

<https://orcid.org/0000-0002-0094-3469>

Глеваський В.І.

<https://orcid.org/0000-0002-3939-7215>

Павліченко А.А.

<https://orcid.org/0000-0002-4795-5643>

Качан Л.М.

<https://orcid.org/0000-0001-5374-3252>

Ображій С.В.

<https://orcid.org/0000-0002-3532-6655>



УДК 633.111.5:631.547

## Урожайність та якість зерна спельти (*Triticum spelta* L.) в умовах Лісостепу України

Заїка Н.В., Карпук Л.М. 

Білоцерківський національний аграрний університет

✉ E-mail: sashaplusnatasha11@gmail.com



Заїка Н.В., Карпук Л.М. Урожайність та якість зерна спельти (*Triticum spelta* L.) в умовах Лісостепу України. «Агробіологія», 2023. № 1. С. 114–122.

Zaika N., Karpuk L. Yield and quality of spelta grain (*Triticum spelta* L.) in the conditions of the Forest Steppe of Ukraine. «Agrobiology», 2023. no. 1, pp. 114–122.

Рукопис отримано: 07.05.2023 р.

Прийнято: 15.05.2023 р.

Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-179-1-114-122

У статті наведено результати досліджень щодо особливостей формування урожайності спельти та якості зерна залежно від застосування гумату та регулятора росту рослин в умовах нестійкого зволоження Лісостепу Правобережного.

Метою досліджень було виявлення впливу елементів технології вирощування сортів спельти на продуктивність та якість зерна. Упродовж 2019–2022 рр. проводили дослідження на дослідному полі навчально-виробничого центру Білоцерківського національного аграрного університету.

Виявлено, що досліджувані сорти відрізняються за біологічними проявами формування рівня урожайності зерна, зокрема сорт Зоря України мав урожайність 5,66 т/га, Європа – 5,89 т/га, Аттергауер Дінкель – 4,85 т/га. За роками досліджень кращі умови були в 2021 році, коли отримано середню урожайність 5,95 т/га, а гірші в 2020 році – 5,07 т/га.

Вища урожайність зерна спельти спостерігалась в багаторічній перспективі за застосування Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння та повторно у фазу молочної стиглості за поєднання його з внесенням Agriflex Amino у фазу колосіння. За таких умов урожайність сорту Зоря України становила 5,90 т/га, Європа – 6,43 т/га, Аттергауер Дінкель – 5,17 т/га.

За якісними характеристиками зерна пшениці спельти визначено оптимальний варіант застосування Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння та повторно у фазу молочної стиглості за поєднання його з внесенням Agriflex Amino у фазу колосіння. За таких умов натура зерна сорту Зоря України становила 663 г/л, Європа – 680 г/л, Аттергауер Дінкель – 758 г/л, вміст білка був 18,55; 18,27 та 14,70 %, а вміст сирової клейковини 48,8; 41,6 та 33,0 % відповідно. Ці значення були кращими в досліді та підтвердили високу ефективність впливу досліджуваних чинників на якісні показники зерна спельти.

**Ключові слова:** пшениця спельта, сорт, стимулятор росту, гумат калію, урожайність, вміст білка, вміст клейковини, натура зерна.

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** На сьогодні в разі зріс інтерес до плівчастих видів пшениці, таких як *Triticum spelta* L. Завдяки високій стійкості до хвороб та наявності додаткових лусок, що ускладнюють пошкодження шкідниками, цю пшеницю активно вирощують в органічному землеробстві. Також рослини спельти значно стійкіші до несприятливих умов вирощування та здатні формувати набагато більший рівень урожайності, тимчасом класичні пшениці

завичай не витримують екстремальних умов та як мінімум різко зменшують свою продуктивність [1–3].

Рослини спельти краще витримують вплив низьких температур на різних етапах розвитку, що дозволяє за сівби в жовтні–листопаді отримати дружні сходи. Також важлива зимостійкість рослин щодо перезимівлі в малосніжні зими, коли температура в зоні точки росту опускається до небажаних для пшениці озимої значень [5, 6].

Водночас є ряд недоліків, які слід враховувати за планування технології вирощування культури. Зокрема, висота рослини сучасних сортів спелти перебуває в діапазоні від 100 до 170 см, а тому слід обережно застосовувати азотне удобрення, щоб не спровокувати вилягання посівів. Плівчастість насіння ускладнює як сівбу так і обмолот, оскільки слід ретельно обирати збиральну вологість, коли зернівка найкраще відділяється від решти рослини [7, 8].

Якщо оцінювати сортовий потенціал спелти порівняно з м'якою озимою пшеницею, то її урожайність досягає 80 % врожаю останньої. Здавалося б не раціонально повертатись до низькопродуктивних видів рослин, однак це не так. Спелта має відмінні якісні характеристики, адже в її зерні вміст клейковини може досягати до 50 %, а протеїну до 25 %, амінокислотний склад на 50 % вищий порівняно з м'якою озимою пшеницею [9–12].

Погіршення екологічної ситуації в багатьох країнах світу, зокрема й Україні, посилення процесів деградації ґрунтів, проблеми з виробництвом нормативних за якістю харчових продуктів, обумовлюють необхідність впровадження так званих альтернативних систем землеробства, які базуються на елементах екологізації та біологізації землеробства. Широкого розмаху ведення таких систем землеробства набуло в Японії, США, країнах Європейського Союзу, Швейцарії, Канаді, Австралії та Новій Зеландії, де площа сільгоспугідь, сертифікованих для вирощування екологічно чистої органічної продукції, становить близько чверті мільйона гектарів [13–16].

У країнах Європейського Союзу і загалом у світі працюють над удосконаленням систем та технологій у виробництві – цілісна багатofункціональна модель господарювання та виробництва продукції, яка забезпечує збалансовану динамічну рівновагу між компонентами інтегрованої економіко-екологічної системи протягом визначеного проміжку часу з метою об'єднання економічного зростання та підвищення життєвого рівня з одночасним поліпшенням стану навколишнього середовища. У багатьох європейських країнах попит на високопродуктивну та екологічно фундаментальну продукцію перевищує пропозицію і така ситуація є вигідною і для України, щоб зайняти та укріпити свої позиції експортера органічної продукції в країнах ЄС [17, 18].

Зростання світового та вітчизняного попиту спонукає до нарощування валових обсягів органічної продукції, яку використовують у харчовій промисловості та за виробництва кормів. Особливо це стосується спелти, оскільки вона

має високий вміст збалансованого за амінокислотним складом білка та клейковини [19].

Тому питання розробки технологій вирощування спелти, за диференційованої системи землеробства з високою якістю продукції є актуальним, адже окрім отримання екологічно безпечної продукції, вони мають сприяти підвищенню природної біологічної активності та відновленню балансу поживних речовин у ґрунті завдяки використанню побічної продукції [20].

Враховуючи викладене вище, а також те, що за умов ведення органічних елементів та інших аспектів рослинництва підсилюються відновлювальні властивості через раціональне використання побічної продукції, оптимізується робота ґрунтової мікрофлори, і як результат – забезпечується стабільна урожайність спелти та підвищення якості зернового продукту, обраний напрям досліджень є важливим для сільськогосподарського виробництва.

**Метою досліджень** було виявлення впливу елементів технології вирощування сортів спелти на продуктивність та якість зерна.

**Матеріал і методи дослідження.** Дослідження проводили протягом 2019–2022 рр. на дослідному полі НВЦ Білоцерківського НАУ, що розташоване у зоні нестійкого зволоження Лісостепу Правобережного України.

Погодні показники в роки проведення досліджень (2019–2022 рр.) відрізнялись від середніх багаторічних значень, проте, загалом, були сприятливими для вегетаційного періоду рослин.

Схему виявлення впливу агротехнічних елементів на урожайність сортів спелти наведено в таблиці 1.

Площа посівної ділянки 100 м<sup>2</sup>, облікової – 90 м<sup>2</sup>; повторність – триразова.

Обробку гуматом та регуляторами росту проводили в рекомендованих виробником дозах застосування.

У досліді вивчали три сорти спелти, морфологічні та агрономічні характеристики яких наведено в таблиці 2.

Два досліджуваних сорти спелти належать одному оригінатору – Всеукраїнський науковий інститут селекції (ВНІС), тимчасом сорт Аттергауер Дінкель селекції Пробстдорфер Заатцухт Гез.м.б.Х. енд КоКГ і вважається що саме він є класичним сортом, генетично чистим, без схрещувань з пшеницею м'якою озимою.

Дослідження проводили згідно з методикою польового дослідження та методикою Державного сортовипробування сільськогосподарських культур.

Таблиця 1 – Схема вивчення впливу гуматів та регуляторів росту на продуктивність сортів спельти

Сорт	Позакореневе удобрення	Стимулятор росту
Зоря України	Контроль	Контроль
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння	Без стимулятора Agriflex Amino у фазу колосіння
	Гумат калію ГК-17 у фазу молочної стиглості	Без стимулятора Agriflex Amino у фазу колосіння
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння та повторно молочної стиглості	Без стимулятора Agriflex Amino у фазу колосіння
Європа	Контроль	Контроль
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння	Без стимулятора Agriflex Amino у фазу колосіння
	Гумат калію ГК-17 у фазу молочної стиглості	Без стимулятора Agriflex Amino у фазу колосіння
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння та повторно молочної стиглості	Без стимулятора Agriflex Amino у фазу колосіння
Аттергауер Дінкель	Контроль	Контроль
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння	Без стимулятора Agriflex Amino у фазу колосіння
	Гумат калію ГК-17 у фазу молочної стиглості	Без стимулятора Agriflex Amino у фазу колосіння
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння та повторно молочної стиглості	Без стимулятора Agriflex Amino у фазу колосіння

Таблиця 2 – Морфологічні та агрономічні характеристики досліджуваних сортів спельти

Ознака	Зоря України	Європа	Аттергауер Дінкель
Тип вирощування	озимий	озимий	озимий
Група стиглості	пізньостиглий	пізньостиглий	пізньостиглий
Висота рослини, см	110–120	110	107–138,3
Коефіцієнт кущення	1,2	1,3	1,6
Кількість зерен в колосі, шт.	48	48	48
Щільність колосу	нещільний	нещільний	нещільний
Довжина колосу, см	16	15	20
Маса 1000 зерен обрушене, г	43,5–45,0	44,0–45,0	45,5–77,7
Маса 1000 зерен необрушене, г	67,0–69,1	66,0–67,1	63,5–101
Потенціал врожайності, т/га	6,2	6,5	5,5
Середня врожайність за роки сортовипробування, т/га	5,5	5,8	4,4
Вміст білка, %	18–22	18–20	14,2–16,7
Сира клейковина, %	48–49	40–45	29,9–31,9
Сирий протеїн, %	23–26	20–22	18,2–21,0
Натура зерна, г/л	650	670	740

**Результати досліджень та обговорення.** Основним критерієм оцінки ефективності застосування зазначених елементів технології вирощування слід вважати показники урожайності сортів спельти (табл. 3).

Аналізуючи закономірності формування врожайності загалом можемо стверджувати, що досліджувані сорти відрізняються за біологічними проявами формування рівня уро-

жайності зерна, зокрема сорт Зоря України мав урожайність 5,66 т/га, Європа – 5,89 т/га, Аттергауер Дінкель – 4,85 т/га.

За роками досліджень кращі умови були в 2021 році, коли отримано середню урожайність 5,95 т/га, а гірші в 2020 році – 5,07 т/га. Тобто погодні умови впливають на формування врожаю, однак не настільки критично як це відбувається з пшеницею м'якою озимою.

Таблиця 3 – Урожайність зерна сортів спельти за внесення гуматів та регуляторів росту рослин

Сорт	Позакореневе удобрення	Стимулятор росту	Урожайність, т/га			
			2020	2021	2022	Середнє
Зоря України	Контроль	Контроль	4,98	6,06	5,53	5,52
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння	Без стимулятора	5,10	6,16	5,64	5,63
		Agriflex Amino у фазу колосіння	5,14	6,22	5,72	5,69
	Гумат калію ГК-17 у фазу молочної стиглості	Без стимулятора	4,95	6,00	5,50	5,48
		Agriflex Amino у фазу колосіння	5,00	6,05	5,55	5,53
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння та повторно молочної стиглості	Без стимулятора	5,25	6,36	5,84	5,82
Agriflex Amino у фазу колосіння		5,33	6,45	5,93	5,90	
Європа	Контроль	Контроль	5,24	6,39	5,82	5,81
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння	Без стимулятора	5,26	6,40	5,84	5,83
		Agriflex Amino у фазу колосіння	5,30	6,44	5,90	5,88
	Гумат калію ГК-17 у фазу молочної стиглості	Без стимулятора	5,24	6,31	5,82	5,79
		Agriflex Amino у фазу колосіння	5,01	6,09	5,56	5,55
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння та повторно молочної стиглості	Без стимулятора	5,36	6,52	5,95	5,94
Agriflex Amino у фазу колосіння		6,28	6,94	6,09	6,43	
Аттергауер Дінкель	Контроль	Контроль	4,57	5,08	4,46	4,70
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння	Без стимулятора	4,63	5,12	4,51	4,75
		Agriflex Amino у фазу колосіння	4,71	5,23	4,56	4,84
	Гумат калію ГК-17 у фазу молочної стиглості	Без стимулятора	4,60	5,05	4,44	4,69
		Agriflex Amino у фазу колосіння	4,60	5,08	4,50	4,73
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння та повторно молочної стиглості	Без стимулятора	4,95	5,43	4,79	5,06
Agriflex Amino у фазу колосіння		5,04	5,59	4,88	5,17	
НІР <sub>0,05</sub>			0,12	0,14	0,12	0,10

Усупереч впливу негативних умов вирощування, досліджувані сорти пшениці формували високі показники продуктивності і не спостерігалось істотного її зниження. Причому сорт Аттергауер Дінкель показував як гарні результати за дефіциту чинників живлення так і задовільні показники за відсутності ліміту чинників, хоча не досягнув продуктивності сортів пшениці, які отримано як продукт схрещування спельти з класичними видами пшениць.

Оцінюючи ефективність застосування агротехнічних елементів, які вивчали в досліді, слід зауважити що внесення препаратів у фазу колосіння спрямоване більше на активізацію росту рослин, зменшення стресів, поліпшення живлення макро- та мікроелементами та підвищення опірності рослин до хвороб. Тому обробка посівів Гуматом калію ГК-17 у фазу колосіння сприяла збільшенню урожайності зерна пшениці ніж за обробки Гуматом калію ГК-17 у фазу молочної стиглості. Оскільки остання обробка спрямована на підвищення стій-

кості до посухи та інших несприятливих умов на момент наливу зерна, підвищення маси 1000 зерен, вмісту білка та клейковини в насінні.

Якщо оцінити відмінності між варіантами позакореневого застосування гуматів у цифрах, то в середньому урожайність за внесення Гумату калію ГК-17 у фазу колосіння в сорту Зоря України була 5,66 т/га, за обробки Гуматом калію ГК-17 у фазу молочної стиглості – 5,51 т/га. Аналогічно урожайність зерна сорту Європа становила 5,86 та 5,67 т/га, а сорту Аттергауер Дінкель – 4,79 та 4,71 т/га відповідно.

Також встановлено, що комплексне застосування позакореневого підживлення Гуматом калію ГК-17 у фазу колосіння та повторно молочної стиглості сприяло як активізації ростових процесів та збільшенню урожайності спельти так і поліпшувало якість отриманого зерна. Зокрема, в сорту Зоря України отримали середню урожайність 5,86 т/га, Європа – 6,19 т/га, Аттергауер Дінкель – 5,11 т/га. Тобто комбіноване внесення позитивно позначається



на ростових та регенеративних процесах рослин, однак підживлення рослин по вегетації потребують формування на час сівби технологічних колій, в зв'язку з високорослістю спельти та схильністю до вилягання.

Щодо застосування стимулятора росту, то відмітили наступні закономірності зміни його впливу на рослини. За застосування стимулятора у фазу колосіння пшениці його вплив був більш яскраво виражений чим за внесення в більш пізню фазу – молочної стиглості. Що ймовірно, пов'язано з біологічними взаємодіями стимулятора на більш ранніх етапах розвитку рослин, коли вони потребують більш фізіологічно активних речовин, особливо амінокислот рослинного походження, які містяться в стимуляторі Agriflex Amino.

Якщо порівнювати варіанти досліду, де застосовували стимулятор Agriflex Amino, то на фоні гумату внесеного у фазу молочної стиглості урожайність спельти сорту Зоря України була на 0,16 т/га, сорту Європа – 0,33 т/га, сорту Аттергауер Дінкель на 0,11 т/га меншою ніж на фоні застосування з гуматом внесеним у фазу колосіння. Проте істотний ефект приросту врожаю отримано за використання стимулятора росту комбіновано, у фазу колосіння та повторно у фазу молочної стиглості, зокрема отримали приріст в сорту Зоря України 0,21 т/га, Європа – 0,55 т/га, а в сорту Аттергауер Дінкель – 0,33 т/га ніж у фазу колосіння.

Отже, вища урожайність зерна спельти спостерігалась в багаторічній перспективі за застосування Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння та повторно у фазу молочної стиглості за поєднання його з внесенням Agriflex Amino у фазу колосіння. За таких умов урожайність сорту Зоря України становила 5,90 т/га, Європа – 6,43 т/га, Аттергауер Дінкель – 5,17 т/га.

Оскільки вплив позакореневого підживлення рослин пшениці в пізні фази розвитку спрямований на отримання кращих якісних характеристик зерна, слід більш детально розглянути цю ознаку та закономірності її змін (табл. 4).

У середньому у досліді в сорту Зоря України натура зерна становила 652 г/л, Європа – 670, г/л, Аттергауер Дінкель – 750 г/л.

Застосування гуматів для позакореневого підживлення впливало істотно на якісні показники зерна спельти і за внесення Гумату калію ГК-17 у фазу колосіння в сорту Зоря України натура зерна була 646 г/л, а за обробки Гуматом калію ГК-17 у фазу молочної стиглості – 652 г/л. Аналогічно в сорту Європа натура становила 665 та 671 г/л, а в сорту Аттергауер Дінкель – 746 та 750 г/л відповідно.

Комплексне застосування позакореневого підживлення Гуматом калію ГК-17 у фазу ко-

лосіння та повторно молочної стиглості сприяло збільшенню показника натуре зерна, зокрема в сорту Зоря України отримали середню натуре 661 г/л, Європа – 679 г/л, Аттергауер Дінкель – 757 г/л.

Якщо аналізувати застосування стимулятора Agriflex Amino, то на варіанті гумату внесеного у фазу молочної стиглості натура зерна спельти сорту Зоря України була на 6 г/л, в сорту Європа на 7 г/л, а в сорту Аттергауер Дінкель на 5 г/л вищою ніж у варіанті застосування з гуматом внесеним у фазу колосіння. Тимчасом вища натура зерна спельти спостерігалась за застосування Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння та повторно у фазу молочної стиглості за поєднання його з внесенням Agriflex Amino у фазу колосіння. За таких умов натура зерна сорту Зоря України становила 663 г/л, Європа – 680 г/л, Аттергауер Дінкель – 758 г/л.

У середньому по досліді в сорту Зоря України вміст білка був 18,4 %, Європа – 18,2 %, Аттергауер Дінкель – 14,5 %. За внесення гумату калію ГК-17 у фазу колосіння в сорту Зоря України вміст білка становив 18,3 %, а за обробки Гуматом калію ГК-17 у фазу молочної стиглості – 18,4 %. Аналогічно в сорту Європа вміст білка був 18,1 та 18,2 %, а в сорту Аттергауер Дінкель 14,4 та 14,6 % відповідно. Тимчасом за комплексного застосування позакореневого підживлення Гуматом калію ГК-17 у фазу колосіння та повторно у фазу молочної стиглості в сорту Зоря України отримали вміст білка 18,5 %, Європа – 18,3 %, Аттергауер Дінкель – 14,7 %.

Вищі показники вмісту білка в зерні спельти спостерігались за застосування Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння та повторно у фазу молочної стиглості за поєднання його з внесенням Agriflex Amino у фазу колосіння. За таких умов в сорту Зоря України отримано вміст на рівні 18,55 %, Європа – 18,27 %, Аттергауер Дінкель – 14,70 %.

Досліджено, що в середньому по досліді в сорту Зоря України вміст сирі клейковини становив 48,3 %, Європа – 40,6 %, Аттергауер Дінкель – 31,3 %. За внесення Гумату калію ГК-17 у фазу колосіння в сорту Зоря України вміст сирі клейковини становив 48,1 %, а за обробки Гуматом калію ГК-17 у фазу молочної стиглості – 48,3 %. Аналогічно в сорту Європа вміст клейковини був 40,2 та 40,6 %, а в сорту Аттергауер Дінкель 30,6 та 31,2 % відповідно. Тимчасом за комплексного застосування позакореневого підживлення Гуматом калію ГК-17 у фазу колосіння та повторно у фазу молочної стиглості в сорту Зоря України отримали вміст клейковини 48,7 %, Європа – 41,3 %, Аттергауер Дінкель – 32,8 %.

Таблиця 4 – Якість зерна спельти, середнє за 2020–2022 рр.

Сорт	Позакореневе удобрення	Стимулятор росту	Натура зерна, г/л	Вміст білка, %	Вміст сирової клейковини, %
Зоря України	Контроль	Контроль	647,0	18,30	48,0
		Без стимулятора	645,0	18,32	48,1
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння	Аgriflex Аmino у фазу колосіння	647,0	18,34	48,0
		Без стимулятора	650,0	18,40	48,2
	Гумат калію ГК-17 у фазу молочної стиглості	Аgriflex Аmino у фазу колосіння	654,0	18,43	48,3
		Без стимулятора	658,0	18,51	48,5
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння та повторно молочної стиглості	Аgriflex Аmino у фазу колосіння	663,0	18,55	48,8
		Без стимулятора	665,0	18,00	40,0
Європа	Контроль	Контроль	665,0	18,00	40,0
		Без стимулятора	665,0	18,10	40,3
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння	Аgriflex Аmino у фазу колосіння	664,0	18,12	40,1
		Без стимулятора	670,0	18,20	40,5
	Гумат калію ГК-17 у фазу молочної стиглості	Аgriflex Аmino у фазу колосіння	672,0	18,22	40,7
		Без стимулятора	677,0	18,24	41,0
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння та повторно молочної стиглості	Аgriflex Аmino у фазу колосіння	680,0	18,27	41,6
		Без стимулятора	745,0	14,30	30,0
Аттергауер Дінкель	Контроль	Контроль	745,0	14,30	30,0
		Без стимулятора	746,0	14,40	30,5
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння	Аgriflex Аmino у фазу колосіння	745,0	14,45	30,6
		Без стимулятора	748,0	14,53	31,0
	Гумат калію ГК-17 у фазу молочної стиглості	Аgriflex Аmino у фазу колосіння	752,0	14,57	31,3
		Без стимулятора	755,0	14,67	32,5
	Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння та повторно молочної стиглості	Аgriflex Аmino у фазу колосіння	758,0	14,70	33,0
		Без стимулятора	758,0	14,70	33,0
НІР <sub>0,05</sub>			14	1,1	2,0

Кращі показники вмісту клейковини отримано за застосування Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння та повторно у фазу молочної стиглості за поєднання його з внесенням Аgriflex Аmino у фазу колосіння. За таких умов в сорту Зоря України сформовано вміст клейковини на рівні 48,8 %, Європа – 41,6 %, Аттергауер Дінкель – 33,0 %.

**Висновки.** Виявлено, що досліджувані сорти відрізняються за біологічними проявами формування рівня урожайності зерна, зокрема сорт Зоря України мав урожайність 5,66 т/га, Європа – 5,89 т/га, а Аттергауер Дінкель – 4,85 т/га. За роками досліджень кращі умови були в 2021 році, коли отримано середню урожайність 5,95 т/га, а гірші в 2020 році – 5,07 т/га.

Вища урожайність зерна спельти спостерігалась в багаторічній перспективі за застосування Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння та

повторно у фазу молочної стиглості за поєднання його з внесенням Аgriflex Аmino у фазу колосіння. За таких умов урожайність сорту Зоря України становила 5,90 т/га, Європа – 6,43 т/га, Аттергауер Дінкель – 5,17 т/га.

За якісними характеристиками зерна пшениці спельти визначено варіант застосування Гумат калію ГК-17 у фазу колосіння та повторно у фазу молочної стиглості за поєднання його з внесенням Аgriflex Аmino у фазу колосіння. За таких умов натура зерна сорту Зоря України становила 663 г/л, Європа – 680 г/л, Аттергауер Дінкель – 758 г/л, вміст білка був 18,55; 18,27 та 14,70 %, а вміст сирової клейковини 48,8; 41,6 та 33,0 % відповідно. Ці значення були кращими в досліді та підтвердили високу ефективність впливу досліджуваних чинників на якісні показники зерна спельти.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Заболотна І.Р. Характеристика зразків спельти озимої за елементами продуктивності колосу. Генетика і селекція: досягнення і проблеми: тези доповідей міжнародної наукової конференції, присвяченої 170-річчю УНУС (18–20 березня 2014 р.). С. 40–41.

2. Марченко В. У древньої пшениці спельти – нове життя. Народний оглядач. URL: <https://www.ar25.org/article/u-drevnoyi-pshenyuci-spelty-nove-zhyttya.html>.

3. Шелепов В.В., Маласай В.М., Пензев А.Ф. Морфология, биология, хозяйственная ценность пшеницы. Мироновка, 2004. 524 с.

4. Cubadda R., Marconi E. Technological and nutritional aspects in emmer and spelt. Hulled Wheats. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Castelvechio Pascoli: Tuscany. Italy, 1995. P. 203–211.

5. Дірауер Х., Закс Р. Органічна пшениця: посібник. Сільськогосподарські культури. Дослідний інститут органічного сільського господарства. 16 с. URL: [http://www.ukraine.fibl.org/fileadmin/documents-ukraine/Booklets/pshenucja\\_A4.pdf](http://www.ukraine.fibl.org/fileadmin/documents-ukraine/Booklets/pshenucja_A4.pdf).

6. Ткаченко І.Ю. Оптимізація азотного живлення пшениці спельти на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу України: автореф. канд. с.-г. наук: 06.01.04. Харків, 2015. 21 с.

7. Господаренко Г.М., Любич В.В., Полянецька І.О., Возіян В.В. Хлібопекарські властивості зерна спельти залежно від удобрення. Вісник Уманського УНУС. 2015. № 1. С. 11–14.

8. Ружицька О.М., Борисова О.В. Ріст, продуктивність та якість зерна озимої спельти за умов Півдня Степової зони України. Вісн. ОНУ. Біологія. 2015. Т. 20. Вип. 1 (36). С. 47–58.

9. Andruszczak S., Kwiecińska-Poppe E., Kraska P., Pałys E. Yield of winter cultivars of spelt wheat (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* L.) cultivated under diversified conditions of mineral fertilization and chemical protection Acta Sci. Pol. Agric. 2011. 10. P. 5–14.

10. Fatrcova-Šramkova K., Lacko-Bartošova M., Mariassyova M. Bioproducts made from spelt wheat (*Triticum spelta*) and their antioxidant properties Aquat. Ecosyst. Health. 2010. 14. P. 185–187.

11. Goriewa-Duba K., Duba A., Wachowska U., Wiwart M. An evaluation of the variation in the morphometric parameters of grain of six triticum species with the use of digital image analysis. Agronomy. 2018. 8. 296 p.

12. Morphological and productive traits of spelt wheat – *Triticum spelta* L. Agric / S. Jankovic et al. 2015. For. 61. P. 173–182.

13. Baranski M., Rempelos L., Iversen P.O., Leifert C. Effects of organic food consumption on human health; the jury is still out! Food & Nutrition Research. 2017. 61 (1). 1287333 p. DOI: 10.1080/16546628.2017.1287333

14. Higher antioxidant and lower cadmium concentrations and lower incidence of pesticide residues in organically grown crops: A systematic

literature review and meta-analyses / M. Baranski et al. British Journal of Nutrition. 2014. 112 (5). P. 794–811. DOI: 10.1017/S0007114514001366

15. Association of frequency of organic food consumption with cancer risk: Findings from the NutriNet-Santé prospective cohort study / J. Baudry et al. JAMA Internal Medicine. 2018. 178 (12). P. 1597–1606. DOI: 10.1001/jamainternmed.2018.4357

16. Association between organic food consumption and metabolic syndrome: Cross-sectional results from the NutriNet-Sante study / J. Baudry et al. European Journal of Nutrition. 2018. 57 (7). P. 2477–2488. DOI: 10.1007/s00394-017-1520-1

17. Effect of organic and conventional crop rotation, fertilization, and crop protection practices on metal contents in wheat (*Triticum aestivum*) / J. Cooper et al. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2011. 59 (9). P. 4715–4724. DOI: 10.1021/jf104389m

18. Daniel O., Meier M.S., Schlatter J., Frischknecht P. Selected phenolic compounds in cultivated plants: Ecologic functions, health implications, and modulation by pesticides. Environmental Health Perspectives. 1999. 107 (Suppl 1). P. 109–114. DOI: 10.1289/ehp.99107s1109

19. Escarnot E., Jacquemin J.M., Agneessens R., Paquot M. Comparative study of the content and profiles of macronutrients in spelt and wheat, a review Biotechnologie. Agronomie Societe Et Environnement. 2012. 16 (2). P. 243–256.

20. Jones J.M., Engleson J. Whole grains: Benefits and challenges Annual Review of Food Science and Technology. 2010. 1 (1). P. 19–40. DOI: 10.1146/annurev.food.112408.132746

## REFERENCES

1. Zabolotna, I.R. (2014). Kharakterystyka zrazkiw spelly ozymoi za elementami produktyvnosti kolosu [Characterization of winter spelled samples according to the elements of ear productivity]. Henetyka i selektsiia: dosiahnennia i problemy: tezy dopovidei mizhnarodnoi naukovoï konferentsii prysviachenoï 170 richchiu UNUS (18–20 bereznia 2014 r.) [Genetics and breeding: achievements and problems: abstracts of reports of the international scientific conference dedicated to the 170th anniversary of the UNUS]. pp. 40–41.

2. Marchenko, V. U drevnoi pshenytsi spelly – nove zhyttia [Spelled is a new life in ancient wheat]. Narodnyi ohliadach [People's columnist]. Available at: <https://www.ar25.org/article/u-drevnoyi-pshenyuci-spelty-nove-zhyttya.html>.

3. Shelepov, V.V., Malasai, V.M., Penzev, A.F. (2004). Morfolohyia, byolohyia, khoziaistvennaia tsennost pshenytsi [Morphology, biology, economic value of wheat]. Myronovka, 524 p.

4. Cubadda, R., Marconi, E. (1995). Technological and nutritional aspects in emmer and spelt. Hulled Wheats. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Castelvechio Pascoli: Tuscany. Italy, pp. 203–211.

5. Dirauer, K., Zaks, R. Orhanichna pshenytsia: posibnyk. Silskohospodarski kultury. [Organic wheat:

a guide Agricultural crops]. Research Institute of Organic Agriculture. 16 p. Available at: [http://www.ukraine.fibl.org/fileadmin/documents-ukraine/Booklets/pshenucja\\_A4.pdf](http://www.ukraine.fibl.org/fileadmin/documents-ukraine/Booklets/pshenucja_A4.pdf).

6. Tkachenko, I.Yu. (2015). Optyimizatsiia azotnoho zhyvlennia pshenytsi spelty na chornozemi opidzolenomu Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy: avtoref. kand. s.-h. nauk: 06.01.04 [Optimization of nitrogen nutrition of wheat and spelled on chernozem podzolized right-bank forest-steppe of Ukraine: abstract of candidate of agricultural sciences: 06.01.04]. Kharkiv, 21 p.

7. Hospodarenko, H.M., Liubych, V.V., Polianetska, I.O., Voziiian, V.V. (2015). Khlilopekarski vlastyivosti zerna spelty zalezno vid udobrennia [Baking properties of spelled grain depending on fertilizer]. Visnyk Umanskoho UNUS [Bulletin of the Uman UNUS]. no. 1, pp. 11–14.

8. Ruzhytska, O.M., Borysova, O.V. (2015). Rist, produktyvni ta yakist zerna ozymoi spelty za umov Pivdnia Stepovoi zony Ukrainy [Growth, productivity and grain quality of winter spelled under the conditions of the Southern Steppe zone of Ukraine]. Visn. ONU. Biologhiia [Biology]. Vol. 20, Issue 1 (36), pp. 47–58.

9. Andrzejczak, S., Kwiecińska-Poppe, E., Kraska, P., Pałys, E. (2011). Yield of winter cultivars of spelt wheat (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* L.) cultivated under diversified conditions of mineral fertilization and chemical protection Acta Sci. Pol. Agric. no. 10, pp. 5–14.

10. Fatrcova-Šramkova, K., Lacko-Bartošova, M., Mariassyova, M. (2010). Bioproducts made from spelt wheat (*Triticum spelta*) and their antioxidant properties Aquat. Ecosyst. Health. no. 14, pp. 185–187.

11. Goriewa-Duba, K., Duba, A., Wachowska, U., Wiwart, M. (2018). An evaluation of the variation in the morphometric parameters of grain of six triticum species with the use of digital image analysis. Agronomy. no. 8, 296 p.

12. Jankovic, S., Ikanovic, J., Popovic, V., Rakic, S., Pavlovic, S., Ugrenovic, V., Simic, D., Doncic, D. (2015). Morphological and productive traits of spelt wheat – *Triticum spelta* L. Agric. For. 61, pp. 173–182.

13. Baranski, M., Rempelos, L., Iversen, P.O., Leifert, C. (2017). Effects of organic food consumption on human health; the jury is still out! Food & Nutrition Research. no. 61 (1), 1287333 p. DOI: 10.1080/16546628.2017.1287333

14. Baranski, M., Srednicka-Tober, D., Volakakis, N., Seal, C., Sanderson, R., Stewart, G.B., Leifert, C. (2014). Higher antioxidant and lower cadmium concentrations and lower incidence of pesticide residues in organically grown crops: A systematic literature review and meta-analyses. British Journal of Nutrition. no. 112 (5), pp. 794–811. DOI: 10.1017/S0007114514001366

15. Baudry, J., Assmann, K.E., Touvier, M., Allès, B., Seconda, L., Latino-Martel, P., Lairon, D. (2018). Association of frequency of organic food consumption with cancer risk: Findings from the NutriNet-Santé prospective cohort study. JAMA Internal Medicine. no. 178 (12), pp. 1597–1606. DOI: 10.1001/jamainternmed.2018.4357

16. Baudry, J., Lelong, H., Adriouch, S., Julia, C., Alles, B., Hercberg, S., Kesse-Guyot, E. (2018). Association between organic food consumption and metabolic syndrome: Cross-sectional results from the NutriNet-Santé study. European Journal of Nutrition. no. 57 (7), pp. 2477–2488. DOI: 10.1007/s00394-017-1520-1

17. Cooper, J., Sanderson, R., Cakmak, I., Ozturk, L., Shotton, P., Carmichael, A., Leifert, C. (2011). Effect of organic and conventional crop rotation, fertilization, and crop protection practices on metal contents in wheat (*Triticum aestivum*). Journal of Agricultural and Food Chemistry. no. 59 (9), pp. 4715–4724. DOI: 10.1021/jf104389m

18. Daniel, O., Meier, M.S., Schlatter, J., Frischknecht, P. (1999). Selected phenolic compounds in cultivated plants: Ecologic functions, health implications, and modulation by pesticides. Environmental Health Perspectives. no. 107 (Suppl 1), pp. 109–114. DOI: 10.1289/ehp.99107s1109

19. Escarnot, E., Jacquemin, J.M., Agneessens, R., Paquot, M. (2012). Comparative study of the content and profiles of macronutrients in spelt and wheat, a review Biotechnologie. Agronomie Societe Et Environnement. no. 16 (2), pp. 243–256.

20. Jones, J.M., Engleson, J. (2010). Whole grains: Benefits and challenges Annual Review of Food Science and Technology. no. 1 (1), pp. 19–40. DOI: 10.1146/annurev.food.112408.132746

### Yield and quality of spelta grain (*Triticum spelta* L.) in the conditions of the Forest Steppe of Ukraine

Zaika N., Karpuk L.

The article presents the results of research on the peculiarities of the spelled yield formation and the grain quality depending on humate and plant growth regulator use in conditions of unstable moisture in the Forest Steppe of Ukraine.

The purpose of the research was to identify the influence of elements of the technology of growing spelled varieties on the productivity and quality of the grain. During 2019–2022, research was conducted at the experimental field of the educational and production centre of the Bila Tserkva National Agrarian University.

It was found that the studied varieties differ in the biological manifestations of the grain yield formation, namely Zorya Ukrainy had a yield of 5.66 t/ha, Europe – 5.89 t/ha, and Atterhauer Dinkel – 4.85 t/ha. And according to the years of research, the best conditions were in 2021, when the average yield was 5.95 t/ha, and the worst in 2020 was 5.07 t/ha.

Better productivity of spelled grain was observed in a multi-year perspective with the application of Humate potassium GK-17 in the earing phase and again in the milk ripeness phase by combining it with the introduction of Agriflex Amino in the earing phase. Under such conditions, the productivity of the Zorya variety of Ukraine was 5.90 t/ha, the Europa variety was 6.43 t/ha, and the Atterhauer Dinkel variety was 5.17 t/ha.

As for the qualitative characteristics of wheat and spelled grain, the option of using Humate potassium



GK-17 in the earing phase and again in the milk ripeness phase by combining it with the application of Agriflex Amino in the earing phase was determined. Under such conditions, the nature of the grain of the Zorya variety of Ukraine was 663 g/l, in the Europa variety 680 g/l, and in the Atterhauer Dinkel variety 758 g/l, the protein content was 18.55 %, 18.27 %, and 14.70 % and the

crude gluten content is 48.8 %, 41.6 % and 33.0 %, respectively. These values were the best in the experiment and confirmed the high efficiency of the influence of the studied factors on the quality indicators of spelled grain.

**Key words:** spelled wheat, variety, growth stimulator, potassium humate, productivity, protein content, gluten content, grain nature.



Copyright: Заїка Н.В., Карпук Л.М. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:








Карпук Л.М.

<https://orcid.org/0000-0002-2303-7899>



## АГРОНОМІЯ

УДК 633.31:631.526.3:631.82/.85(477.4)

**Формування елементів продуктивності пшениці озимої та їх зв'язок із якістю сівби в умовах центральної частини Правобережного Лісостепу України****Панченко Т.В.** , **Грабовський М.Б.** , **Лозінський М.В.** ,  
**Федорук Ю.В.** , **Правдива Л.А.** , **Горновська С.В.** *Білоцерківський національний аграрний університет* E-mail: Панченко Т.В. panchenko.taras@gmail.com; Грабовський М.Б. nikgr1977@gmail.com;  
Лозінський М.В. Lozinsk@ukr.net; Федорук Ю.В. fedoruky\_4@ukr.net; Правдива Л.А. bioplant\_@ukr.net;  
Горновська С.В. Gornovskayasvetlana@ukr.net

Панченко Т.В., Грабовський М.Б., Лозінський М.В., Федорук Ю.В., Правдива Л.А., Горновська С.В. Формування елементів продуктивності пшениці озимої та їх зв'язок із якістю сівби в умовах центральної частини Правобережного Лісостепу України. «Агробіологія», 2023. № 1. С. 123–132.

Panchenko T., Hrabovskyi M., Lozinskyi M., Fedoruk Yu., Pravdiva L., Hornovska S. Formation of productivity elements in winter wheat and their connection with sowing quality in the central part of the right-bank Forest-Steppe of Ukraine. «Agrobiology», 2023. no. 1, pp. 123–132.

Рукопис отримано: 04.05.2023 р.  
Прийнято: 19.05.2023 р.  
Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-179-1-123-132

У статті наведено результати досліджень якості сівби пшениці озимої сорту Золотоколоса та вплив її на польову схожість, коефіцієнт кушення, формування продуктивного стеблостою.

Дослідження показали, що налаштувати сівалку для суцільної сівби на точну норму висіву досить складно і відхилення за три роки досліджень становило до 5,1 %. Точність глибини загортання дисковими висівними агрегатами невисока і коливалася у роки досліджень в середньому 4,24; 4,6; 4,3 см за планової 4,5 см. Проте відмічено досить високу розбіжність на виділених ділянках у вегетації 2018–2019 рр. (3,4–5,2 см); 2019–2020 рр. (3,5–5,9); 2020–2021 рр. (3,4–5,3 см).

Польова схожість суттєво залежала від погодних умов та зволоженості ґрунту, у 2018 та 2019 роках була високою – 95,3; 94,1 %. Літньо-осіння посуха негативно вплинула на польову схожість 2020 року і вона була нижчою ніж у попередні роки – 85,5 %.

Глибина залягання вузла кушіння за дослідний період становила 1,85; 1,9; 1,8 см. Більш суттєві коливання були на виділених ділянках, в період вегетації – 1,5–2,2 см. Коефіцієнт кореляції між глибиною загортання насіння та глибиною залягання вузла кушіння був позитивний ( $r = 0,554$ ); ( $r = 0,095$ ); ( $r = 0,237$ ).

Коефіцієнт продуктивного кушіння за роки досліджень показав незначне варіювання, зокрема у період вегетації 2018–2019 рр. він в середньому становив 1,56, в наступні роки відповідно 1,60 та 1,54.

Найбільше продуктивних стебел за норми висіву 5,5 млн/шт. на 1 га було сформовано у вегетацію 2019–2020 рр., в середньому вона становила 717,6 шт./м<sup>2</sup>. Проте коливання цієї величини на виділених ділянках досить значне від 605 до 869 шт./м<sup>2</sup>, або 84,3–121,1 % від середньої густоти. У вегетацію 2018–2019 рр. середня кількість продуктивних стебел становила 709,4 шт./м<sup>2</sup>, з коливанням на виділених ділянках від 588 до 869 шт./м<sup>2</sup>, або 82,1–122,5 %. Найменше продуктивних стебел було 2020–2021 рр., що пов'язано з досить посушливою осінньою вегетацією. В середньому нараховано 646,8 шт./м<sup>2</sup>. Коливання густоти на виділених ділянках цього року найвищі 499–863 шт./м<sup>2</sup>, або 77,1–133,4 %.

**Ключові слова:** пшениця озима, якість сівби, польова схожість, коефіцієнт кушення, продуктивний стеблостій.

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** Якісна сівба пшениці озимої закладає певний потенціал урожайності, і подальші дії аграріїв протягом сезону сприяють максимальному розкриттю потенціалу сорту за період онтогенезу.

Сучасні зернові сівалки для суцільної рядкової сівби забезпечують швидку сівбу в оптимальні для рослин строки, це сприяє зростанню врожайності. Вчасно налаштовані та підготовлені сівалки мають більш точну норму висіву [1, 2], забезпечують рівномірну площу живлення, зменшуються витрати палива і посівного матеріалу, що дозволяє заощаджувати кошти [3].

Покращення технології сівби та правильне планування посіву може сприяти підвищенню ефективності та рентабельності завдяки оптимальному використанню ресурсів. За словами Д. Шимановського [4], використання високо-технологічних сівалок для сівби пшениці дозволяє збільшити врожайність на 10–15 %.

Зростання продуктивності рослин залежить від сівалки, її швидкості руху, способу сівби, а також від інших чинників, включаючи сорт, якість посівного матеріалу, ґрунтові і кліматичні умови, інші додаткові чинники землеробства і безпосередньо процес сівби. Усі ці чинники взаємодіють між собою та обумовлюють такі параметри як площа живлення, якість сівби, рівень підвищення рентабельності [5].

Зернові сівалки для суцільної сівби є досить популярними серед сільськогосподарських виробників. Ці машини дозволяють швидко та ефективно засівати великі площі без необхідності зупинки для дозаправки насінням. Однак, поряд з перевагами, зернові сівалки мають також ряд недоліків, які варто враховувати. Один з основних це нерівномірне розподілення насіння в рядку. За нерівномірної сівби, кількість насінин на погонний метр може суттєво коливатися, воно знаходиться на різних відстанях одне від одного, зближене насіння конкурує за вологу, елементи живлення, що призводить до втрат врожаю. Крім того, нерівномірний розподіл насіння в рядку може створювати проблеми з проростанням, що також має негативний вплив [6].

Часто у сівалок для суцільної сівби спостерігаються проблеми за сівби насіння різних видів рослин. Відмінність в розмірі та формі насіння може призводити до його нерівномірного розподілу. Іншою проблемою є неспроможність контролювати глибину сівби. Це зумовлює нерівномірність сходів, утворюються різновікові рослини, що призводить до

нерівномірного досягання, втрат врожаю і зниження його якості [7]. Занадто мілка сівба також може призвести до втрат через неспроможність насіння закріпитися у ґрунті, оторимати достатню вологу та прорости [8, 9].

На сьогодні зроблені відкриття у сфері застосування високоточних технологій та комп'ютерних програм, це вплинуло і на розвиток зернових сівалок для суцільної сівби [10, 11].

Під час вибору зернових сівалок для суцільної сівби, сільськогосподарські підприємства мають враховувати низку чинників: ширина захвату агрегата, оптимальна швидкість його руху [12, 13], розмір площ для сівби, тип ґрунту, сорти, вага, крупність та сипучість насіння, наявність додаткових технологій тощо.

Якісна сівба є важливим чинником для підвищення продуктивності пшениці озимої. Вона дозволяє забезпечити оптимальне використання поживних речовин з ґрунту, створити кращі умови для проростання насіння. Рівномірний розподіл насіння в рядку і його сівба на оптимальну глибину дозволяє знизити витрати на добрива та засоби захисту рослин.

**Метою дослідження** була перевірка впливу якості сівби пшениці озимої сорту Золото-колоса на точність норми висіву на 1 га та у рядку, польову схожість, глибину загортання насіння, глибину закладання вузла кушення та густоту продуктивного стеблостою в умовах Центрального Лісостепу України.

**Матеріал і методи дослідження.** Досліді було закладено у 2018–2021 роках. Погодні умови у роки проведення досліджень не завжди були сприятливими для проростання насіння пшениці озимої. Особливо це стосується кількості опадів, вони розподілені досить нерівномірно і на період сівби вологість ґрунту була неоптимальною. Хоча загалом кліматичні умови Білоцерківського району сприятливі для вирощування пшениці озимої та отримання стабільних врожаїв.

Ґрунти дослідного поля – чорноземи, за вмістом гумусу належать до малогумусних. Реакція ґрунтового розчину слабокисла. Ґрунт дослідної ділянки характеризується такими показниками в орному (0–30 см) шарі: вміст гумусу – 3,23 %; легкогідролізованого азоту – 7,6 мг; доступного фосфору – 13,9 мг; рухомого калію – 15,1 мг/100 г ґрунту; сума поглинутих основ 25,3 мг.екв.; гідролітична кислотність 2,15 мг.екв./100 г ґрунту. Наведені дані свідчать про те, що ґрунти у досліді відносно родючі.

Використовували, для рядкової сівби з міжряддям 15 см, зернову сівалку вітчизняного виробництва «Червона Зірка» СЗД–540 (СЗ-5,4). Після сої на зерно висівали сорт пшениці Золотоколоса з нормою висіву 5,5 млн/га (220,0 кг/га). Щороку висівали базове насіння з чистотою 99,8 %, лабораторною схожістю 99 %, енергією проростання 95 %. Сівбу за період досліджень проводили в першій декаді жовтня, звичайним рядковим способом.

Пшеницю вирощували в сівозміні кафедри технологій у рослинництві та захисту рослин Білоцерківського НАУ за загальноприйнятою технологією. Підготовку ґрунту перед сівбою проводили культиватором Компактор АКПК-3 (compactomat) – 3-рядний. Глибина передпосівної культивування 4,5 см. Після сівби проводили коткування посівів кільчато-шпоровими котками ККШ-6Г.

Дослідження проводили згідно із загальноприйнятими методиками [14]. Кількість висіяного насіння на 1 м<sup>2</sup> та глибину його загорання визначали підкопуванням насіння, його підрахунком і заміром глибини загорання на виділених ділянках відразу після сівби, що розміщувались по діагоналі поля. Польову схожість визначали на четвертий тиждень після сівби, підрахунком сходів на 1 м<sup>2</sup>. Глибину залягання вузла кущіння вимірювали після викопування рослин на виділених ділянках. Коефіцієнт продуктивного кушення розраховували за співвідношенням кількості продуктивних стебел до кількості рослин на 1 м<sup>2</sup> посіву. Густану продуктивного стеблостою визначали зі снопа, зібраного на виділених ділянках площею 1 м<sup>2</sup>.

Розміщення повторень суцільне, варіантів у повтореннях – систематичне, послідовне. Повторність у дослідах триразова. Розмір облікової ділянки 1000 м<sup>2</sup>. Для аналізу на дослідній ділянці по діагоналі відбирали 15 місць на двох суміжних рядках довжиною 66,6 см, що становить в сумі 133,2 см, тобто 1/5 квадратного метра за звичайної рядкової сівби з міжряддям 15 см.

Враховуючи встановлену норму висіву та масу 1000 насінин, підраховували кількість насіння що необхідно висіяти на 1 м погонний проходження сошника. Отриману кількість насіння переводили на 1 м<sup>2</sup> посіву.

Результати досліджень обробляли статистичним методом дисперсійного аналізу за В.А. Доспеховим [15].

**Результати дослідження та обговорення.** Оцінювання якості сівби пшениці озимої сорту Золотоколоса в 2019 році показує (табл. 1), що фактична норма висіву стано-

вила 548,3 шт./м<sup>2</sup> (5,48 млн шт./га), це у межах похибки до рекомендованої 550 шт./м<sup>2</sup> (5,5 млн шт./га). Фактичне відхилення від рекомендованої норми висіву становило 0,3 %. Проте результати аналізу зразків вказують на значну нерівномірність розподілення насіння пшениці по площі посіву. Окремі зразки мають меншу кількість планової норми висіву на 18,2 %, а деякі значно перевищують її на 17,3 %. Лише сім досліджуваних зразків з п'ятнадцяти мали відхилення менше 5 % від рекомендованої норми висіву. Чотири зразки мали відхилення в межах 10 % і чотири до 20 %. Перевищували норму висіву 7 зразків і така ж кількість мали меншу кількість висіяного насіння до норми висіву.

Глибина загорання насіння – це один із початкових і вирішальних показників, які будуть впливати на якість сівби. Від глибини загорання залежить польова схожість, своєчасність і дружність сходів, місце залягання вузла кущіння, коефіцієнт кущіння, зимостійкість рослин, стійкість їх до вилягання, ріст, розвиток і продуктивність озимої пшениці [16, 17]. Передпосівна культивування була налаштована на глибину 4,5 см, однак глибина загорання насіння виявилася у 2018 році меншою і в середньому становила 4,24 см. Є значні коливання на виділених ділянках досліду. Розбіжність між мінімальною та максимальною глибиною загорання становить 1,8 см. Найменша глибина сівби становила 3,4 см, найглибше посіяно насіння на 5,2 см.

Дослідження у 2019–2020 роках вегетації (табл. 2) показують, що норма висіву була теж меншою від рекомендованої. В середньому на досліджуваних ділянках вона становила 540,0 шт./м<sup>2</sup> (5,4 млн шт./га), або 98,2 %, тобто вона була нижчою ніж у майже еталонної норми 2018 року на 8,3 %. Відхилення на досліджуваних ділянках були також суттєві. На семи ділянках кількість висіяного насіння була нижче рекомендованої, а на восьми перевищували її. Відхилення у межах 5 % спостерігалося у п'яти зразках, до 10 % у трьох і до 20 % у семи. На трьох виділених ділянках спостерігали суттєвий недосів стосовно норми 4,4; 4,5; 4,55 млн шт./га, що менше рекомендацій на 15,5–17,3 %.

Глибина сівби 2019 року в середньому у досліді порівняно з 2018 роком зросла на 0,36 см і становила 4,6 см, що дещо глибше передпосівної культивування на 0,1 см. Різниця глибини на досліджуваних ділянках становила 2,4 см, вона найбільша по роках, що є досить суттєвим відхиленням.

Таблиця 1 – Особливості якості сівби та її вплив на елементи продуктивності пшениці озимої за 2018–2019 рр. вегетації

Зразок №	Висіяно насіння на шт./1 м <sup>2</sup>	% висіяного насіння до норми висіву	Глибина заробки насіння, см	Схожість на шт./1 м <sup>2</sup>	Польова схожість, %	Глибина залягання вузла кушці, см	Коефіцієнт продуктивного кушення	Густина продуктивного стеблостою, шт./1 м <sup>2</sup>
1	550	100,0	5,1	510	92,7	2,1	2,1	847
2	580	105,5	3,8	535	97,3	1,8	1,9	708
3	520	94,5	5,2	490	89,1	2,2	1,6	626
4	450	81,8	3,8	440	80,0	1,9	1,6	649
5	525	95,5	4,1	510	92,7	2,0	1,4	711
6	580	105,5	4,8	560	101,8	2,1	1,6	792
7	535	97,3	3,8	510	92,7	1,6	1,4	588
8	575	104,5	4,8	565	102,7	1,5	1,5	869
9	535	97,3	4,1	520	94,5	1,7	1,4	666
10	465	84,5	5,2	450	81,8	1,9	1,7	671
11	645	117,3	3,6	600	109,1	1,8	1,3	826
12	575	104,5	3,5	550	100,0	1,7	1,5	659
13	585	106,4	3,4	540	98,2	1,7	1,4	749
14	530	96,4	3,8	520	94,5	1,8	1,6	674
15	575	104,5	4,6	540	98,2	2,0	1,4	604
<b>Сер.</b>	<b>548,3</b>	<b>99,7</b>	<b>4,24</b>	<b>522,7</b>	<b>95,03</b>	<b>1,85</b>	<b>1,56</b>	<b>709,4</b>

Таблиця 2 – Особливості якості сівби та її вплив на елементи продуктивності пшениці озимої за 2019–2020 рр. вегетації

Зразок №	Висіяно насіння на шт./1 м <sup>2</sup>	% висіяного насіння до норми висіву	Глибина заробки насіння, см	Схожість на шт./1 м <sup>2</sup>	Польова схожість, %	Глибина залягання вузла кушці, см	Коефіцієнт продуктивного кушення	Густина продуктивного стеблостою, шт./1 м <sup>2</sup>
1	495	90,0	4,5	465	84,5	1,6	2,1	807
2	545	99,1	5,0	510	92,7	1,6	1,6	736
3	575	104,5	5,2	555	100,9	2,0	1,3	663
4	455	82,7	4,9	440	80,0	1,8	1,7	657
5	460	83,6	4,7	455	82,7	1,8	1,8	669
6	590	107,3	4,9	570	103,6	2,2	1,6	801
7	555	100,9	3,5	530	96,4	1,8	1,3	655
8	465	84,5	4,0	450	81,8	1,6	1,7	869
9	490	89,1	3,7	480	87,3	2,0	1,6	674
10	610	110,9	3,8	595	108,2	2,0	1,3	699
11	595	108,2	4,5	560	101,8	2,0	1,6	816
12	495	90,0	4,5	475	86,4	1,9	1,6	667
13	560	101,8	5,9	540	98,2	1,8	2,2	758
14	570	103,6	5,4	555	100,9	2,2	1,4	682
15	640	116,4	4,3	580	105,5	2,1	1,2	611
<b>Сер.</b>	<b>540,0</b>	<b>98,2</b>	<b>4,6</b>	<b>517,3</b>	<b>94,1</b>	<b>1,9</b>	<b>1,60</b>	<b>717,6</b>

Норма висіву пшениці озимої (табл. 3) на дослідних ділянках, за роки досліджень, у 2020 році виявилася найменшою від рекомендованої. Середнє значення становило 522,3 шт./м<sup>2</sup> (5,2 млн шт./га), тобто 95,0 % від рекомендованої. У цей рік норма висіву виявилася з найбільшими коливаннями, про що вказують суттєві відхилення на досліджуваних ділянках. Менше 5 % відхилення від запланованої норми було у 5 зразках, в межах 5–10 % у чотирьох, в межах 10–20 % у двох, а у трьох зразках відхилення перевищувало 20 % та становило 20,9–27,3 %, що є досить нерівномірною нормою висіву у рядку.

Результати сівби сівалкою СЗД-540 у період досліджень вказують, що висівні агрегати важко налаштувати на рівномірну сівбу в рядку, хоча в середньому норма висіву наближена до рекомендованої: 2018 рік – 99,7; 2019 р. – 98,2; 2020 р. – 95,0 %. Рівномірність сівби залежить від низки чинників: вирівняності насіння, рівномірності і швидкості руху висівного агрегату, якості роботи дисків, відсутності втрат насіння за межі насіннепроводів, якості передпосівної підготовки ґрунту і його вологості, рівномірності надходження насіння до висіваючих апаратів. За даними багатьох дослідників, зі збільшенням швидкості сівалки якість сівби погіршується [18–21].

Середня глибина заробки насіння в 2020 році становила 4,3 см з відхиленням у 0,2 см від запланованої. Максимальна різниця між ділянками становить 1,9 см.

Підготовка ґрунту до сівби в роки досліджень була ідентичною, однак спостерігалися суттєві відмінності у схожості насіння. Це, ймовірно, пов'язано з погодними умовами. Висока температура та незначна кількість опадів внесли суттєві корективи у польову схожість. Навіть коткування посівів восени 2020 року, що сприяє більш щільному прилягання ґрунту до насіння не дало відчутного ефекту. Найкращі показники польової схожості спостерігалися у 2018 році – 522,7 шт./м<sup>2</sup>, що становило 95,0 % від норми висіву. В 2019 році кількість опадів за період серпень–вересень теж була далекою від оптимальної, і польова схожість становила в середньому по досліді 517,3 шт./м<sup>2</sup>, або 94,1 %. У 2020 році спостерігається значне зниження схожості – 470,0 шт./м<sup>2</sup> або 85,5 % у зв'язку з недостатньою вологістю ґрунту. Цей рік був досить посушливим і це мало негативні наслідки для польової схожості пшениці озимої. За період липень–вересень 2020 року за даними Білоцерківської дослідної метеорологічної станції випало лише 41,2 мм, більшість з них у липні – 40,6 мм.

Таблиця 3 – Особливості якості сівби та її вплив на елементи продуктивності пшениці озимої за 2020–2021 рр. вегетації

Зразок №	Висіно насіння на шт./1 м <sup>2</sup>	% висіючого насіння до норми висіву	Глибина заробки насіння, см	Схожість на шт./1 м <sup>2</sup>	Польова схожість, %	Глибина залягання вузла кушніння, см	Коефіцієнт продуктивного кушніння	Густина продуктивного стеблостою, шт./1 м <sup>2</sup>
1	555,0	100,9	3,4	515	93,6	1,8	1,4	648
2	410,0	74,5	5,2	350	63,6	2,2	1,6	503
3	575,0	104,5	4,7	505	91,8	1,7	1,9	863
4	585,0	106,4	5,1	505	91,8	1,7	1,1	499
5	435,0	79,1	4,6	400	72,7	2,0	1,5	539
6	510,0	92,7	3,8	490	89,1	1,6	1,8	793
7	580,0	105,5	4,6	540	98,2	1,8	1,4	680
8	600,0	109,1	4,4	540	98,2	1,8	1,3	631
9	570,0	103,6	3,4	450	81,8	1,7	1,7	688
10	470,0	85,5	5,3	415	75,5	1,9	1,6	597
11	400,0	72,7	3,6	365	66,4	1,9	1,7	558
12	550,0	100,0	3,9	510	92,7	2,1	1,3	596
13	460,0	83,6	3,9	425	77,3	2,0	1,6	611
14	590,0	107,3	4,1	545	99,1	1,6	1,6	784
15	545,0	99,1	4,3	495	90,0	1,8	1,6	712
<b>Сер.</b>	<b>522,3</b>	<b>95,0</b>	<b>4,3</b>	<b>470,0</b>	<b>85,5</b>	<b>1,8</b>	<b>1,54</b>	<b>646,8</b>



Глибину залягання вузла кущіння визначали після відновлення весняної вегетації. За дослідний період глибина в середньому становила 1,85; 1,9; 1,8 см. Більш суттєві коливання були на виділених ділянках, в період вегетації – 1,5–2,2 см. Коефіцієнт кореляції (табл. 4) між глибиною загортання насіння та глибиною залягання вузла кущіння був позитивний, а зв'язок середній або низький: 2018–2019 рр. ( $r=0,554$ ); 2019–2020 рр. ( $r=0,095$ ); 2020–2021 рр. ( $r=0,237$ ).

Коефіцієнт продуктивного кущіння є важливим чинником, який позитивно корелює з урожайністю пшениці. Чим вищий цей коефіцієнт, тим більше продуктивних стебел і відповідно зерна, що позитивно впливає на зростання урожайності. За роки досліджень варіювання цього показника незначне, зокрема у період вегетації 2018–2019 рр. він в середньому становив 1,56, в наступні роки відповідно 1,60 та 1,54. Наші дослідження показали, що спостерігається від'ємна залежність між кількістю висіяного насіння та коефіцієнтом продуктивного кущіння. Зв'язок був від'ємний низький 2018–2019 рр. ( $r = -0,240$ ); від'ємний

середній 2019–2020 рр. ( $r = -0,527$ ); від'ємний низький 2020–2021 рр. ( $r = -0,326$ ). За отриманими результатами кореляції можна зробити висновок, що із зростанням кількості висіяного насіння пшениці озимої м'якої сорту Золотоколоса коефіцієнт продуктивного кущіння знижується.

Густота продуктивного стеблостою є важливим показником елементів продуктивності пшениці озимої, що напряму корелює з величиною урожайності. Вона залежить від багатьох чинників, таких як сорт чи гібрид, кліматичні умови, властивості ґрунту, рівень живлення рослин, прийоми технології вирощування та інше [22].

За даними наукових досліджень, оптимальна густота продуктивного стеблостою становить від 600 до 750 стебел на метр квадратний. Висока кущистість і відповідно загущення посівів може призвести до конкуренції між рослинами за чинники життя: світло, елементи живлення та вологу, що може суттєво знижувати величину урожайності. Проте, недостатня густота продуктивного стеблостою теж призводить до зниження урожайності [23, 24].

Таблиця 4 – Кореляція між показниками якості сівби пшениці озимої за 2018–2021 роки вегетації

Показник	Висіано насіння на 1 м <sup>2</sup>	Глибина заробки насіння, см	Схожість на 1 м <sup>2</sup>	Глибина залягання вузла кущіння	Коефіцієнт продуктивного кущіння	Густота продуктивного стеблостою
Вегетація 2018–2019 рр.						
Висіано насіння на 1 м <sup>2</sup>	1					
Глибина заробки насіння, см	-0,289	1				
Схожість на 1 м <sup>2</sup>	0,968	-0,281	1			
Глибина залягання вузла кущіння	-0,214	0,554	-0,297	1		
Коефіцієнт продуктивного кущіння	-0,240	0,439	-0,333	0,390	1	
Густота продуктивного стеблостою	0,499	0,155	0,521	-0,062	0,246	1
Вегетація 2019–2020 рр.						
Висіано насіння на 1 м <sup>2</sup>	1					
Глибина заробки насіння, см	0,083	1				
Схожість на 1 м <sup>2</sup>	0,979	0,103	1			
Глибина залягання вузла кущіння	0,614	0,095	0,678	1		
Коефіцієнт продуктивного кущіння	-0,527	0,403	-0,528	-0,546	1	
Густота продуктивного стеблостою	-0,116	0,073	-0,114	-0,346	0,641	1
Вегетація 2020–2021 рр.						
Висіано насіння на 1 м <sup>2</sup>	1					
Глибина заробки насіння, см	-0,104	1				
Схожість на 1 м <sup>2</sup>	0,937	-0,152	1			
Глибина залягання вузла кущіння	-0,651	0,237	-0,621	1		
Коефіцієнт продуктивного кущіння	-0,326	-0,202	-0,340	-0,181	1	
Густота продуктивного стеблостою	0,513	-0,292	0,556	-0,687	0,591	1

Найбільше продуктивних стебел за норми висіву 5,5 млн/шт. на 1 га було сформовано у вегетацію 2019–2020 рр., в середньому вона становила 717,6 шт./м<sup>2</sup>. Проте коливання цієї величини на виділених ділянках досить значне від 605 до 869 шт./м<sup>2</sup>, або 84,3–121,1% від середньої густоти. Кореляційна залежність цього року низька від’ємна ( $r = -0,116$ ). У вегетацію 2018–2019 рр. середня кількість продуктивних стебел становила 709,4 шт./м<sup>2</sup>, з коливанням на виділених ділянках 588 до 869 шт./м<sup>2</sup>, або 82,1–122,5 %, кореляційна залежність позитивна майже середня ( $r = 0,499$ ). Найменше продуктивних стебел було 2020–2021 рр., що пов’язано з досить посушливою осінньою вегетацією. В середньому нараховано 646,8 шт./м<sup>2</sup>. Коливання густоти на виділених ділянках цього року найвищі 499–863 шт./м<sup>2</sup>, або 77,1–133,4 %, кореляційна залежність позитивна середня ( $r = 0,513$ ).

Загалом густота продуктивного стеблостою рослин пшениці озимої за період досліджень була достатньою для забезпечення високої врожайності зерна.

#### Висновки.

1. Сучасні зернові сівалки для суцільної сівби не забезпечують рівномірної норми висіву у рядку. Коливання норми висіву на виділених ділянках у роки досліджень 2018–2020 рр. може становити від -27,3 % до +17,3 %. Загалом, середня норма висіву сівалки була наближена до рекомендованої і коливалася в межах 0,3–5,0 %.

2. Глибина загортання насіння на виділених ділянках була нерівномірною. Коливання цього показника від встановленої глибини 4,5 см, було в межах від -0,26 см до +0,1 см. Цей показник, ймовірно, суттєво залежить від якості передпосівної підготовки ґрунту та його вологості.

3. Польова схожість суттєво залежала від погодних умов і вологості ґрунту, що склалися в цей період. Особливо негативний вплив на польову схожість внаслідок посухи спостерігався у вересні 2020 року і вона становила 85,5 %, проте у 2018 та 2019 рр. польова схожість була хорошою – 95,0–94,1 %.

4. Зв’язок між глибиною залягання вузла кущіння та глибиною заробки зерна середній або низький і коефіцієнт детермінації становив у 2018–2019 рр. ( $d = 0,307$ ); 2019–2020 рр. ( $d = 0,009$ ); 2020–2021 рр. ( $d = 0,056$ ).

5. Погодні умови осінньої та ранньовесняної вегетації практично не вплинули на коефіцієнт продуктивного кушення сорту Золотоколоса і він мав незначні коливання залежно

від року вирощування: 2018–2019 рр. (1,56); 2019–2020 рр. (1,60); 2020–2021 рр. (1,54).

6. Густота продуктивного стеблостою була вищою у більш сприятливі роки вегетації і становила 2019 р. – 709,4 шт./м<sup>2</sup>; 2020 р. – 717,6 шт./м<sup>2</sup>; 2021 р. – 646,8 шт./м<sup>2</sup>.

7. Згідно з результатами досліджень сорту Золотоколоса у 2018–2021 рр. виявлено, що спостерігається зв’язок між елементами продуктивності та якістю сівби. Досліджувана сівалка, широко поширена в сільськогосподарських підприємствах України для суцільної сівби зернових культур забезпечує встановлену норму висіву на 1 га посіву, однак не забезпечує рівномірної норми висіву у рядку.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Effect of seeding rate on yield, yield components and harvest index of winter wheat in the North China Plain / T. Gao et al. *Field Crops Research*. 2016. 193. P. 1–8.
2. Khalid K., Naqvi M.A., Khurshid A., Khaliq A. Impact of seeding rate on wheat yield and yield components in diverse agro-ecological zones of Pakistan. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 2015. 17. P. 1237–1247.
3. Golovko A.A., Glukhov A.P. Regulation of seed drill for sowing winter wheat. *Agrotekhnika*. 2010. 2. P. 14–17.
4. Шимановський Д. Посівна технологія пшениці озимої та її перспективи. *Аграрна наука та практика*. 2020. 2(2). С. 21–25.
5. Архангельський Д. Технології посіву і сівби зернових культур. *Агрономічний журнал*. 2019. 8(1). С. 77–90.
6. Abbas M., Naz M.Y., Hassan M.U., Zulfiqar F. Impact of sowing methods and sowing density on the yield and yield components of wheat. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 2015. 17(6). P. 1415–1423. DOI: 10.1007/s10344-017-1118-9
7. Колесник А.Я., Якимчук А.М., Хоменко Л.О. Вплив глибини посіву та щільності сівби на продуктивність пшениці озимої. *Наукові праці Донецького національного технічного університету. Технічні науки*. 2015. 1 (32). С. 86–90.
8. Haq M.A., Ali M.S., Sana U., Muhammad S. Effect of different seeding depths and seed rates on growth and yield of wheat crop. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*. 2018. 55(1). P. 141–146.
9. Velmurugan R., Maheswaran M., Priya A. Effect of Seed Rate and Seed Treatment on Yield and Economics of Wheat in Sivagangai District of Tamil Nadu. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2019. 8(4). P. 829–834. DOI: 10.20546/ijcmas.2019.804.093
10. «Precision agriculture and intelligent machines – A marriage between agriculture and computer science» / Alain Autrique et al. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2018. Vol. 149. P. 19–28. DOI: 10.1016/j.compag.2018.03.001

11. Accuracy assessment of a seed drill system with individual metering units / Thiago Leandro Lopes et al. Precision Agriculture. 2018. Vol. 19. No 1. P. 29–47. DOI: 10.1007/s11119-017-9529-5

12. Харченко О., Лисенко І. Вплив швидкості руху сівалки на якість сівби пшениці м'якої. Науковий журнал «Аграрна наука». 2020. 8. С. 55–61.

13. Савченко І., Мельник О. Експериментальні дослідження впливу швидкості руху сівалки на якість сівби озимої пшениці. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2017. 230. С. 99–103.

14. Грицаєнко З.М., Грицаєнко А.О., Карпенко В.П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ: ЗАТ НІЧЛАВА, 2003. 320 с.

15. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Агропромиздат, 1985. 352 с.

16. Лихочвор В. Якість сівби в глибині загорання. Агрономія Сьогодні 2016. URL: <http://agro-business.com.ua/aharni-kultury/item/8777-yakist-sivby-v-hlybyni-zahortannia.html>

17. Панченко Т.В., Лозінський М.В., Устинова Г.Л. Зміна глибини загорання насіння сортів пшениці ярї та її зв'язок з елементами структури урожайності. Агробізнес сьогодні. 2021. №04(443). С. 25–26.

18. Eşiyok D., Arslan M. Effects of different sowing speeds on wheat yield and yield components. Journal of Agricultural Science and Technology. 2014. 16(5). P. 1205–1215.

19. Gao H.Y., Jin Z.Q., Li J.H. Effect of sowing speed on wheat seed distribution uniformity and yield. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. 2010. 26(11). P. 250–254.

20. Jafari A., Najafi B. Effect of different sowing speeds on some yield and quality traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. African Journal of Agricultural Research. 2013. 8(3). P. 300–307.

21. Kaur H., Singh B., Kumar V. Influence of planting speed on wheat emergence, growth and yield in sandy loam soil of Punjab. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 2019. 8(9). P. 2789–2797.

22. Бурденюк-Тарасевич Л.А., Лозінський М.В., Дубова О.А. Куцистість пшениці озимої різного еколого-географічного походження та її зв'язок з елементами продуктивності. Агробіологія: збірник наукових праць. Біла Церква: БНАУ, 2013. № 10 (100). С. 142–147.

23. Effects of seeding rate on yield, quality, and water use efficiency of winter wheat in the North China Plain / J. Guo et al. Agronomy. 2020. 10(7). 978 p.

24. Effect of sowing dates and seed rates on the yield and quality of wheat varieties under irrigated conditions / G. Abbas et al. Journal of Plant Nutrition. 2020. 43(1). P. 104–116.

## REFERENCES

1. Gao, T., Liu, S., Zhang, D., Wang, Y., Zhou, Y., Wang, X. (2016). Effect of seeding rate on yield, yield components and harvest index of winter wheat in the North China Plain. Field Crops Research. no. 193, pp. 1–8.

2. Khalid, K., Naqvi, M.A., Khurshid, A., Khaliq, A. (2015). Impact of seeding rate on wheat yield and yield components in diverse agro-ecological zones of Pakistan. Journal of Agricultural Science and Technology. no. 17, pp. 1237–1247.

3. Golovko, A.A., Glukhov, A.P. (2010). Regulation of seed drill for sowing winter wheat. Agrotechnika. no. 2, pp. 14–17.

4. Shymanovskiy, D. (2020). Posivna tehnologija pshenyци ozymoi' ta i'i' perspektyvy [Sowing technology of winter wheat and its prospects]. Agrarna nauka ta praktyka [Agricultural Science and Practice]. no. 2(2), pp. 21–25.

5. Arkhangelskiy, D. (2019). Tehnologii' posivu i sivby zernovyh kultur [Technologies of sowing and seeding of grain crops]. Agronomichnyj zhurnal [Agronomic Journal]. no. 8(1), pp. 77–90.

6. Abbas, M., Naz, M.Y., Hassan, M.U., Zulfiqar, F. (2015). Impact of sowing methods and sowing density on the yield and yield components of wheat. Journal of Agricultural Science and Technology. no. 17(6), pp. 1415–1423. DOI: 10.1007/s10344-017-1118-9

7. Kolesnyk, A.Ya., Yakymchuk, A.M., Khomenko, L.O. (2015). Vplyv glybyny posivu ta shhil'nosti sivby na produktyvnist' pshenyци ozymoi' [The influence of sowing depth and seeding density on the productivity of winter wheat]. Naukovi praci Donec'kogo nacional'nogo tehničnogo universytetu. Tehnični nauky [Scientific Works of Donetsk National Technical University. Technical Sciences]. no. 1(32), pp. 86–90.

8. Haq, M.A., Ali, M.S., Sana, U., Muhammad, S. (2018). Effect of different seeding depths and seed rates on growth and yield of wheat crop. Pakistan Journal of Agricultural Sciences. no. 55(1), pp. 141–146.

9. Velmurugan, R., Maheswaran, M., Priya, A. (2019). Effect of Seed Rate and Seed Treatment on Yield and Economics of Wheat in Sivagangai District of Tamil Nadu. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. no. 8(4), pp. 829–834. DOI: 10.20546/ijemas.2019.804.093.

10. Autrique, Alain (2018). Precision agriculture and intelligent machines – A marriage between agriculture and computer science. Computers and Electronics in Agriculture. Vol. 149, pp. 19–28. DOI: 10.1016/j.compag.2018.03.001.

11. Lopes, Thiago Leandro (2018). Accuracy assessment of a seed drill system with individual metering units. Precision Agriculture. Vol. 19, no. 1, pp. 29–47. DOI: 10.1007/s11119-017-9529-5.

12. Kharchenko, O., Lysenko, I. (2020). Vplyv shvydkosti ruhu sival'ky na yakist' sivby pshenyци

m'jakoi' [Influence of sowing speed on the quality of soft wheat sowing]. «Agrarna nauka»: naukovyj zhurnal ["Agrarian Science": scientific journal]. no. 8, pp. 55–61.

13. Savchenko, I., Melnyk, O. (2017). Eksperymental'ni doslidzhennja vplyvu shvydkosti ruhu sival'ky na jakist' sivby ozymoi' pshenyци [Experimental research on the influence of sowing speed on the quality of winter wheat sowing]. Naukovyj visnyk Nacional'nogo universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannja Ukrainy [Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine]. no. 230, pp. 99–103.

14. Hrytsayenko, Z.M., Hrytsayenko, A.O., Karpenko, V.P. (2003). Metody biologichnyh ta agrohymichnyh doslidzhen' roslin i gruntiv [Methods of biological and agrochemical research of plants and soils]. Kyiv, ZAT NICHLAVA, 320 p.

15. Dospexov, B.A. (1985). Metodyka polevogo opyta (s osnovamy statystycheskoj obrabotky rezul'tatov yssledovanyj) [Methodology of field experimentation (with the basics of statistical data processing)]. Moscow, Agropromizdat, 352 p.

16. Lykhochvor, V. (2016). Jakist' sivby v glybyni zagortannja. Agronomija S'ogodni 2016 [Seed burial depth and sowing quality. Agronomy Today. 2016]. Available at: <http://agro-business.com.ua/aharni-kultury/item/8777-yakist-sivby-v-hlybyni-zahortannia.html>

17. Panchenko, T.V., Lozinsky, M.V., Ustinova, G.L. (2021). Zmina glybyny zagortannja nasinnja sortiv pshenyци jaroї ta i'i' zv'jazok z elementamy struktury urozhajnosti [Changing the seed burial depth of spring wheat varieties and its connection with yield structure elements]. Agrobiznes s'ogodni [Agrobusiness Today]. no. 04(443), pp. 25–26.

18. Eşiyok, D., Arslan, M. (2014). Effects of different sowing speeds on wheat yield and yield components. Journal of Agricultural Science and Technology. no. 16(5), pp. 1205–1215.

19. Gao, H.Y., Jin, Z.Q., Li, J.H. (2010). Effect of sowing speed on wheat seed distribution uniformity and yield. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. no. 26(11), pp. 250–254.

20. Jafari, A., Najafi, B. (2013). Effect of different sowing speeds on some yield and quality traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. African Journal of Agricultural Research. no. 8(3), pp. 300–307.

21. Kaur, H., Singh, B., Kumar, V. (2019). Influence of planting speed on wheat emergence, growth and yield in sandy loam soil of Punjab. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. no. 8(9), pp. 2789–2797.

22. Burdenyuk-Tarasevich, L.A., Lozinsky, M.V., Dubova, O.A. (2013). Kushhystist' pshenyци ozymoi' riznogo ekologo-geografichnogo pohodzhennja ta i'i' zv'jazok z elementamy produktyvnosti [Tillering of winter wheat of different ecological and geographical origin and its relationship with productivity ele-

ments]. Agrobiologija: zbirnyk naukovyh prac' [Agrobiology: Collection of Scientific Works]. no. 10(100), pp. 142–147.

23. Guo, J., Li, Y., Ma, L., Gao, Y., Li, X., Sun, Q. (2020). Effects of seeding rate on yield, quality, and water use efficiency of winter wheat in the North China Plain. Agronomy. no. 10(7), 978 p.

24. Abbas, G., Aslam, M., Ahmad, R., Hussain, M., Abbas, A. (2020). Effect of sowing dates and seed rates on the yield and quality of wheat varieties under irrigated conditions. Journal of Plant Nutrition. no 43(1), pp. 104–116.

### **Formation of winter wheat productivity elements and their relation to sowing quality in the central part of the right-bank Forest-Steppe of Ukraine**

**Panchenko T., Hrabovskyi M., Lozinskyi M., Fedoruk Yu., Pravyva L., Hornovska S.**

This article presents the research results on "Zolotokolosa" winter wheat variety sowing quality and its impact on field emergence, tillering coefficient, and productive tiller formation. The studies showed that it is quite challenging to adjust the seeder for accurate sowing rate, and the deviation over the three-year research period reached up to 5.1 %. The accuracy of seed burial depth with disc drills was relatively low, fluctuating around an average of 4.24, 4.6, and 4.3 cm compared to the planned depth of 4.5 cm. However, significant variation was observed within designated plots during the vegetation period of 2018–2019 (3.4–5.2 cm), 2019–2020 (3.5–5.9 cm), and 2020–2021 (3.4–5.3 cm).

Field emergence depended significantly on weather conditions and soil moisture, being favorable in 2018 and 2019 with rates of 95.3 % and 94.1 %, respectively. However, the summer-autumn drought negatively affected field emergence in 2020, resulting in a lower rate of 85.5 % compared to previous years.

The depth of tillering node burial during the research period ranged from 1.85 to 1.9 cm. More significant fluctuations were observed within designated plots during the vegetation period, ranging from 1.5 to 2.2 cm. The correlation coefficient between seed burial depth and tillering node burial depth was positive ( $r = 0.554$ ,  $r = 0.095$ ,  $r = 0.237$ ).

The coefficient of productive tillering showed slight variation over the years of research. During the vegetation period of 2018–2019, it averaged 1.56, while in the subsequent years it was 1.60 and 1.54, respectively.

The highest number of productive tillers, exceeding the sowing rate of 5.5 million seeds per hectare, was formed during the 2019–2020 vegetation period, with an average of 717.6 tillers/m<sup>2</sup>. However, there was significant variation in this value within the designated plots, ranging from 605 to 869 tillers/m<sup>2</sup> or 84.3 % to 121.1 % of the average density. In the 2018–2019 vegetation period, the average number



of productive tillers was 709.4/m<sup>2</sup>, with fluctuations within the designated plots ranging from 588 to 869 tillers/m<sup>2</sup> or 82.1 % to 122.5 % of the average density. The lowest number of productive stalks of wheat was recorded in 2020–2021, which can be attributed to a relatively dry autumn vegetation period. On average, there were 646.8 tillers/m<sup>2</sup>. The density fluctuated the most within the designated

plots that year, ranging from 499 to 863 tillers/m<sup>2</sup> or 77.1 % to 133.4 % of the average density.

The research methods employed included field observation, laboratory analysis, comparative analysis, data synthesis, and mathematical-statistical analysis.

**Key words:** winter wheat, sowing quality, field emergence, tillering coefficient, productive tillering.



Copyright: Панченко Т.В. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:


Панченко Т.В.  
Грабовський М.Б.  
Лозінський М.В.  
Федорук Ю.В.  
Правдива Л.А.  
Горновська С.В.

<https://orcid.org/0000-0003-1114-5670>  
<https://orcid.org/0000-0002-8494-7896>  
<https://orcid.org/0000-0002-6078-3209>  
<https://orcid.org/0000-0003-3921-7955>  
<https://orcid.org/0000-0002-5510-3934>  
<https://orcid.org/0000-0001-8244-3523>




## АГРОНОМІЯ

УДК 633.11:631.524

Успадкування та трансгресивна мінливість кількості зерен у колосі у  $F_1 - F_2$  пшениці м'якої яроїХахула В.С. , Лозінська Т.П. , Горновська С.В. ,Михайлюк Д.В., Крупа Н.М. 

Білоцерківський національний аграрний університет

 Лозінська Т.П. E-mail: lozinskata@ukr.net

Хахула В.С., Лозінська Т.П., Горновська С.В., Михайлюк Д.В., Крупа Н.М. Успадкування та трансгресивна мінливість кількості зерен у колосі у  $F_1 - F_2$  пшениці м'якої ярої. «Агробіологія», 2023. № 1. С. 133–141.

Khakhula V., Lozinska T., Hornovska S., Mykhailiuk D., Krupa N. Inheritance and transgressive variability of the number of grains per ear in  $F_1 - F_2$  soft spring wheat. «Agrobiologia», 2023. no. 1, pp. 133–141.

Рукопис отримано: 08.05.2023 р.

Прийнято: 22.05.2023 р.

Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-179-1-133-141

Дослідження проводили в умовах дослідного поля Білоцерківського НАУ з реципрокними гібридами  $F_1 - F_2$ , отриманими від схрещування між собою сучасних сортів пшениці м'якої ярої різного генеалогічного походження: Елегія миронівська, Сімкода миронівська, Струна миронівська, Колективна 3, Героїня, Легуан, Ажурная. За стандарт слугував сорт Елегія миронівська. Програма досліджень включала вивчення особливостей успадкування у  $F_1$  кількості зерен у головному колосі та встановлення ступеня і частоти трансресій у  $F_2$  з метою виявлення цінного селекційного матеріалу за цією ознакою.

За ознакою кількість зерен у колосі виділено гібридні комбінації з високими показниками: Струна миронівська/Сімкода миронівська (52,7 шт.) та Струна миронівська/Елегія миронівська (51,8 шт.). Встановлено, що успадкування за кількістю зерен у колосі у досліджуваних гібридів проходило за типом позитивного наддомінування, ступінь домінантності за прямих схрещувань був у межах від +1,9 у гібридній комбінації Струна миронівська/Героїня до +87,0 у Струна миронівська/Легуан, а за реципрокних схрещувань – варіював від +3,4 у Сімкода миронівська/Струна миронівська до +62,3 у Легуан/Струна миронівська. Найменшим розмахом мінливості кількості зерен у колосі характеризується гібридна комбінація Струна миронівська/Ажурная (15 шт.) за показника дисперсії 27,1. Показники коефіцієнтів варіації характеризують  $F_1$  активним формотворчим процесом за ознакою кількість зерен у колосі.

У  $F_2$  виділені трансгресивні форми у комбінаціях схрещування Героїня/Струна миронівська, Струна миронівська/Елегія миронівська та Колективна 3/Струна миронівська, ступінь трансресії яких становив 51,4; 45,6 та 39,4 % за частоти 68,1; 38,6 та 14,4 % відповідно.

Доведено, що за результатами трансгресивної мінливості можна досягти збільшення різноманітності генофонду пшениці м'якої ярої та отримати цінний селекційний матеріал.

**Ключові слова:** пшениця м'яка яра, кількість зерен у головному колосі, успадкування, мінливість, трансресії, адаптивність, продуктивність.

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** Пшениця яра є важливою культурою, що має високоякісне продовольче зерно. Особливо в останні роки звертають увагу на цю культуру не лише як на страхову, а також високопродуктивну та адаптивну, з огляду на несприятливі чинники навколишнього природного середовища з урахуванням наукового прогнозу щодо змін клімату. Важливою умовою для от-

римання високих і стабільних врожаїв є вдосконалення технологій вирощування сучасних високоврожайних сортів. Тому основний напрям роботи має полягати у підборі найпродуктивніших сортів пшениці ярої, оскільки сорт є одним із основних засобів підвищення продуктивності сільськогосподарських культур та можливості і комерційного обігу нових сортів задля забезпечення продовольчої безпеки України [1, 2].

Встановлено, що реалізація генетичного потенціалу продуктивності пшениці ярої в контрастні роки вирощування в середньому становить 44,0–71,0% [3]. Тому особливістю будь-якого нового сорту є сукупність властивостей, які визначають його придатність для вирощування в різних ґрунтово-кліматичних умовах і правильний вибір сорту має вирішальне значення [4]. Важливе значення у мінливих умовах довкілля мають високоадаптивні сорти для відповідної еколого-географічної зони з високою екологічною пластичністю та врожайністю [5–7].

Головним напрямом селекції є отримання високих врожаїв за сприятливих умов вирощування. Варто відмітити, що максимальної реалізації генетичного потенціалу сортів, який сприятиме формуванню стабільно високих урожаїв зерна, необхідно досягати не лише за збільшення площ посівів культури, а також за впровадження у виробництво сортів нового покоління, які адаптовані до певних умов вирощування і мають цінні господарські властивості та ознаки. Лише за правильного і прорахованого підходу у організації вирощування пшениці ярої відбуватиметься підвищення стійкості культури до несприятливих умов довкілля та отримання високоякісних врожаїв [8].

Відомо, що врожайність пшениці формується у складній взаємодії мінливих чинників навколишнього природного середовища та генотипу і характеризується широкою межею коливань. Успіх селекції на створення високопродуктивного матеріалу значною мірою залежить від рівня досліджень генетичного контролю мінливості кількісних ознак основних елементів структури врожаю та особливостей їх прояву за різного навантаження екологічного градієнта під час проходження продукційного процесу [9, 10].

На продуктивність пшениці ярої впливають різні чинники – як природні, так і антропогенні. Від природних залежить урожайний потенціал за оптимізації антропогенних чинників. Ефективність одних залежить від якісного складу інших, тобто взаємозв'язок рослин і умов довкілля має безпосередній вплив на кінцевий продукт – зерно, в кількісному та якісному значенні. Встановлено, що погодні умови року мають значний вплив на формування елементів структури врожаю пшениці ярої. Перспективним напрямом є селекція спрямована на ті ознаки, які не потребують зміни архітекτονіки рослини і мають позитивну кореляцію між собою. Дослідження вказують на підвищення врожайності завдяки зменшенню вегетативної маси та збільшенню кількості зерен в головному колосі [11, 12].

Основним способом створення сортів є гібридизація. Підбір батьківських форм для неї має значний вплив на показник фенотипового домінування. Дослідженнями виявлено сорти, які мають високі показники продуктивності і незначну мінливість ознаки в різні роки вирощування. Отримані результати вказують на можливість використання досліджуваних сортів у селекційному процесі для залучення їх у гібридизацію, як джерела високої продуктивності та вирощувати у господарствах центральної частини Правобережного Лісостепу як такі, що мають порівняно високий показник реалізації потенціалу продуктивності [13].

Встановлено, що у гібридних поколіннях, починаючи з другого, можливе виникнення фенотипів з трансгресивними розщепленнями [14]. Добір таких генотипів може суттєво підвищити ефективність селекційного процесу. Питання трансгресивної мінливості в селекції наразі не має єдиного пояснення як генетичного явища [15–19].

У зв'язку з цим для підвищення адаптивного й продуктивного потенціалу пшениці м'якої ярої актуальними є дослідження з встановлення закономірностей формування в гібридних популяціях трансгресивних рекомбінантів за кількістю зерен у колосі.

Дослідженнями багатьох вчених доведено, що кількість зерен головного колоса є найбільш стабільною ознакою і саме тому необхідно вести відбір за головним колосом. Успадкування кількості зерен у колосі більш достовірне, однак залежить від чинників навколишнього середовища, особливо від метеорологічних умов. Кількість зерен у колосі обумовлена спадково і може поліпшуватись селекційним способом та рекомендується як критерій для добору вихідного матеріалу [20–22].

**Мета дослідження** – встановити особливості прояву успадкування кількості зерен у колосі у  $F_1$  та ступінь і частоту трансгресій у гібридних популяцій  $F_2$  пшениці м'якої ярої, отриманих від схрещування сортів різного генеалогічного походження.

**Матеріал і методи дослідження.** Дослідження проводили в умовах дослідного поля Білоцерківського НАУ впродовж 2020–2021 рр. Підбір сортів для схрещування проводили на основі їх різного генеалогічного походження з метою накопичення домінантних генів, що контролюють високу адаптивність і продуктивність. Матеріалом слугували реципронні гібриди  $F_1$ – $F_2$ , отримані від схрещування між собою сортів Елегія миронівська, Сімкода миронівська, Струна мипронівська, Колективна 3, Героїня, Легуан, Ажурная, які різнилися за

господарсько цінними ознаками, зокрема за кількістю зерен у колосі.

Насіння гібридів та батьківських форм висівали за схемою: материнська форма, гібриди, батьківська форма. Впродовж вегетаційного періоду проводили фенологічні спостереження за загальноприйнятими методиками [23, 24], а за настання повної стиглості – структурний аналіз снопів.

Для вивчення прояву особливостей успадкування гібридами кількості зерен користувалися показником ступеня домінантності ( $h_p$ ) [25]. Ступінь і частоту трансгресій визначали за загальноприйнятою методикою в дещо модифікованому вигляді [26]. Результати експериментальних даних обробляли статистичними методами за програмами «Excel», «Statistica», версія 5.0, Windows – 98, на персональному комп'ютері.

#### Результати дослідження та обговорення.

Кількість зерен у колосі одна із головних ознак елементів структури врожайності пшениці ярої. Згідно з нашими дослідженнями, мінливість цієї ознаки у сортів залежить від агрометеорологічних умов вирощування за роками та гетотипом сорту [13].

Кількість зерен у колосі у  $F_1$  пшениці ярої м'якої за прямих схрещувань варіювала в межах від 36,8 шт. (Струна миронівська/Ажурная) до 52,7 шт. (Струна миронівська/Сімкода миронівська). Слід відмітити гібридну комбінацію Струна миронівська/Елегія миронівська, яка також показала високий показник кількості зерен у колосі – 51,2 шт. (табл. 1).

За обернених схрещувань ознака коливалась у межах від 38,0 шт. (Струна миронівська/Ажурная) до 51,8 шт. (Струна миронівська/

Елегія миронівська). Серед досліджуваних комбінацій варто виділити Струна миронівська/Колективна 3 з високою озерненістю колосу – 49,7 шт.

Відносно батьківських форм за прямої гібридизації усі гібриди перевищували вихідну материнську форму від 11,8 % (Струна миронівська/Ажурная) до 57,5 % (Струна миронівська/Сімкода миронівська). Відмітимо гібридну комбінацію Струна миронівська/Елегія миронівська, яка перевищила вихідну материнську форму на 53,1 %. Така ж тенденція зберігається відносно вихідної батьківської форми, амплітуда коливань знаходилась в межах від 5,4 % (Струна миронівська/Героїня) до 37,4 % (Струна миронівська/Легуан).

Порівняно з батьківськими формами за зворотних схрещувань усі гібриди  $F_1$  перевищували материнську форму від 17,5 % (Струна миронівська/Сімкода миронівська) до 36,5 % (Струна миронівська/Колективна 3). Гібридна комбінація Струна миронівська/Елегія миронівська перевищила материнську форму на 34,6 %. Відносно батьківської форми всі гібриди перевищували від 14,6 % (Струна миронівська/Ажурная) до 55,7 % (Струна миронівська/Елегія миронівська).

Успадкування за кількістю зерен у колосі у всіх гібридів проходило за типом позитивного наддомінування. Ступінь домінантності за прямих схрещувань знаходився в межах від +1,9 (Струна миронівська/Героїня) до +87,0 (Струна миронівська/Легуан), а за реципрокних схрещувань –  $h_p$  варіював від +3,4 (Сімкода миронівська/Струна миронівська) до +62,3 (Легуан/Струна миронівська) (рис. 1).

Таблиця 1 – Кількість зерен у колосі та її успадкування у реципрокних гібридів першого покоління пшениці м'якої ярої

Комбінації схрещування	Показники кількості зерен у колосі, шт.					
	гібриди		% до батьківської форми за прямих схрещувань		% до батьківської форми за зворотних схрещувань	
	прямі	зворотні	♀	♂	♀	♂
Струна миронівська/Героїня	38,2 ± 2,39	47,1 ± 1,43	114,0	105,4	128,5	141,6
Струна миронівська/Сімкода миронівська	52,7 ± 1,39	45,7 ± 1,68	157,5	136,4	117,5	137,6
Струна миронівська/Елегія миронівська	51,2 ± 1,3,7	51,8 ± 1,93	153,1	131,9	134,6	155,7
Струна миронівська/Колективна 3	40,1 ± 1,54	49,7 ± 1,61	121,1	108,6	136,5	149,4
Струна миронівська/Легуан	46,4 ± 1,26	42,7 ± 1,42	138,6	137,4	127,5	128,4
Струна миронівська/Ажурная	36,8 ± 1,83	38,0 ± 1,24	111,8	118,9	121,6	114,6

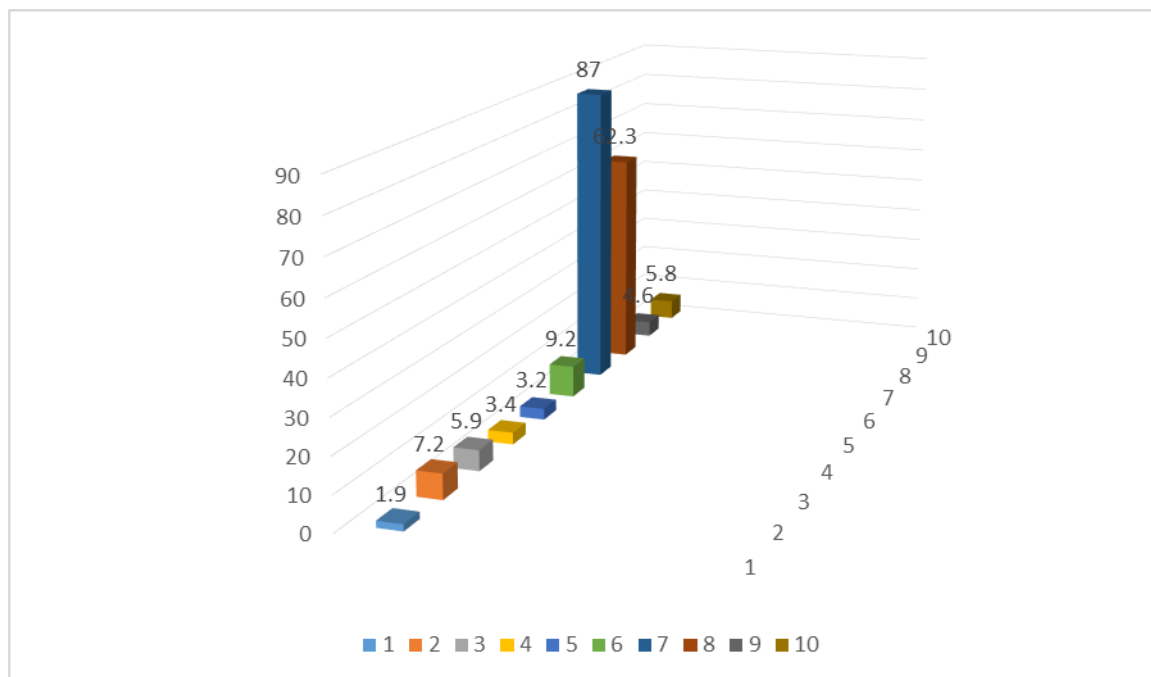


Рис. 1. Прояв успадкування кількості зерен у гібридів першого покоління пшениці ярої, %.

1 – Струна миронівська/Героїня. 2 – Героїня/Струна миронівська. 3 – Струна миронівська/Сімкода миронівська. 4 – Сімкода миронівська/Струна миронівська. 5 – Струна миронівська/Колективна 3. 6 – Колективна 3/Струна миронівська. 7 – Струна миронівська/Легуан. 8 – Легуан/Струна миронівська. 9 – Струна миронівська/Ажурная. 10 – Ажурная/Струна миронівська.

Спостерігаючи за мінливістю кількості зерен у колосі в гібридів першого покоління пшениці ярої м'якої бачимо, що найменшим розмахом варіювання характеризується гібридна комбінація Струна миронівська/Ажурная (15 шт.) за показника дисперсії 27,1, а найбільшим – комбінація Колективна 3 /Струна миронівська (38 шт.) за високих показників дисперсії 75,2.

Варто відмітити гібридну комбінацію за прямого схрещування Струна миронівська/Героїня, яка має розмах мінливості 36 шт. за високих показників дисперсії – 119,2 (табл. 2).

Дослідженнями підтверджено, що на розмах варіювання впливає генотип батьківських форм залежно від типу гібридизації в контрастних умовах навколишнього середовища.

Коефіцієнт варіації кількості зерен у колосі у  $F_1$  за прямих і зворотних схрещувань знаходився в межах від 11,7 % (Струна миронівська/Елегія миронівська) до 16,3 % (Ажурная/Струна миронівська), що вказує на середнє варіювання цього показника. Лише комбінація схрещування Струна миронівська/Героїня характеризується значним варіюванням ознаки – 28,6 %.

Показники коефіцієнтів варіації характеризують  $F_1$  активним формотворчим процесом за ознакою кількість зерен у колосі.

У  $F_2$  пшениці ярої м'якої за прямих та зворотних схрещувань кількість зерен у колосі варіює у межах від 29,9 шт. (Струна миронівська/Героїня) до 38,0 шт. (Струна миронівська/Ажурная). Варто виділити гібридні комбінації Героїня/Струна миронівська, Струна миронівська/Елегія миронівська та Елегія миронівська/Струна миронівська, які теж характеризуються високою кількістю зерен у колосі з показниками 35,9; 36,3 та 35,5 шт. відповідно. У сорту-стандарту Елегія миронівська кількість зерен у колосі була на рівні 25,5 шт. (табл. 3). Із результатів наших досліджень випливає, що всі  $F_2$  як за прямих так і обернених схрещувань перевищують сорт-стандарт за кількістю зерен у колосі.

Мінливість кількості зерен у колосі у  $F_2$  пшениці ярої м'якої вказує, що найменшим розмахом варіювання характеризується гібридна комбінація Ажурная/Струна миронівська (18 шт.) за показника дисперсії 29,2, а найбільшим – комбінації Струна миронівська/Сімкода миронівська та Колективна 3/Струна миронівська з розмахом мінливості 37 шт. за показників дисперсії 56,6 та 49,8 відповідно.

Таблиця 2 – Варіювання кількості зерен у колосі в F<sub>1</sub> пшениці м'якої ярої, БНАУ

Комбінації	$\bar{x} \pm S\bar{x}$ , шт.	Lim, шт.		R, шт.	S <sup>2</sup>	V, %
		min	max			
Струна миронівська/Героїня	38,3 ± 2,37	24	60	36	119,2	28,6
Героїня/Струна миронівська	47,2 ± 1,82	32	59	27	59,8	16,3
Струна миронівська/ Сімкода миронівська	52,8 ± 1,37	40	66	26	53,6	13,8
Сімкода миронівська/ Струна миронівська	45,8 ± 1,67	36	53	17	33,7	12,6
Рання 93/Елегія миронівська	51,3 ± 1,37	38	60	22	35,2	11,7
Елегія миронівська/ Струна миронівська	51,9 ± 1,94	38	69	31	67,0	15,7
Струна миронівська/Колективна 3	40,0 ± 1,54	30	50	20	39,8	15,6
Колективна 3/Струна миронівська	49,8 ± 1,62	35	73	38	75,2	17,5
Струна миронівська/Легуан	46,5 ± 1,26	31	61	30	48,3	14,2
Легуан/Струна миронівська	42,8 ± 1,41	26	55	29	40,3	14,9
Струна миронівська/Ажурная	36,9 ± 1,85	30	45	15	27,1	14,2
Ажурная/Струна миронівська	38,1 ± 1,25	28	51	23	33,8	15,4

Таблиця 3 – Варіювання і ступінь та частота трансгресій кількості зерен у колосі в F<sub>2</sub> пшениці м'якої ярої

Комбінації	$\bar{x} \pm S\bar{x}$ , шт.	Lim, шт.		R, шт.	S <sup>2</sup>	V, %	Трансгресії, %	
		min	max				ступінь	частота
Струна миронівська/Героїня	29,9 ± 1,15	19	43	24	39,0	20,8	30,2	30,1
Героїня/Струна миронівська	35,9 ± 1,22	27	50	23	32,0	15,7	51,4	68,1
Струна миронівська/ Сімкода миронівська	34,1 ± 1,38	17	54	37	56,6	22,1	31,6	18,1
Сімкода миронівська/ Струна миронівська	31,4 ± 1,26	19	44	25	37,1	19,5	7,2	40,1
Струна миронівська/ Елегія миронівська	36,3 ± 2,16	26	51	25	59,9	21,2	45,6	38,6
Елегія миронівська/ Струна миронівська	35,5 ± 1,13	18	48	30	37,9	17,2	37,1	35,6
Струна миронівська/Колективна 3	29,7 ± 1,46	21	42	21	31,8	19,1	10,4	7,0
Колективна 3/Струна миронівська	30,2 ± 1,63	16	53	37	49,8	23,2	39,4	14,4
Струна миронівська/Легуан	30,1 ± 2,65	18	43	25	62,8	26,2	30,2	33,4
Легуан/Струна миронівська	31,4 ± 2,41	16	46	30	75,7	27,6	39,3	46,3
Струна миронівська/Ажурная	38,0 ± 1,32	25	55	30	46,1	17,8	27,8	15,2
Ажурная/Струна миронівська	31,8 ± 1,72	23	41	18	29,2	17,1	-	-
Елегія миронівська, St.	25,5 ± 0,86							



Коефіцієнт варіації кількості зерен у колосі у  $F_2$  пшениці ярої м'якої як за прямих так і зворотних схрещувань був середнім у половини комбінацій та коливався в межах від 15,7 % (Героїня/Струна миронівська) до 19,5 % (Сімкода миронівська/Струна миронівська).

У інших 50 % гібридних комбінаціях коефіцієнт мінливості був значним і знаходився в межах від 20,8 % (Струна миронівська/Героїня) до 27,6 % (Легуан/Струна миронівська).

Значний та середній показник коефіцієнта варіації вказує на те, що у  $F_2$  відбувається активний формотворчий процес та рекомбінація генів.

У  $F_2$  пшениці м'якої ярої кількість зерен у колосі трансгресує в широких межах. Дослідженнями виявлені трансгресії за ознакою кількість зерен у колосі в одинадцяти комбінаціях із дванадцяти. Ступінь трансгресій знаходився в межах від 7,2 % (Сімкода миронівська/Струна миронівська) до 51,4 % (Героїня/Струна миронівська) за частоти 40,1 та 68,1 % відповідно. Слід відмітити комбінацію схрещування Струна миронівська/Елегія миронівська зі ступенем трансгресії 45,6 % за частоти 38,6 %. У одній комбінації схрещування Ажурная/Струна миронівська трансгресій виявлено не було.

#### Висновки.

1. За ознакою кількість зерен у колосі були виділені комбінації з високими показниками досліджуваної ознаки: Струна миронівська/Сімкода миронівська (52,7 шт.) та Струна миронівська/Елегія миронівська (51,8 шт.).

2. У  $F_2$  виділені трансгресивні форми у наступних комбінаціях схрещування: Героїня/Струна миронівська, Струна миронівська/Елегія миронівська та Колективна 3/Струна миронівська, ступінь трансгресії яких становив 51,4; 45,6 та 39,4 % за частоти 68,1; 38,6 та 14,4 % відповідно.

3. Успадкування за кількістю зерен у колосі у всіх гібридів проходило за типом позитивного наддомінування. Ступінь домінантності за прямих схрещувань знаходився в межах від +1,9 (Струна миронівська/Героїня) до +87,0 (Струна миронівська/Легуан), а за реципронних схрещувань –  $h_p$  варіював від +3,4 (Сімкода миронівська/Струна миронівська) до +62,3 (Легуан/Струна миронівська).

Нами доведено, що за допомогою результатів трансгресивної мінливості можна досягти збільшення різноманітності генофонду пшениці м'якої ярої та за допомогою реципронної гібридизації одержати цінні перспективні лінії та гібриди, які в майбутньому можуть стати сортами.

Отже, отримані результати доводять, що можна створити новий генетично різноманітний селекційний матеріал пшениці м'якої ярої з комплексом цінних ознак на основі внутрішньовидової гібридизації та поєднати в одному генотипі комплекс морфолого-анатомічних ознак елементів продуктивності та врожайності.

Перспективою подальших досліджень є встановлення селекційної цінності виділених гібридів у  $F_2$  з трансгресіями за кількістю зерен головного колосу в наступних поколіннях.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Власенко В.А. Оцінка адаптивності сортів пшениці м'якої ярої. Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2006. № 4. С. 93–103.
2. Comparative analysis of statistical soft-ware products for the qualifying examination of plant varieties suitable for dissemination / Н.В. Лещук та ін. Plant Varieties Studying and Protection. 2017. 13(4). Р. 429–435. DOI: 10.21498/2518-1017.13.4.2017.117757.
3. Іщенко В.А., Козелець Г.М., Умрихін Н.Л. Особливості реалізації генетичного потенціалу зернових культур в Степу України. Lublin, the Republic of Poland, 2021. С. 201–205. DOI: 10.30525/978-9934-26-111-4-47
4. Москалець Т.З. Прояв стабільності та пластичності генотипів пшениці м'якої озимої в умовах лісостепового екоотопу. Вісник Українського товариства генетиків і селекціонерів. 2015. Т. 13. № 1. С. 51–55.
5. Рівень адаптивності перспективних ліній пшениці м'якої озимої в умовах Лісостепу України / В.С. Кочмарський та ін. Миронівський вісник. 2016. Вип. 2. С. 98–116.
6. Бурденюк-Тарасевич Л.А., Дубова О.А., Хахула В.С. Оцінка адаптивної здатності сортів пшениці м'якої озимої в умовах Лісостепу України. Селекція і насінництво. Харків, 2012. Вип. 101. С. 3–11.
7. Лозінська Т.П., Хрик М.В. Екологічна пластичність і стабільність урожайності сортів пшениці м'якої ярої в умовах біостанціону Білоперківського НАУ. Збірник наукових праць SCIENTIA. 2021. URL: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/scientia/article/view/15322>
8. Агроекологічне випробування сортів ярих зернових культур у північному Степу України / А.Д. Гирка та ін. Біологічний вісник МДПУ імені Богдана Хмельницького. 2016, 6 (3). С. 54–60. DOI: 10.15421/201671
9. Лозінський М.В., Устинова Г.Л., Ображій С.В. Успадкування і формотворення за кількістю колосків від гібридизації різних за тривалістю вегетативного періоду сортів пшениці. Вісник Сумського національного аграрного університету. Агрономія і біологія. 2020. Вип. 4 (42).
10. Петреченко В.В. Особливості створення та впровадження у виробництво нових сортів пшениці: досвід США. Економіка АПК. 2008. № 3. С. 149–152.

11. Лозінська Т.П. Формування елементів продуктивності нових сортів пшениці м'якої ярої в умовах Лісостепу України. Агробіологія: зб. наук. праць. Біла Церква: БНАУ, 2013. Вип. 10 (100). С. 22–25.

12. Variation and transgressive variability of the stem length in  $F_1$  and  $F_2$  soft spring wheat under conditions of foreststeppe of Ukraine / S. Vakhnyi et al. EurAsian Journal of BioSciences. Eurasia J Biosci. 2019. 13. P. 1187–1193. URL: <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/3321>

13. Лозінська Т.П. Продуктивний потенціал нових сортів пшениці ярої в умовах Лісостепу України. Вісник Сумського національного аграрного університету. 2015. № 3 (29). С. 55–59.

14. Деревянко І.О. Трансгресивна мінливість елементів продуктивності в гібридів ячменю ярого. Вісник Харківського національного аграрного університету. 2018. Вип. 1. С. 165–172.

15. Володін Г.Б. Створення вихідного матеріалу і сортів пшениці м'якої озимої з використанням сортрозривів болгарської селекції в умовах Лісостепу України: дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.05. Миронівський інститут пшениці ім. В.М. Ремесла, 2016. 255 с.

16. Лозінський М.В., Устинова Г.Л., Федорук Ю.В. Вплив генотипу і умов року на трансгресивну мінливість за довжиною стебла у популяції другого покоління пшениці м'якої озимої. «Агробіологія»: збірник наукових праць. 2022. № 2. С. 56–67.

17. Тромсюк В.Д., Бугайов В.Д. Прояв трансгресії за основними кількісними ознаками продуктивності тритикале озимого в гібридних популяціях  $F_1$ . Вісник Уманського національного університету садівництва. 2021. № 1. С. 3–7. DOI: 10.31395/2310-0478-2021-1-3-7

18. Базалій В.В., Бойчук І.В. Трансгресивна мінливість гібридів пшениці м'якої озимої і її використання в селекції. Таврійський науковий вісник. 2012. № 78. С. 3–7. URL: <http://hdl.handle.net/123456789/1938>.

19. Радченко И.Н. Проявление положительной трансгрессивной изменчивости по элементам продуктивности колоса у гибридов  $F_2$  озимой мягкой пшеницы. Селекция і насінництво. 2008. № 96. С. 72–79. DOI: 10.30835/2413-7510.2008.77198.

20. Трансгресивна мінливість кількості зерен головного колосу у популяціях  $F_2$  за гібридизації різних за швидкістю сортів пшениці м'якої озимої / М.В. Лозінський та ін. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2021. № 2. С. 95–105. DOI: 10.33245/2310-9270-2021-167-2-95-105

21. Бакуменко О.М., Власенко В.А. Трансгресивна мінливість продуктивності колосу в  $F_2$  пшениці м'якої озимої за участі носіїв пшенично-житніх транслокацій. Вісник Сумського національного аграрного університету. Агрономія і біологія. 2016. Вип. 9 (32). С. 140–145.

22. Селекція, насінництво і технології вирощування зернових колосових культур у Лісостепу України / за ред. В.Т. Солюхо, В.А. Власенка, Г.Ю. Борсука. Київ: Аграрна наука, 2007. 800 с.

23. Методика державного випробування сортів рослин на придатність до поширення в Україні: загальна частина. Охорона прав на сорти рослин: офіційний бюл. Київ: Алефа, 2003. Вип. 1, Ч. 3. 106 с.

24. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 352 с.

25. Beil C.M., Atkins P.E. Inheritance of quantitative characters in grain soft wheat. Jowa J. Sci. 1965. Vol. 39. No 3. P. 345–358.

26. Молоцький М.Я., Васильківський С.П., Князюк В.І., Власенко В.А. Селекція і насінництво сільськогосподарських рослин. Київ: Вища освіта, 2006. 463 с.

## REFERENCES

1. Vlasenko, V.A. (2006). Ocinka adaptivnosti sortiv pshenyci m'jakoi' jaroї [Estimation of adaptivity of sorts of wheat soft furious]. Sortovvchennja ta ohorona prav na sorty roslyn [Varietal research and protection of rights to plant varieties]. no. 4, pp. 93–103.

2. Leshhuk, N.V., Mazhuga, K.M., Orlenko, N.S., Starychenko, Je.M., Shkapenko, Je.A. (2017). Comparative analysis of statistical soft-ware products for the qualifying examination of plant varieties suitable for dissemination. Plant Varieties Studying and Protection. no. 13(4), pp. 429–435. DOI: 10.21498/2518-1017.13.4.2017.117757.

3. Ishhenko, V.A., Kozelec', G.M., Umryhin, N.L. (2021). Osoblyvosti realizacii' genetychnogo potencialu zernovyh kul'tur v Stepu Ukrai'ny [Features of realization of genetic potential of grain-crops are in Steppe of Ukraine]. Lublin, the Republic of Poland, pp. 201–205. DOI: 10.30525/978-9934-26-111-4-47

4. Moskalec', T.Z. (2015). Projav stabil'nosti ta plastychnosti genotypiv pshenyci m'jakoi' ozymoї v umovah lisostepovogo ekotopu [A display of stability and plasticity of genotypes of wheat soft winter-annual is in the conditions of forest-steppe to the ecotope]. Visnyk Ukrai'ns'kogo tovarystva genetykiv i selekcioneriv [Announcer of Ukrainian society of geneticists and selectionists]. Vol. 13, no. 1, pp. 51–55.

5. Kochmars'kyj, V.S., Zamlila, N.P., Volodina, G.B., Gumenjuk, O.V., Voloshhuk, S.I. (2016). Riven' adaptivnosti perspektivnyh linij pshenyci m'jakoi' ozymoї v umovah Lisostepu Ukrai'ny [The level of adaptability of promising lines of soft winter wheat in the conditions of the forest-steppe of Ukraine]. Myronivskyj visyk [Myronivskyi Herald]. Issue 2, pp. 98–116.

6. Burdenjuk-Tarasevych, L.A., Dubova, O.A., Nahula, V.S. (2012). Ocinka adaptivnoi' zdutnosti sortiv pshenyci m'jakoi' ozymoї v umovah Lisostepu Ukrai'ny [Evaluation of adaptive capacity of soft winter wheat varieties in the forest-steppe of Ukraine]. Selekcija i nasinnictvo [Breeding and seed production]. Kharkiv, Issue 101, pp. 3–11.

7. Lozins'ka, T.P., Hryk, M.V. (2021). Ekologichna plastychnist' i stabil'nist' urozhajnosti sortiv pshenyci m'jakoi' jaroї v umovah biostacionaru Bilocerkivs'kogo NAU [Ecological plasticity and stability of yield of spring wheat varieties in the conditions of biostationary

of Bila Tserkva NAU]. Zbirnyk naukovykh prac' SCIENTIA [Collection of scientific papers SCIENTIA]. Available at: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/scientia/article/view/15322>

8. Gyrka, A.D., Kulyk, I.O., Pedash, O.O., Vinjukov, O.O., Ishhenko, V.A. (2016). Agroekologichne vyprobuvannja sortiv jaryh zernovykh kul'tur u pivnichnomu Stepu Ukraïny [Agroecological testing of spring cereal varieties in the northern Steppe of Ukraine]. *Biologichnyj visnyk MDPU imeni Bohdana Hmel'nyc'kogo* [Biological Bulletin of Bohdan Khmelnytsky M. State Pedagogical University]. no. 6 (3), pp. 54–60. DOI: 10.15421/201671

9. Lozins'kyj, M.V., Ustynova, G.L., Obrazhij, S.V. (2020). Uspadkuvannja i formotvorennja za kil'kistju koloskiv vid gibrydyzacji' riznyh za tryvalistju vegetatyvnogo periodu sortiv pshenyци [Inheritance and formation of spikelet number from hybridization of wheat varieties with different vegetative period duration]. *Visnyk Sums'kogo nacional'nogo agrarnogo universytetu. Agronomija i biologija* [Bulletin of Sumy National Agrarian University. Agronomy and biology]. Issue 4 (42).

10. Petrechenko, V.V. (2008). Osoblyvosti stvorennya ta vprovadzhennja u vyrobnyctvo novykh sortiv pshenyци: dosvid SSHA [Peculiarities of creation and introduction of new wheat varieties into production: US experience]. *Ekonomika APK* [Ekonomika APK]. no. 3, pp. 149–152.

11. Lozins'ka, T.P. (2013). Formuvannja elementiv produktyvnosti novykh sortiv pshenyци m'jakoi' jari' v umovah Lisostepu Ukraïny [Formation of productivity elements of new varieties of spring durum wheat in the forest-steppe of Ukraine]. *Agrobiologija: zb. nauk. prac'* [Agribiology: a collection of scientific works]. Bila Tserkva, BNAU, Issue 10 (100), pp. 22–25.

12. Vakhnyi, S. (2019). Variation and transgressive variability of the stem length in  $F_1$  and  $F_2$  soft spring wheat under conditions of foreststeppe of Ukraine. *EurAsian Journal of BioSciences. Eurasia J Biosci.* no. 13, pp. 1187–1193. Available at: <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/3321>

13. Lozins'ka, T.P. (2015). Produktyvnyj potencial novykh sortiv pshenyци jari' v umovah Lisostepu Ukraïny [Productive potential of new varieties of spring wheat in the forest-steppe of Ukraine]. *Visnyk Sums'kogo nacional'nogo agrarnogo universytetu* [Bulletin of Sumy National Agrarian University]. no. 3 (29), pp. 55–59.

14. Derevjanko, I.O. (2018). Transgresyvnna minlyvist' elementiv produktyvnosti v gibrydiv jachmenju jarogo [Transgressive variability of productivity elements in spring barley hybrids]. *Visnyk Harkivs'kogo nacional'nogo agrarnogo universytetu* [Bulletin of Kharkiv National Agrarian University]. Issue 1, pp. 165–172.

15. Vologdina, G.B. (2016). Stvorennya vyhidnogo materialu i sortiv pshenyци m'jakoi' ozymoi' z vykorystannjam sortozrazkiv bolgars'koi' selekcii' v umovah Lisostepu Ukraïny: dys. ... kand. s.-g. nauk: 06.01.05 [Creation of source material and varieties of soft winter wheat using Bulgarian selection samples in the condi-

tions of the Forest-Steppe of Ukraine: thesis of the candidate of agricultural sciences]. Myronivsky Institute of Wheat named after V.M. Remesla, 255 p.

16. Lozins'kyj, M.V., Ustynova, G.L., Fedoruk, Ju.V. (2022). Vplyv genotypu i umov roku na transgresyvnnu minlyvist' za dovezhynuju stebila u populjacii drugogo pokolinnja pshenyци m'jakoi' ozymoi' [Influence of genotype and year conditions on transgressive variability in stem length in second-generation populations of winter bread wheat]. «Agrobiologija»: zbirnyk naukovykh prac' ["Agribiology": Collection of scientific papers]. no. 2, pp. 56–67.

17. Tromsjuk, V.D., Bugajov, V.D. (2021). Projav wintergresii' za osnovnymy kil'kisnymy oznakamy produktyvnosti trytykale ozymogo v gibrydnyh populjacijah F. [Manifestation of transgression by the main quantitative traits of winter triticale productivity in hybrid populations of F.]. *Visnyk Umans'kogo nacional'nogo universytetu sadivnyctva* [Bulletin of Uman National University of Horticulture]. no. 1, pp. 3–7. DOI: 10.31395/2310-0478-2021-1-3-7

18. Bazalij, V.V., Bojchuk, I.V. (2012). Transgresyvnna minlyvist' gibrydiv pshenyци m'jakoi' ozymoi' i i'i' vykorystannja v selekcii' [Transgressive variability of winter bread wheat hybrids and its use in breeding]. *Tavrijs'kyj naukovyj visnyk* [Tavriyskiy naukovyj vestnik]. no. 78, pp. 3–7. Available at: [http://hdl.handle.net/12345\\_6789/1938](http://hdl.handle.net/12345_6789/1938).

19. Radchenko, Y.N. (2008). Projavlenye polozhytel'noj transgresyvnnoj yzmenchyvosti po jelementam produktyvnosti kolosa u gybrydov  $F_2$  ozymoj m'jagkoj pshenyци [Manifestation of positive transgressive variability in elements of ear productivity in  $F_2$  hybrids of winter soft wheat]. *Selekcija i nasinnyctvo* [Breeding and Nasinnyctvo]. no. 96, pp. 72–79. DOI: 10.30835/2413-7510.2008.77198.

20. Lozins'kyj, M.V., Ustynova, G.L., Gucaljuk, N.V., Kryc'ka, M.O., Prelypov, R.A., Bakumenko, O.Ju. (2021). Transgresyvnna minlyvist' kil'kosti zeren golovnogo kolosu u populjacijah  $F_2$  za gibrydyzacji' riznyh za skorostyglystju sortiv pshenyци m'jakoi' ozymoi'. [Transgressive variability of the number of grains of the main spike in  $F_2$  populations under hybridization of different early maturing winter wheat varieties]. «Agrobiologija»: zbirnyk naukovykh prac' ["Agribiology": Collection of scientific papers]. no. 2, pp. 95–105. DOI: 10.33245/2310-9270-2021-167-2-95-105

21. Bakumenko, O.M., Vlasenko, V.A. (2016). Transgresyvnna minlyvist' produktyvnosti kolosu v  $F_2$  pshenyци m'jakoi' ozymoi' za uchasti nosii'v pshenychno-zhytnih translokacij [Transgressive variability of spikelet productivity in  $F_2$  of soft winter wheat with the participation of carriers of wheat-rye translocations]. *Visnyk Sums'kogo nacional'nogo agrarnogo universytetu. Agronomija i biologija* [Bulletin of Sumy National Agrarian University. Agronomy and Biology]. Issue 9 (32), pp. 140–145.

22. Koljuchyj, V.T., Vlasenko, V.A., Borsuk, G.Ju. (2007). Selekcija, nasinnyctvo i tehnologii' vyroshhuvannja zernovykh kolosovykh kul'tur u Lisostepu Ukraïny [Breeding, seed production and cultivation tech-

nologies of cereal spiked crops in the Forest-Steppe of Ukraine]. Kyiv, Agrarian science, 800 p.

23. *Metodyka derzhavnogo vyprovuvannja sortiv roslyn na prydatnist' do poshyrennja v Ukraïni: zagal'na chastyna* [Methodology of state testing of plant varieties for their suitability for distribution in Ukraine]. Ohorona prav na sorty roslyn: oficijnyj bjul. [Protection of rights to plant varieties: official bulletin]. Kyiv, Alefa, 2003, Issue 1, Part 3, 106 p.

24. Dosphehov, B.A. (1985). *Metodyka polevogo opyta* [Methodology for the field experiment]. Moscow, Agropromyzzdat, 352 p.

25. Beil, C.M., Atkins, P.E. (1965). Inheritance of quantitative characters in grain soft hum. *Jowa J. Sci.* Vol. 39, no. 3, pp. 345–358.

26. Moloc'kyj, M.Ja., Vasyll'kivs'kyj, S.P., Knjazjuk, V.I., Vlasenko, V.A. (2006). *Selekcija i nasynnytvo sil'skogospodars'kyh roslyn* [Breeding and seed production of agricultural plants]. Kyiv, High education, 463 p.

**Inheritance and transgressive variability of the number of grains per ear in  $F_1 - F_2$  soft spring wheat Khakhula V., Lozinska T., Hornovska S., Mykhailiuk D., Krupa N.**

The research was conducted in the experimental field of Bila Tserkva NAU with reciprocal  $F_1 - F_2$  hybrids obtained from crossing modern soft spring wheat varieties of different genealogical origin: Elehiia Myronivska, Simkoda Myronivska, Struna Myronivska, Kollektivna 3, Heroïnya, Leguan, Azhurnaia. The standard variety was Elehiia Myronivska. The research program included the study of the nature of inheritance in  $F_1$  of the number of grains in the main spike and the

establishment of the degree and frequency of transgressions in  $F_2$  in order to identify valuable breeding material for this trait.

According to the trait "number of grains per ear", we identified hybrid combinations with high performance: Struna Myronivska/Simkoda Myronivska (52.7 pcs.) and Struna Myronivska/Elehiia Myronivska (51.8 pcs.). It was found that the inheritance of the number of grains in the ear in the studied hybrids was of the type of positive superdominance, the degree of dominance in direct crosses was in the range from +1, 9 in the hybrid combination Struna Myronivska/Heroïnya to +87.0 in Struna Myronivska/Leguan, and in reciprocal crosses it ranged from +3.4 in Simkoda Myronivska/Struna Myronivska to +62.3 in Leguan/Struna Myronivska. The smallest range of variability in the number of grains in the ear is characterized by the hybrid combination Struna Myronivska/Azhurnaia (15 pcs.) with a variance index of 27.1. Indicators of coefficients of variation characterize  $F_1$  as an active formative process on the basis of the trait "number of grains in the ear".

In  $F_2$  transgressive forms were identified in the combinations of crosses Heroïnya/Struna Myronivska, Struna Myronivska/Elehiia Mironovska and Kollektivna 3/Struna Myronivska, the degree of transgression of which was 51.4, 45.6 and 39.4 % at a frequency of 68.1, 38.6 and 14.4 %, respectively.

It has been proved that the results of transgressive variability can increase the diversity of the soft spring wheat gene pool and provide valuable selection material.

**Key words:** spring wheat, number of grains of the main ear, inheritance, variability, transgressions, adaptability, productivity.



Copyright: Хахула В.С. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Хахула В.С.

Лозінська Т.П.

Горновська С.В.

Крупа Н.М.

<https://orcid.org/0000-0002-9829-630X>

<https://orcid.org/0000-0002-7119-0759>

<https://orcid.org/0000-0001-8244-3523>

<https://orcid.org/0000-0002-5299-3580>




УДК 631.452/.5:60:355.01-024.76(477)

## Напрями та технології відтворення родючості ґрунтів в Україні в післявоєнний період

Чайка Т.О.<sup>1</sup> , Короткова І.В.<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Полтавське відділення Академії наук технологічної кібернетики України

<sup>2</sup> Полтавський державний аграрний університет

 Чайка Т. О. E-mail: chaika\_ta@ukr.net



Чайка Т.О., Короткова І.В. Напрями та технології відтворення родючості ґрунтів в Україні в післявоєнний період. «Агробіологія», 2023. № 1. С. 142–156.

Chaika T., Korotkova I. Directions and re-production soil fertility technologies in the post-war period in Ukraine. «Agrobiology», 2023. no. 1, pp. 142–156.

Рукопис отримано: 10.05.2023 р.

Прийнято: 20.05.2023 р.

Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-179-1-142-156

Стаття присвячена дослідженню негативних наслідків воєнних дій на стан родючості ґрунтів в Україні та напрямам їх відтворення. Актуальність теми полягає в тому, що третина оброблюваних сільськогосподарських земель постраждала від воєнних дій, що, з урахуванням аграрного напрямку виробництва східних і південних областей України, загрожує значним зменшенням вирощування сільськогосподарської продукції.

Метою статті є обґрунтування ефективності технологій відтворення родючості ґрунтів від наслідків воєнних дій в Україні.

Встановлено негативні наслідки від війни для структури ґрунту та його властивостей, відтворення яких природним способом потребує сотні років. Визначено та описано основні типи порушень ґрунту, спричинених бойовими діями: модифікація структури ґрунту (утворення кратерів від бомб, ущільнення тощо) та хімічне забруднення (потрапляння забруднювальних речовин).

Враховуючи наявний існуючий досвід подолання наслідків воєнних дій щодо відтворення ґрунтів сільськогосподарського призначення, запропоновано певний порядок відтворення родючості ґрунтів з різними ступенями та причинами пошкодження. Розглянуто варіанти відтворення ґрунтів із порушенням природної цілісності генетичних горизонтів та способи усунення забруднення важкими металами (механічні, фізико-хімічні та біологічні).

Задля практичної реалізації запропонованих заходів виконано орієнтовний розрахунок витрат на відтворення родючості ґрунтів від наслідків воєнних дій в Україні. Визначено, що для відтворення властивостей ґрунтів та придатності їх у використанні в аграрному виробництві, найбільші витрати (без урахування гуманітарного розмінування) припадають на механічну меліорацію (81,8 %). При цьому, обсяг витрат залежить від кількості вирв від снарядів та їх калібру, та методів відтворення агрохімічних властивостей ґрунту.

Зазначено особливості правового регулювання у сфері збереження ґрунтів та охорони їх родючості, визначення шкоди, завданої землям і ґрунтам України внаслідок збройної агресії проти країни. Проведені розрахунки слугуватимуть головними доказами для компенсації розміру шкоди у позовах проти країни-агресора.

**Ключові слова:** токсичні елементи, бомботурбація, розмінування, базальтовий туф, біоремедіація, фіторемедіація.

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** За часів повномасштабного вторгнення країни-агресора на територію України тисячі гектарів родючих українських чорноземів зазнали руйнівного впливу внаслідок воєнних дій. Зокрема, ще на початку березня 2022 року приблизно 110053 км<sup>2</sup> земель сільсько-

господарського призначення знаходилися в межах ризикової зони, що становило понад 30 % усіх оброблюваних земель України. Відповідні дані наведені згідно з мапою землекористування Copernicus Global Land Service з використанням сучасних алгоритмів обробки даних дистанційного зондування Землі (рис. 1) [1].





Рис. 1. Мапа агроландшафтів України, що постраждали внаслідок російської військової агресії (на 16.03.2022 р.).

**Примітка:** червоним кольором позначено агроландшафти України, які знаходяться в межах зони ризикового сільського господарства.

**Джерело:** дані [1].

Найбільш продуктивною частиною ґрунтового профілю, що піддається руйнівному впливу, є верхні горизонти ґрунту (біологічна ґрунтова кірка). Дослідження [2] свідчать, що ґрунтова кірка має важливе значення у стабілізації ґрунту та сприяє його родючості через насичення азотом і збільшення вмісту органічної речовини в ґрунті. Як показано в роботі [3], саме ця крихка кірка, що підтримує життя на ландшафті, втрачається, якщо антропогенна діяльність зумовлює: прискорену ерозію; збивання та змішування профілю (інверсія); пошкодження структури ґрунту через ущільнення; виснаження поживних речовин; забруднення ґрунту; зменшення проникнення води тощо. Автори [4] зазначають, що ущільнення ґрунту зменшує аерацію та гальмує появу сходів, ріст коренів і поглинання поживних речовин. На думку авторів [5, 6], усі ці наслідки загострюються під час війни через рух транспортних засобів, детонацію вибухонебезпечних боєприпасів тощо. Загалом, порушення стану ґрунтової поверхні через воєнні дії призводить до втрати різноманіття та біомаси верхнього родючого шару ґрунту.

Головне питання, що постає перед вченими та аграріями на сьогодні, як різні види порушень внаслідок воєнних дій впливають на

параметри ґрунту, сукцесію рослин і потенціал відтворення [7]. Зважаючи на те, що значна частина воєнних дій у 2022 році відбувалася в зоні найродючіших ґрунтів України і Європи, тому саме вони зазнали впливу забруднення й ерозії, що значною мірою негативно позначиться на сільськогосподарському виробництві в післявоєнні часи, зокрема на стані дикої природи.

Встановлено, що сучасні війни можуть спричинити такі екологічні порушення [8]:

- активізація екзогенних процесів (зсувів, ерозії схилів);
- забруднення поверхневих і підземних вод;
- коливання мікроклімату;
- забруднення повітря;
- порушення біологічного кругообігу речовин;
- руйнування інфраструктури, сільськогосподарського виробництва, промислового потенціалу, комунікацій;
- докорінна зміна стану природних комплексів.

Для повернення ґрунтів у використання необхідно розробити технології відтворення їх властивостей з урахуванням означених чинників. Цей процес є складним та тривалим і тому, незважаючи на те, що воєнні дії ще не

завершилися, починати його необхідно зараз, оскільки для їх відтворення знадобиться багато років, враховуючи, що глобальна середня швидкість утворення родючого шару ґрунту становить близько 0,06 мм/рік [9].

Для ефективного здійснення всіх заходів з відтворення родючості ґрунтів необхідний постійний моніторинг за їх дієвістю, який включає: аналіз адміністративних методів, плани коригувальних дій, витратність і очікувана рентабельність, довгострокові наслідки для екосистем.

**Мета дослідження** полягає в обґрунтуванні ефективності технологій відтворення родючості ґрунтів від наслідків воєнних дій в Україні.

**Матеріал та методи дослідження.** Для проведення дослідження використано системний підхід, завдяки якому здійснено формулювання проблеми відтворення родючості ґрунтів внаслідок негативного впливу воєнних дій і вибір ефективних технологій відтворення. Використання методологічної специфіки системного підходу дозволило дослідити закономірності та механізми утворення складного об'єкта з певних складових. Враховуючи багатофакторність негативного впливу воєнних дій на родючість ґрунтів, універсальність підходів цього методу визначило форми і напрями дослідження, що забезпечує формування практичних пропозицій. Застосування аналізу та синтезу дозволило виявити наявний стан родючості ґрунтів і визначити чинники негативного впливу на них воєнних дій, дослідити напрями відтворення їх родючості. Завдяки аналогії розглянуто світовий досвід і його практичне значення в умовах України. З урахуванням отриманої інформації за допомогою моделювання й аналітичного розрахунку виконано приблизний розрахунок витрат з відтворення родючості ґрунтів від наслідків воєнних дій в Україні.

**Результати дослідження та обговорення.** Влітку 2022 року значна кількість земель сільськогосподарського призначення у Херсонській, Запорізькій, Миколаївській та інших областях, що зазнали бомбардувань, постраждала від пожеж разом із урожаєм. Крім зазначених фізичних пошкоджень ґрунту, спостерігалось також хімічне забруднення внаслідок кожного вибуху снаряду. Як відомо, у виробництві військової зброї та вибухових речовин використовують хімічні сполуки, які не підлягають біологічному розкладанню, що створює реальну загрозу забруднення ґрунту та поверхневих вод, негативно впливає на біоту та екосистемні послуги, які використовують

люди (природні ресурси, природні умови життя біологічних видів, культурне значення природи для людей) [9]. Крім того, після потрапляння в навколишнє середовище більшість потенційно токсичних елементів із боеприпасів окислюється під впливом повітря, особливо у вологому середовищі. Через їх підвищену розчинність вони можуть стати мобільними/доступними для об'єктів навколишнього середовища, зокрема, спричинити потенційний вплив на людину через виникнення різного виду патологій [10]. Морфологія ґрунтів, що постраждали від військового впливу, також демонструє антропогенні зміни своїх особливостей.

Загалом можна виділити два основні напрями, де військові дії безпосередньо завдають шкоди ґрунту: модифікація механічної структури ґрунту та хімічне забруднення [11].

Не можна однозначно стверджувати, який тип порушень найбільш суттєвий за впливом на родючість ґрунтів. Фізичний вплив проявляється через попадання бомб та снарядів і супроводжується утворенням кратерів, які здатні виносити велику кількість ґрунту, утворюючи впадину. Ґрунт, що знаходиться в такій котловині, ущільнений, збурений, забруднений металевими уламками та попелом. Цей тип порушення ґрунту відомий під назвою «бомботурбація» включає витіснення вилученого ґрунту з котловини до її краю [8].

До порушення ландшафту призводить бомбардування, яке руйнує послідовність горизонтів і спричинює значну трансформацію рельєфу з очевидними наслідками для гідрології та родючості ґрунту. Закопані протитанкові та протипіхотні міни також зумовлюють порушення ґрунту, якщо вони вибухають. Фактично, установка міни може спричинити значне збурення ґрунту. Після її активації ґрунт навколо міни швидко забруднюється пластиковими та металевими осколками, а також залишками вибухових речовин [12]. Рух військової техніки, включаючи маневри колісної або гусеничної важкої техніки, також створює загрозу для стану ґрунту.

Основним негативним впливом військового транспорту на ґрунт є ущільнення (рис. 2), яке значно змінює гідравлічні властивості ґрунту, а також робить ґрунти більш вразливими до ерозії та стоку [12].

Змінені фізичні властивості ґрунту внаслідок ущільнення можуть змінити рухливість поживних елементів і цикли азоту та вуглецю на користь більших викидів парникових газів у вологих умовах. Ущільнення ґрунту зменшує біорізноманіття ґрунту через зменшення мікробної біомаси, ферментативної активності, ґрунтової

фауни та наземної флори. Також ущільнення ґрунтів може вплинути на врожайність протягом п'яти років та призвести до її зниження від 10 до майже 60 % через ускладнення доступу поживних речовин до коренів рослин і перешкоджання проникненню води в ґрунт [13].

супутникових систем ідентифікації мін. За попередніми розрахунками Київської школи економіки, вартість обстеження земель із високим ризиком мінного забруднення та розмінування постраждалих територій оцінюється в 436 млн дол. США, а вартість подальшої ре-

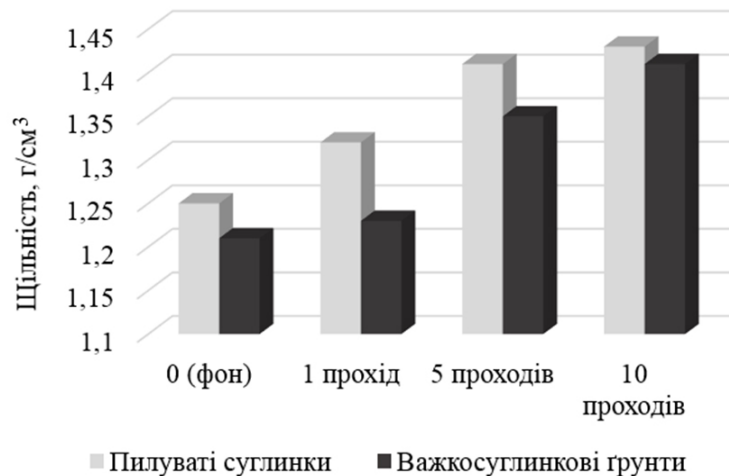


Рис. 2. Ступінь ущільнення різних типів ґрунтів від кількості проходів танка М1А1.

**Примітка:** танк М1А1 – модифікація танка Abrams, вагою 57,15 т.

**Джерело:** побудовано за [12].

Нині доступно декілька моделей, які дозволяють не лише оцінити ступінь ущільнення ґрунту внаслідок транспортного навантаження, а також розрахувати негативний вплив цього процесу на різні частини ґрунту, рослини та навколишнє середовище. Однак досі немає єдиної моделі для всіх типів ґрунтів [14].

Невід'ємною частиною наслідків будь-яких військових дій є хімічне забруднення ґрунтів, яке є більш характерним, ніж ущільнення. Хімічні порушення виникають внаслідок потрапляння в ґрунти таких забруднювальних речовин як паливно-мастильні матеріали, важкі метали, нітроароматичні вибухові речовини, фосфорорганічні нервово-паралітичні речовини, радіоактивні елементи [8].

Враховуючи зазначене вище, можна запропонувати певний порядок дій для відтворення родючості ґрунтів із різними ступенями й причинами пошкоджень (рис. 3).

За даними рисунка 3, початковим і одним із найважливіших заходів відтворення земельних угідь є гуманітарне розмінування. За прогнозами ООН, на розмінування українських територій, знадобиться, принаймні, від 5 до 7 років за умови використання новітніх

культивуації земель із пошкодженим родючим шаром ґрунту – у 39,6 млн дол. США. Відомо, що, наприклад, Польщі, після Другої світової війни, знадобилося близько 12 років, щоб розмінувати території країни. У середині червня 2022 року кількість розмінованих територій нашої країни вже становила 2 мільйони гектарів, проте ще 30 мільйонів залишаються замінованими. Згідно з даними ООН, на сьогодні, Україна є однією з найбільш замінованих країн світу поруч з Афганістаном, Сирією та Боснією [15].

Варіантами відтворення земельних ділянок з порушенням природної цілісності генетичних горизонтів внаслідок ведення воєнних дій можуть бути такі [16]:

1. Вирівнювання поверхні через внесення чорнозему з урахуванням порядку шарів ґрунту, що має приблизно відповідати природному, з огляду на те, що найбільш родючим є верхній шар (20–30 см). Засипання в хаотичному порядку призведе до створення низькопродуктивних для сільськогосподарських культур ділянок, а їх відтворення потребуватиме здійснення додаткових заходів із внесення меліорантів, органічних добрив, фітомеліорації тощо.



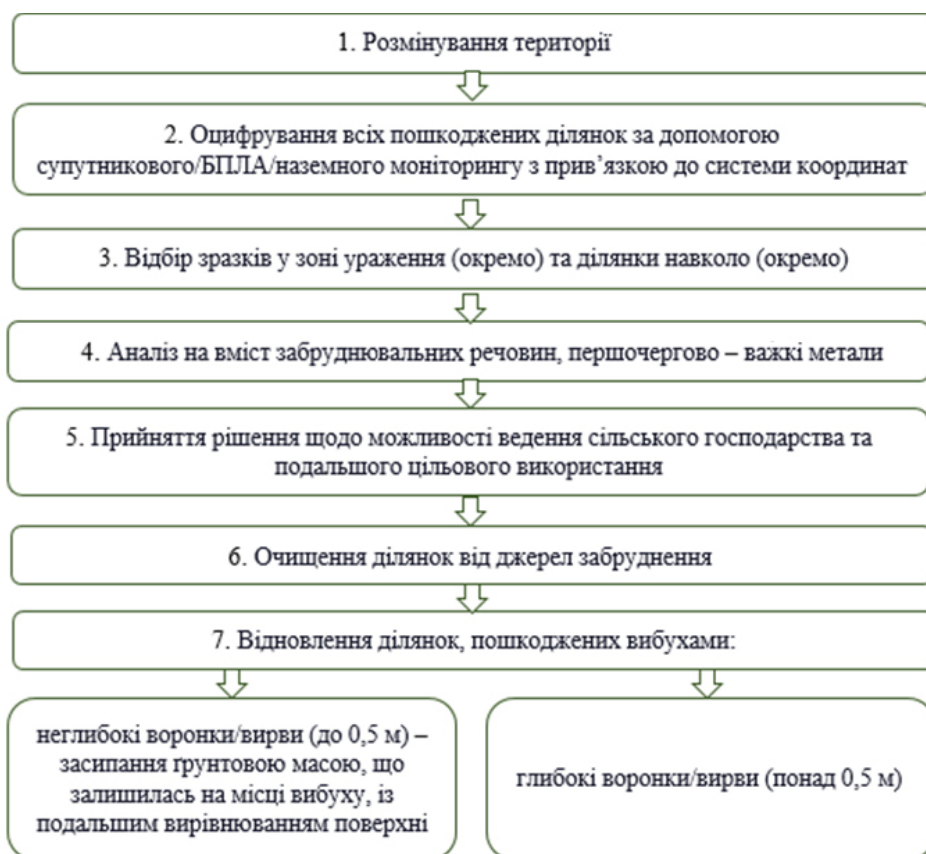


Рис. 3. Етапи відтворення земельних угідь, що постраждали від воєнних дій.

**Джерело:** побудовано в результаті авторських досліджень.

2. Відтворення земельних ділянок природним способом (залишити без втручання) або через заліснення (висаджування кущів, дерев), оскільки відсутність рослинного покриву на цих ділянках підвищує їх ерозійну небезпеку. Такі ділянки, перебуваючи у стані спокою, здатні самостійно забезпечити відтворення рослинного покриву та родючості ґрунту, однак це досить тривалий процес.

Для його прискорення, у випадку використання територій під пасовища, доцільно декілька років поспіль висівати суміш бобово-злакових трав, наприклад, суміш ячменю й еспарцету (вирівнювальний посів). У перший рік ґрунт необхідно переорати та засіяти, а наступні роки – без оранки підсівати, «врізаючи» рядки. За можливості ґрунт необхідно удобрювати відходами тваринництва, перегноєм і звести до мінімуму використання хімічних речовин (добрив, стимуляторів росту тощо). Також доцільно вносити під оранку перед першим посівом культурних рослин біопрепарати на основі комплексу мікроорганізмів (молочно-

кислі та фототрофні бактерії, дріжджі, мікроміцети тощо), використання яких сприятиме відродженню корисної мікрофлори в ґрунті та поліпшить стан рослин, розвиток їх кореневої системи, що особливо важливо для формування структури ґрунту [15].

Якщо територію планують використовувати під посіви сільськогосподарських культур, після вирівнювання поверхні, проводять оранку й аналіз ґрунту пошарово – через кожні 20 см до глибини в один метр для проведення агрохімічної оцінки земельної ділянки на вміст основних елементів живлення. На основі отриманих результатів, проводять оптимізацію живлення через внесення добрив, переважно, природного походження (Ембіко, Граундфікс, Азотофіт-р, МікоФренд-т, Меланоріз, 1r Seed Treatment, Гумісол-прима NPK тощо).

Одночасно із значною трансформацією рельєфу, на місці розриву снарядів, спостерігається досить високий рівень хімічного забруднення ґрунту. Тому після вирівнювання поверхні, насамперед, необхідно провести аналіз ґрунту



на вміст важких металів і токсичних речовин та оцінити придатність цієї території для сільськогосподарського використання. Подальші рішення щодо відтворення родючості ґрунту й цільового призначення ділянки ухвалюють залежно від отриманих результатів аналізу [16].

Хімічне забруднення ґрунтів внаслідок воєнних дій доцільно розглядати з таких позицій: забруднення вибуховими речовинами, потенційно токсичними елементами (важкими металами) та іншими елементами. Представниками вибухових речовин є переважно нітроароматичні сполуки: 2,4,6-тринітротолуол, гексагідро-1,3,5-тринітро-1,3,5-тріазин, октагідро-1,3,5,7-тетранітро-1,3,5, 7-тетразоцин, нітрогліцерин, 1,3,5-тринітробензол, динітробензол, N-метил-N,2,4,6-тетранітроанілін і 2,4,6-тринітрофенол тощо. Ці сполуки зазвичай достатньо стабільні у ґрунті через внутрішню стійкість до випаровування, гідролізу та біодеградації [13].

З широкого спектру важких металів, із залишками зброї, в ґрунт потрапляють свинець, сурма, хром, нікель, цинк, кадмій, миш'як, ртуть, уран [17]. Найнебезпечнішим представником є, безумовно, свинець, який вивільняється з куль у великій кількості. Спочатку, за потрапляння у ґрунт, свинець може бути інертним, але потім, через зміну умов ґрунту (рН, вологість) стає реакційно здатним. Переважна більшість важких металів та їх сполук надзвичайно стійкі й залишаються в біосфері, створюючи джерело забруднення, потенційно шкідливе для людини та навколишнього середовища [18].

Поряд з важкими металами в навколишнє середовище надходять також продукти окиснення вибухових речовин. Встановлено, що з 58 тонн вибухових речовин утворюється, наприклад, 70 тонн оксиду алюмінію, внаслідок окиснення порошкоподібного алюмінію, який разом із тротилом входить до складу вибухових речовин. Хімічний аналіз ґрунту на околицях м. Слов'янськ показав перевищення відносно фонових показників концентрації титану – у 150 разів, сульфатів – у 2,3 рази, кадмію – в 1,5 рази, свинцю – в 1,3 рази [16].

Найбільш суттєве перевищення вмісту важких металів спостерігається безпосередньо на місці утворення воронки від снарядів. Зокрема, вміст кадмію в пробі ґрунту з воронки навіть площею 12 м<sup>2</sup> (с. Заквітне) перевищував норму більш як у 9 разів, сульфатів – у 4 рази, концентрація ванадію та стронцію становила 100 і 150 мг/кг, відповідно. Ці речовини, як відомо, використовують в авіаційній і ракетній техніці, звідки і потрапляють в навколишнє середовище [19].

Враховуючи потенційну небезпеку важких металів щодо природних функцій ґрунту та біосфери через біоаккумуляцію в харчовому ланцюзі, необхідно, насамперед, вжити заходів з їх виявлення та утилізації. На сьогодні запатентоване технічне рішення (патент 56958 UA) [20] проведення моніторингу вмісту важких металів у ґрунтах, що використовують для вирощування культурних рослин. Розроблено кондуктометричний біосенсор, який включає селективну до важких металів ферментну систему інвертаза-мутаротаза-глюкозооксидаза (патент 25456 UA) [21] та мультибіосенсор (патент 26085 UA) [22], що складається з ферментів, відповідно, ацетилхолінстерази, бутерилхолінстерази, уреаз, глюкозооксидази, мутаротази-інвертази-глюкозооксидази, для селективного визначення їх вмісту в різних об'єктах довкілля.

На сьогодні відомо багато методів усунення забруднення важкими металами, серед них – механічні, фізико-хімічні та біологічні [23].

Механічні методи передбачають зняття забрудненої частини ґрунту й зберігання її на біотехнологічному звалищі досить тривалий час, оскільки термін напіврозпаду металів може становити понад 300 років. Крім того, наявність територій, придатних для сільськогосподарського використання через воєнні дії вкрай обмежена, тому, створення біотехнологічних звалищ потребуватиме додаткових площ і, тому, цей метод можна вважати недоцільним і непридатним.

Основу фізико-хімічних методів становлять комплекси сорбент-метал, які утворюються після внесення сорбуючих речовин, з подальшим вимиванням за допомогою розчинника. Ці методи характеризуються високою ефективністю видалення металів із ґрунту і є достатньо доступними за собівартістю.

Найбільш екологічно привабливим, економічно рентабельним і тому перспективним методом є використання різноманітних природних сорбентів, що дозволяє не лише очистити ґрунти від важких металів, а також значно покращити агрофізичні властивості ґрунтів і екологічний стан навколишнього середовища (патент 112025 UA) [24]. Як потужний природний сорбент можуть бути використані природні алюмосилікати – вулканічні туфи, що мають іонообмінні властивості та здатність сорбувати різні за походженням речовини. Це дозволяє використовувати їх як ентеросорбенти та основу для іммобілізації ферментів, токсинів тощо.

Важливого значення набувають біологічні способи очищення ґрунту від важких металів. Відповідно до концептуальної моделі [25]

біоремедіації ґрунтів передбачається використання класу біологічних методів ремедіації з градацією їх на групи:

– методи біонакопичення рослинами та/або перерозподілу забруднювачів у ґрунті за одночасного впливу на біологічну та косну складові ґрунту (мінеральні речовини, що є продуктами деструкції гірських порід і утворюються без участі живих організмів, компоненти біологічного колообігу). Це приводить до оптимізації екологічного стану ґрунту завдяки збільшенню вмісту органічної речовини і її зв'язуванню глинистими мінералами та поліпшення структурного стану ґрунту, трофічного й газового режимів, властивостей ґрунтової системи загалом;

– методи біодеградації забруднювачів за використання мікроорганізмів.

До першої групи методів належить фіторемедіація, яка передбачає використання рослин, що концентрують забруднювальні речовини в своїх тканинах [26]. Вилучають забруднювальні речовини через збір врожаю рослин. Процес можна посилити за допомогою змін у ґрунті, які підвищують доступність елементів важких металів для рослин [27]. Ефективність фіторемедіації залежить від багатьох чинників, зокрема здатності рослин та пов'язаних з ними мікроорганізмів перехоплювати, поглинати, накопичувати та/або розкласти забруднювальні речовини.

На сьогодні в Україні є достатня кількість запатентованих способів фіторемедіації забруднених ґрунтів із застосуванням:

1) технічних олійних культур – ріпаку (*Brassica napus* L.) або суріпиці (*Barbarea vulgaris* R. Br.), або тифону (*Brassica rapa*), як рослин-аккумуляторів важких металів (патент 50789 UA) [28], висів і вирощування рослин родини *Gramineae* (насадження кукурудзи (*Zea mays* L.) або пшениці (*Triticum* L.)) з подальшим скошуванням їх фітомаси та її утилізації (патент 76416 UA) [29];

2) амброзії полинолистої та трироздільної (*Ambrosia artemisiifolia* L., *Ambrosia trifida* L.), яку збирають до набуття повної фази цвітіння (патент 4726 UA) [30], однак її використання має обмеження через алергічну дію на людей;

3) газонної трави за попередньої обробки насіння розчином гумінового стимулятора-адаптогена (патент 45299 UA) [31], наприклад, Гумісол-прима, Гуміам 06 тощо;

4) стрес-толерантних трансгенних рослин *Triticum* L. до дії важких металів (патент 90279 UA) [32].

Незважаючи на переваги, фіторемедіація має низку недоліків: високі концентрації поллютантів у середовищі можуть бути токсич-

ними для рослин і мікроорганізмів, забруднювальні речовини мають бути біологічно доступними для рослин, процес очищення може займати великий проміжок часу [33].

Тривалими в часі є також методи біоремедіації, які засновані на здатності різних груп живих організмів у процесі життєдіяльності розкласти або акумулювати у своїй біомасі забруднювачі (важкі метали, радіонукліди, азотні, фосфорні та органічні сполуки тощо). За умови відтворення життєздатності й видової розмаїтості природного мікробіоценозу ґрунту біологічні методи є ефективними, проте сам процес очищення забрудненого ґрунту досить повільний і тривалий [27]. Розроблено спосіб вирощування сільськогосподарських культур на ґрунтах, забруднених радіонуклідами і/або важкими металами (патент 25274 UA) [34], що передбачає передпосівну обробку ґрунту та насіння за допомогою його дражування біогумусом черв'яка. Запропоновано використання біогумусу червоного каліфорнійського черв'яка або біогумусу дощового черв'яка разом із природним сапропелем у складі агроекологічного препарату «Біокольчуга» (патент 25456 UA) [21]. Доведена ефективність застосування натурального біогумусу й глауконіту за співвідношення компонентів 50–90 та 50–10 вагових відсотки (патент 34132 UA) [35]. Описаний спосіб використання промислового препарату «Гумівіт», як складової суміші, яка підвищує вміст ґрунтових мікроорганізмів (патент 38149 UA) [36]. Для фіторекультивації техногенно забруднених і збіднених ґрунтів розроблено біопрепарат комплексної дії, який одержано з культуральної рідини *Pseudomonas* sp. PS-17, вирощеної на оптимізованому поживному середовищі, з подальшою стерилізацією отриманої культуральної рідини та видаленням осаду клітин (патент 77228 UA) [37].

Включення до технологій очищення техногенно забруднених територій одного з методів біоремедіації ґрунтів має базуватись на [25]:

1) особливостях властивостей ґрунтів і ступені його пошкодження військовими діями;

2) обґрунтованому спектрі рослин, сівозмін, культур фітоценозів, що є придатними для використання, як фітомеліорантів за різних рівнів і прояву забруднення ґрунтів різного генезису;

3) використанні ефективних мікробних і ферментних препаратів, дослідженні їх впливу на властивості ґрунту, на здатність до біодеградації важких металів;

4) проведенні еколого-економічного оцінювання ефективності використання біологічних методів ремедіації ґрунтів для ефективного менеджменту ґрунтовими ресурсами.

У більшості випадків ґрунти, що знаходяться в зоні бойових дій, відновлюють свої первинні характеристики та функціональність після припинення військових дій, з різною швидкістю відтворення залежно від типів та властивостей ґрунту. Іноді, однак, порушення настільки значні, що необхідне втручання, спрямоване на зміну структури та очищення ґрунтів.

Для повного повернення забруднених та пошкоджених територій у сільськогосподарське використання необхідне відтворення їх родючості. Слід зауважити, що перевагу в обранні способів оптимізації живлення ґрунтів необхідно надавати таким, що передбачають використання природних речовин й препаратів органічного походження, зокрема у поєднанні з кремнієвмісними мінералами з природних джерел.

Як органічний матеріал доцільно застосовувати сапропель – природний біоматеріал, який використовують в сільському господарстві як біодобриво, що покращує структуру ґрунту та збільшує його продуктивність. Завдяки лужній реакції (рН = 9,8–10,2) сапропель ефективно знижує кислотність ґрунту, має високий вміст органічного азоту та фосфатів Са, К та Mg. Створення сумішей сапропелю й кремнієвмісних природних мінералів суттєво покращує агрофізичний, агрохімічний та біо-екологічний стан ґрунту [38].

Перспективним матеріалом для поліпшення родючості ґрунтів з урахуванням негативних наслідків війни є біовугілля (біочар) – багатий поживними речовинами матеріал, вироблений з біомаси. Біовугілля може покращувати сільськогосподарські ґрунти різними способами. Ці методи включають покращення водоутримувальної здатності, стабільності ґрунту завдяки високій адсорбції (усунення зі складу ґрунту окислів алюмінію), збільшення популяцій мікробіомів та контролю популяцій грибів, зменшення потреби в добривах та зменшення вививання добрив [39]. За доповнення ґрунтів біовугіллям, у ґрунтовій матриці відбувається більша кількість окисно-відновних реакцій. До переваг біовугілля слід віднести стійкість в навколишньому середовищі та ґрунті, що виключає його повторне нанесення (завдяки хімічній інертності він не підлягає деструкції протягом тисячоліть) [40].

Незважаючи на те, що біовугілля виробляють за технологією гідротермальної карбонізації, його застосування в сільському господарстві забезпечує довгострокові економічні вигоди. Економічна оцінка, проведена авторами роботи [41], довела, що застосування біовугілля для сільськогосподарських цілей з імовірністю 99 % є прибутковим.

Важливим чинником агроєкосистем, що сприяє відновленню родючості ґрунтів, зростанню й розвитку рослинного покриву, є мікробіота. Ґрунтові мікроорганізми виконують різноманітні екологічні функції, основними з яких є забезпечення певних етапів кругообігу біогенних елементів та підтримка гомеостазу біогеоценозу. Вони теж зазнають шкоди під час військових дій, наприклад, під час вибуху, який спричиняє теплову та вогневу дію на ґрунт, або через пожежі на полях. Також залишки сірчаного порошку (від пострілу стрілецької зброї та вибуху авіабомби) з часом в контакт з опадами утворюють сульфатну кислоту, яка знищує мільйони організмів, що формують покривний шар ґрунту [42]. Однак, мікробіота не може зв'язувати важкі метали, оскільки вони є для неї токсичними речовинами. Тому, можна запропонувати використання препаратів мікробних поверхнево-активних речовин, синтезованих різними штабами-продуцентами [43]. Такі позаклітинні метаболіти переводять важкі метали з однієї форми в іншу, змінюючи рівень токсичності, та розкладаються природною мікробіотою. Вартість таких препаратів більша за їх хімічні аналоги, проте вони більш безпечні та ефективніші [44].

Доведена ефективність сумісного використання біологічного препарату Органік Баланс та препарату Граундфікс (мобілізатора фосфору і калію). Ці препарати здатні зменшити надходження свинцю до рослинного організму на 20–30 %, а кадмію – на 50 %. Однак, їх дієвість залежить від властивостей ґрунту, зокрема, якщо ґрунт попередньо провапнований і багатий фосфором та калієм. До таких ґрунтів належать ґрунти з нейтральною або слаболужною реакцією. Для ґрунтів Полісся необхідно проводити меліоративні заходи [45].

Значну перевагу над усіма означеними матеріалами, що запропоновані для поліпшення поживних властивостей ґрунтів, мають, безумовно, гумінові кислоти та препарати гумінового походження. Гумінові сполуки вже понад десятиліття почали додавати в ґрунт у різних регіонах світу, щоб вирішити проблему підвищення якості ґрунтів [46–48].

Використання гуматів, як стратегії рекультиваци, має ряд переваг порівняно з використанням мікроорганізмів, включаючи підвищену змочувальність ґрунту водою, меншу потребу в кисні, простоту застосування та нижчу вартість. Встановлено, що гумінові речовини позитивно впливають на якість і родючість ґрунту через підвищення його вологоутримувальної здатності, стабілізації структури ґрунту, мікробної діяльності ґрунту, фізіології рослин. Гумати

зменшують ерозію ґрунту завдяки збільшенню когезійних сил дрібних частинок ґрунту. За наявності достатньої кількості азоту гумінові кислоти та фульвокислоти сприяють мікробній активності. Гумінові сполуки та мікроорганізми використовують, як кінцеві акцептори електронів, для зниження біодоступності металів через пригнічення перенесення електронів на  $\text{CO}_2$ , зменшення виробництва  $\text{CH}_4$  в безкисневих умовах. Однак, однією з найважливіших характеристик гумінових речовин є їх здатність взаємодіяти з іонами металів, включаючи токсичні забруднювачі, через утворення водорозчинних та нерозчинних у воді комплексів. Завдяки утворенню таких комплексів вони можуть розчиняти, мобілізувати та транспортувати метали в ґрунтах і водах, що сприяє зниженню токсичності ґрунтів [49].

Враховуючи проведений огляд негативних наслідків воєнних дій на стан і властивості ґрунтів України та технологічні заходи щодо їх повернення у сільськогосподарське використання, нами запропоновано перелік заходів і виконано приблизний розрахунок витрат щодо їх відтворення на прикладі території площею 3,01 га (с. Степанівка Шахтарського району Донецької області) [50]. Попередньо територія

була обстежена за допомогою супутникових знімків на наявність вивв від снарядів, їх кількість, розміри та визначення калібру снарядів. Це дозволило здійснити попередню оцінку розмірів кратерів, їх типи, можливе хімічне забруднення, кількість вивв тощо. Узагальнені витрати на здійснення необхідних заходів щодо відтворення наведено у таблиці 1.

Критеріями для ухвалення рішення щодо варіанта технологічних заходів з відтворення поживних властивостей ґрунтів є показники вмісту основних макро- й мікроелементів та фінансова складова. Тому, нами запропоновано використання комплексного органо-мінерального добрива Гумат калію «Нітрогумат Євро», який виробляє Науково-інноваційний комплекс «Екологія» (ПП НІК «Екологія»). Вміст основних компонентів у добриві: гумінові та фульвокислоти – 40 %, калій – 5 %, повний набір амінокислот, органічні хелатоутворюючі кислоти, силікатна кислота, вуглець (форми, доступні для ґрунтової мікрофлори), що дозволяє формувати ґрунтовий гумус, і повний спектр макро- та мікроелементів. Оскільки дослідні ґрунти можна вважати такими, що мають низький вміст гумусу, то норма внесення має бути не менше 1 т/га.

Таблиця 1 – Витрати на відтворення земель для ведення сільськогосподарської діяльності

Стаття витрат	Сума, грн	Частка у структурі витрат, %
Екологічний аналіз на забруднювачі (рН, свинець, кадмій, цинк, мідь, нікель, хром загальний, марганець, кобальт, радіаційний фон, ртуть, миш'як, сурма, ванадій, амоній, нітрати, хлориди, сірка, формальдегід, феноли)	5900,0	0,5
<b>Механічна регенерація</b>		
Чорнозем для засипання 379 вивв від снарядів, 3835,59 м <sup>3</sup>	767078	69,9
Механічні роботи для регенерації земель із залученням бульдозерів 132 кВт (180 к.с.) і самоскидів МАЗ 551605	131000	11,9
<b>Агрохімічна рекультивация</b>		
Гранульоване вапно для вапнування ґрунту, 13,55 т	54200	4,9
Внесення гранульованого вапна трактором потужністю 300 кВт (407 к.с.)	13952	1,3
Добриво Гумат калію «Нітрогумат Євро», 3,01 т	120400	11,0
Внесення добрива розкидачем МВД-1000 в агрегаті з трактором МТЗ-80/82	4500	0,5
Всього витрат	1097030	100,0

**Примітки:** Вартість проведення розмінування не включена до розрахунків, оскільки завдяки волонтерському проекту Military.feodal.online фермер може залишити заявку на безкоштовне гуманітарне розмінування [51]. На початок 2023 р. вартість розмінування становила 3–4 дол. США за 1 м<sup>2</sup>, що з урахуванням площі обраної ділянки у 3,01 га становить 90,3–120,4 тис. дол. США.

**Джерело:** авторські розрахунки.



Отже, для відтворення властивостей ґрунтів і придатності їх у використанні в аграрному виробництві, найбільші витрати (без урахування гуманітарного розмінування) припадають на механічну меліорацію – 81,8 %, з яких 85,5 % – витрати на чорнозем для вирівнювання ландшафту. Обсяг цих витрат, безпосередньо, залежить від кількості виливів від снарядів і їх калібру, та варіанта відтворення поживних властивостей ґрунту.

Доцільно додати, що правове регулювання у сфері збереження ґрунтів та охорони їх родючості здійснює Верховна Рада України, Кабінет Міністрів України, Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, Державна екологічна інспекція, органи місцевого самоврядування, місцеві державні адміністрації та спеціально уповноважені центральні органи виконавчої влади в межах повноважень, установлених законодавством, відповідно до Конституції України, Земельного кодексу України, Законів України «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про охорону земель», «Про державний контроль за використанням та охороною земель» та «Про землеустрій», інших нормативно-правових актів [16].

У квітні 2022 року Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України затвердило й опублікувало методичку, за якою держава розраховуватиме шкоду, завдану землям і ґрунтам України внаслідок збройної агресії проти України (Наказ № 167 від 04.04.2022 р.) [52]. Розмір шкоди визначатимуть уповноважені посадові особи Державної екологічної інспекції, які встановлюватимуть факти забруднення ґрунтів та/або засмічення земель, їх машштаби.

Уповноважені органи Державної екологічної інспекції формують усі матеріали, що використовують для проведення розрахунку, в окрему справу. Копії розрахунків разом з матеріалами справи будуть надавати органам державної влади, місцевого самоврядування та правоохоронним органам. Зазначені розрахунки слугуватимуть головними доказами розміру шкоди, завданої ґрунтам і землям України внаслідок російської агресії. Вони будуть представлені міжнародним судовим інституціям у позовах проти країни-агресора задля компенсації втрат постраждалим особам. Також ці розрахунки можуть бути використані правоохоронними, судовими органами у процесі досудового розслідування та судового розгляду екологічних злочинів, вчинених країною-агресором на території України [53].

**Висновки.** Ведення активних і тривалих воєнних дій на території України призводить до погіршення деяких важливих властивостей ґрунтів, що може призвести до виведення їх із сільськогосподарського використання на тривалий час, а для їх відтворення знадобиться багато сотень років.

У зв'язку з цим розглянуто такі методи відтворення родючості ґрунтів – механічні, фізико-хімічні та біологічні. Механічні методи передбачають зняття забрудненої частини ґрунту й зберігання її на біотехнологічному звалищі досить тривалий час. Основу фізико-хімічних методів становлять комплекси сорбент-метал, які утворюються після внесення сорбуючих речовин, наприклад, вулканічних туфів. Серед біологічних способів розглянуто: біоремедіацію ґрунтів; застосування сапропелю та біочару; використання препаратів мікробних поверхнево-активних речовин, синтезованих різними штаммами-продуцентами, та препаратів гумінового походження.

Враховуючи проведене дослідження виконано орієнтовний розрахунок витрат на відтворення родючості ґрунтів від наслідків воєнних дій в Україні.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Майже третина українських полів може бути незасіяними або недоступними. 2022. URL: <https://uncg.org.ua/a-third-ua-crops>.
2. Warren S.D. Synopsis: Influence of biological soil crusts on arid land hydrology and soil stability. Biological soil crusts: Structure, function and management / J. Belnap, O.L. Lange (eds.). Heidelberg: Springer-Verlag, 2001. P. 351–362.
3. Ayers P.D., Shaw R.B., Diersing V.E., Riper J.Van. Soil compaction from military vehicles. Presentation at the International Summer Meeting. Michigan-St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1990.
4. Demarais S., Tazik D.J., Guertin P.J., Jorgensen E.E. Disturbance associated with military exercises. Ecosystems of disturbed grounds / L.R. Walker (ed.). New York: Elsevier, 1999. P. 385–396.
5. Warren S.D., Eldridge D.J. Biological soil crusts and livestock in arid ecosystems: Are they compatible? Biological soil crusts: Structure, function and management / J. Belnap, O.L. Lange (eds.). Heidelberg: Springer-Verlag, 2001. P. 403–417.
6. Belnap J., Eldridge D.J. Disturbance and recovery of biological soil crusts. Biological soil crusts: Structure, function and management / J. Belnap, O.L. Lange (eds.). Heidelberg: Springer-Verlag, 2001. P. 365–386.
7. Kade A.N., Warren S.D. Soil and plant recovery after historic military disturbances in the Sonoran desert, USA. Arid Land Research and Management. 2002. Vol. 16(3). P. 231–243. DOI: 10.1080/153249802760284784.

8. Голубцов О., Сорокіна Л., Сплодитель А., Чумаченко С. Вплив війни росії проти України на стан українських ґрунтів. Результати аналізу. Київ: ГО «Центр екологічних ініціатив «Екодія», 2023. 32 с.
9. Kiernan K. Geodiversity also needs protection during armed conflicts. 2020. URL: <https://ceobs.org/geodiversity-also-needs-protection-during-armed-conflicts>.
10. Human health risks related to the consumption of foodstuffs of plant and animal origin produced on a site polluted by chemical munitions of the First World War / S. Gorecki et al. *Science of the Total Environment*. 2017. Vol. 599–600. P. 314–323. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.04.213.
11. Stadler T., Temesi Á., Lakner Z. Soil chemical pollution and military actions: a bibliometric analysis. *Sustainability*. 2022. Vol. 14. 7138 p. DOI: 10.3390/SU14127138.
12. Althoff P.S., Thien S.J. Impact of M1A1 main battle tank disturbance on soil quality, invertebrates, and vegetation characteristics. *Journal of Terramechanics*. 2005. Vol. 42. P. 159–176. DOI: 10.1016/j.jterra.2004.10.014.
13. Certini G., Scalenghe R., Woods W.I. The impact of warfare on the soil environment. *Earth-Science Reviews*. 2013. Vol. 127. P. 1–15. DOI: 10.1016/j.earscirev.2013.08.009.
14. Nawaz M.F., Bourrié G., Trolard F. Soil compaction impact and modelling. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 2013. Vol. 33. P. 291–309. DOI: 10.1007/S13593-011-0071-8.
15. Реабілітація українських ґрунтів після війни коштуватиме сотні мільйонів доларів – експерти. 2022. URL: <https://superagronom.com/news/16200-reabilitatsiya-ukrayinskih-gruntiv-pislya-viyni-koshtuvatime-sotni-milyoniv-dolariv--eksperti>.
16. Воєнні дії на сході України – цивілізаційні виклики людству. Львів: ЕПЛ, 2015. 136 с.
17. Examining the effects of the destroying ammunition, mines, and explosive devices on the presence of heavy metals in soil of open detonation pit: Part 1 – Pseudo-total concentration / N.T. Tomic et al. *Water, Air, & Soil Pollution*. 2018. Vol. 229. 301 p. DOI: 10.1007/s11270-018-3957-0.
18. Fayiga A.O. Remediation of inorganic and organic contaminants in military ranges. *Environmental Chemistry*. 2019. Vol. 16. P. 81–91. DOI: 10.1071/EN18196.
19. Войціховська А. Дослідження ЕПЛ впливу військових дій на довкілля на сході України. *Екологія. Право. Людина*. 2015. № 23–24(63–64). С. 57–59.
20. Спосіб управління міграцією біоелементів у системі «ґрунт – корми – організм курей-несучок – людина»: пат. 56958 Україна / Л.Г. Засипка та ін.; опубл. 25.01.2011, Бюл. № 2.
21. Кондуктометричний біосенсор для визначення концентрації іонів важких металів у водних розчинах: пат. 25456 Україна / О.О. Солдаткін та ін.; опубл. 10.08.2007, Бюл. № 12.
22. Абрамов С.М., Сопельник В.І. Агроекологічний препарат «біокольчуга»: пат. 26085 Україна; опубл. 10.09.2007, Бюл. № 14.
23. Heavy metal speciation and health risk assessment of soil and jute mallow (*Corchorus Oloratus*) collected from a farm settlement in Ikorodu, Lagos, Nigeria / O.M. Makanjuola et al. *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*. 2019. Vol. 8(4). P. 201–223. DOI: 10.4236/jacen.2019.84016.
24. Спосіб очищення ґрунтів від радіонуклідів, важких металів і пестицидів: пат. 112025 Україна / Р.Б. Гевко та ін.; опубл. 25.11.2016, Бюл. № 22.
25. Самохвалова В.Л. Біологічні методи ремедіації ґрунтів, забруднених важкими металами. *Біологічні студії*. 2014. № 8 (1). С. 217–236. DOI: 10.30970/sbi.0801.337.
26. The role of plant-associated bacteria in the mobilization and phytoextraction of trace elements in contaminated soils / A. Sessitsch et al. *Soil Biology & Biochemistry*. 2013. Vol. 60. P. 182–194. DOI: 10.1016/j.soilbio.2013.01.012.
27. Phytoremediation of contaminated soils and groundwater: lessons from the field / J. Vangronsveld et al. *Environmental Science and Pollution Research*. 2009. Vol. 16. P. 765–794. DOI: 10.1007/s11356-009-0213-6.
28. Гавриляк М.Я., Баранов В.І. Спосіб очищення ґрунтів породного відвалу вугільних шахт від важких металів: пат. 50789 Україна; опубл. 25.06.2010, Бюл. № 12.
29. Корж О.П., Савченко І.Г., Гура Н.О. Фіторемедіаційний спосіб очищення ґрунтів від важких металів: пат. 76416 Україна; опубл. 10.01.2013, Бюл. № 1.
30. Дронь М.М., Чмиленко Ф.О., Смітюк Н.М. Спосіб очищення техногенно забруднених ґрунтів від важких металів: пат. 4726 Україна; опубл. 15.02.2005, Бюл. № 2.
31. Бутюгін О.В., Узденніков М.Б., Гнеденко М.В. Спосіб рекультивації териконів: пат. 45299 Україна; опубл. 10.11.2009, Бюл. № 21.
32. Макнейл С., Чемберлейн Д., Боувер Р. Стрес-толерантна трансгенна рослина пшениці: пат. 90279 Україна; опубл. 26.04.2010, Бюл. № 8.
33. Dermont G., Bergeron M., Mercier G., Richer-Lafèche M. Metal-contaminated soils: remediation practices and treatment technologies. *Practice Periodical of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste Management*. 2008. Vol. 12(3). P. 188–209. DOI: 10.1061/(ASCE)1090-025X(2008)12:3)188.
34. Абрамов С.М., Сопельник В.І. Спосіб вирощування сільськогосподарських культур на ґрунтах, забруднених радіонуклідами і/або важкими металами: пат. 25274 Україна; опубл. 10.08.2007, Бюл. № 12.
35. Абрамов С.М., Сопельник В.І., Сопельник К.В. Органомінеральне пастоподібне добриво: пат. 34132 Україна; опубл. 25.07.2008, Бюл. № 14.
36. Бутюгін О.В., Узденніков М.Б., Зубкова Ю.М., Гнеденко М.В. Спосіб рекультивації териконів: пат. 38149 Україна; опубл. 25.12.2008, Бюл. № 24.
37. Препарат комплексної дії для використання у сільському господарстві та рекультивації техногенно змінених ґрунтів: пат. 77228 Україна / О.В. Карпенко та ін.; опубл. 11.02.2013, Бюл. № 3.

38. Murunga S.I., Wafula E.N., Sang J. The Use of Freshwater Sapropel in Agricultural Production: A New Frontier in Kenya. *Advances in Agriculture*. 2020, 8895667. DOI: 10.1155/2020/8895667.

39. Allohverdi T., Mohanty A.K., Roy P., Misra M. A review on current status of biochar uses in agriculture. *Molecules*. 2021. Vol. 26(18). 5584 p. DOI: 10.3390/molecules26185584.

40. Karthik A., Hussainy S.A.H., Rajasekar M. Comprehensive study on biochar and its effect on soil properties: a review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2020. Vol. 9(05). P. 459–477. DOI: 10.20546/ijcmas.2020.905.052.

41. Keske C., Godfrey T., Hoag D.L., Abedin J. Economic feasibility of biochar and agriculture coproduction from Canadian black spruce forest. *Food and Energy Security*. 2019. Vol. 00. e118. DOI: 10.1002/fes3.188.

42. Linking oxidative and salinity stress tolerance in barley: can root antioxidant enzyme activity be used as a measure of stress tolerance / M.J. Dragišić et al. *Plant and Soil*. 2013. Vol. 365(1–2). P. 141–155.

43. Lopes C., Herva M., Franco-Uria A., Roca E. Inventory of heavy metal content in organic waste applied as fertilizer in agriculture: evaluating the risk of transfer into the food chain. *Environmental Science and Pollution Research*. 2011. Vol. 18(6). P. 918–939. DOI: 10.1007/s11356-011-0444-1.

44. Biosurfactant technology for remediation of cadmium and lead contaminated soils / A. Juwarkar et al. *Chemosphere*. 2007. Vol. 68. P. 1996–2002. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2007.02.027.

45. Гусарова А. Мікробні продукти можуть знизити вплив важких металів на рослини у разі забруднення ґрунтів. 2022. URL: <https://superagronom.com/news/16438-mikrobnii-produkti-mojut-zniziti-vpliv-vajkih-metaliv-na-roslini-u-razi-zabrudnennya-gruntiv>.

46. Rashad M., Hafez M., Popov A.I. Humic substances composition and properties as an environmentally sustainable system: A review and way forward to soil conservation. *Journal of Plant Nutrition*. 2022. Vol. 45(7). P. 1072–1122. DOI: 10.1080/01904167.2021.2005801.

47. Bhatt P., Singh V.K. Effect of humic acid on soil properties and crop production – A review. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 2022. Vol. 92(12). P. 1423–1430. DOI: 10.56093/ijas.v92i12.124948.

48. Короткова І.В., Чайка Т.О. Роль гумінових препаратів та їх сумішей з мінеральними добривами в технологіях вирощування пшениці озимої. Екологоорієнтовані підходи відновлення техногенно забруднених територій і створення сталих екосистем: колективна монографія / за заг. ред. Т.О. Чайки. Полтава: Астроя, 2022. С. 279–322.

49. Properties of humic acid substances and their effect in soil quality and plant health / N. Vikram et al. *Humus and Humic Substances – Recent Advances*. 2022. DOI: 10.5772/intechopen.105803.

50. Чайка Т.О., Короткова І.В. Відновлення родючості ґрунту в Україні після воєнних дій. Захист і відновлення екологічної рівноваги та забезпечення

самовідновлення екосистем: колективна монографія / за заг. ред. Т. О. Чайки. Полтава: Астроя, 2023. С. 232–281.

51. Пістрюга Т. Розмінувати поля: час, гроші, ризики та чорний ринок саперів. 2022. URL: <https://latifundist.com/interview/626-rozminuvati-polya-chas-groshi-riziki-ta-chornij-rinok-saperiv>.

52. Про затвердження Методики визначення розміру шкоди завданої землі, ґрунтам внаслідок надзвичайних ситуацій та/або збройної агресії та бойових дій під час дії воєнного стану: наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України № 167 від 04.04.2022 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0406-22#Text>.

53. Васильєва Д., Даців С. Як держава фіксуватиме шкоду, завдану землям та ґрунтам внаслідок війни. 2022. URL: <https://yur-gazeta.com/publications/practice/zemelne-agrarne-pravo/yak-derzhava-fiksuvatime-shkodu--zavdanu-zemlyam-ta-gruntam-vnaslidok-viyni.html>.

## REFERENCES

1. Maizhe tretyna ukrainskykh poliv mozhe buty nezasiianymy abo nedostupnymy [Almost a third of Ukrainian fields may be unseeded or inaccessible]. 2022. Available at: <https://uncg.org.ua/a-third-ua-crops>.

2. Warren, S.D. (2001). Synopsis: Influence of biological soil crusts on arid land hydrology and soil stability. J. Belnap, O.L. Lange (eds.). *Biological soil crusts: Structure, function and management*. Heidelberg, Springer-Verlag, pp. 351–362.

3. Ayers, P.D., Shaw, R.B., Diersing, V.E., Riper, J.Van. (1990). Soil compaction from military vehicles. Presentation at the International Summer Meeting. Michigan-St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers.

4. Demarais, S., Tazik, D.J., Guertin, P.J., Jorgensen, E.E. (1999). Disturbance associated with military exercises. L.R. Walker (ed.). *Ecosystems of disturbed grounds*. New York, Elsevier, pp. 385–396.

5. Warren, S.D., Eldridge, D.J. (2001). Biological soil crusts and livestock in arid ecosystems: Are they compatible? J. Belnap, O.L. Lange (eds.). *Biological soil crusts: Structure, function and management*. Heidelberg, Springer-Verlag, pp. 403–417.

6. Belnap, J., Eldridge, D.J. (2001). Disturbance and recovery of biological soil crusts. J. Belnap, O.L. Lange (eds.). *Biological soil crusts: Structure, function and management*. Heidelberg, Springer-Verlag, pp. 365–386.

7. Kade, A.N., Warren, S.D. (2002). Soil and plant recovery after historic military disturbances in the Sonoran desert, USA. *Arid Land Research and Management*. Vol. 16(3), pp. 231–243. DOI: 10.1080/153249802760284784.

8. Holubtsov, O., Sorokina, L., Splodytel, A., Chumachenko, S. (2023). Vplyv viiny rosii proty Ukrainy na stan ukrainskykh gruntiv. Rezultaty analizu [The influence of Russia's war against Ukraine on the state of Ukrainian justifications. Analysis results]. Kyiv, NGO Center for Environmental Initiatives "Ekodia", 32 p.



9. Kiernan, K. (2020). Geodiversity also needs protection during armed conflicts. Available at: <https://ceobs.org/geodiversity-also-needs-protection-during-armed-conflicts>.
10. Gorecki, S., Nessler, F., Hube, D., Mullot, J., Vasseur, P., Marchioni, E., Camel, V., Noel, L., LeBizec, B., Guerin, T., Feidt, C., Archer, X., Mahe, A., Riviere, G. (2017). Human health risks related to the consumption of foodstuffs of plant and animal origin produced on a site polluted by chemical munitions of the First World War. *Science of the Total Environment*. Vol. 599–600, pp. 314–323. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.04.213.
11. Stadler, T., Temesi, A., Lakner, Z. (2022). Soil Chemical Pollution and Military Actions: A Bibliometric Analysis. *Sustainability*. Vol. 14, 7138 p. DOI: 10.3390/su14127138.
12. Althoff, P.S., Thien, S.J. (2005). Impact of M1A1 main battle tank disturbance on soil quality, invertebrates, and vegetation characteristics. *Journal of Terramechanics*. Vol. 42, pp. 159–176. DOI: 10.1016/j.jterra.2004.10.014.
13. Certini, G., Scalenghe, R., Woods, W.I. (2013). The impact of warfare on the soil environment. *Earth-Science Reviews*. Vol. 127, pp. 1–15. DOI: 10.1016/j.earscirev.2013.08.009.
14. Nawaz, M.F., Bourrié, G., Trolard, F. (2013). Soil compaction impact and modelling. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. Vol. 33, pp. 291–309. DOI: 10.1007/s13593-011-0071-8.
15. Reabilitatsiia ukrainskykh gruntiv pislia viiny koshtuvatyme sotni milioniv dolariv – eksperty [Rehabilitation of Ukrainian soils after the war will cost hundreds of millions of dollars – experts]. 2022. Available at: <https://superagronom.com/news/16200-reabilitatsiya-ukrayinskih-gruntiv-pislya-viyni-koshtuvatime-sotni-milyoniv-dolariv--eksperti>.
16. Voienni dii na skhodi Ukrainy – tsyvilizatsiini vyklyky liudstvu [Military operations in eastern Ukraine – civilizational challenges to humanity]. Lviv, EPL, 2015, 136 p.
17. Tomic, N.T., Smiljanic, S., Jovic, M., Gligoric, M., Povrenovic, D., Dosic, A. (2018). Examining the effects of the destroying ammunition, mines, and explosive devices on the presence of heavy metals in soil of open detonation pit: Part 1 – Pseudo-total concentration. *Water, Air, & Soil Pollution*. Vol. 229, 301 p. DOI: 10.1007/s11270-018-3957-0.
18. Fayiga, A.O. (2019). Remediation of inorganic and organic contaminants in military ranges. *Environmental Chemistry*. Vol. 16, pp. 81–91. DOI: 10.1071/EN18196.
19. Voytsikhovska, A. (2015). Doslidzhennia EPL vplyvu viiskovykh dii na dovkillia na skhodi Ukrainy [ELH study of the impact of military operations on the environment in eastern Ukraine]. *Ekolohiia. Pravo. Liudyna* [Ecology. Law. Human]. no. 23–24 (63–64), pp. 57–59.
20. Zasyпка, L.H., Tarasenko, L.O., Makarikhina, I.V., Nikov, P.S., Liubchak, M.P., Stepanova, L.V., Babiienko, V.V. (2011). Sposib upravlinnia mihratsiieiu bioelementiv u systemi «grunt – kormy – orhanizm kurei-nesuchok – liudyna»: pat. 56958 Ukraina [The method of managing the migration of bioelements in the system "soil – feed – organism of laying hens – man": pat. 56958 Ukraine]. no. 2.
21. Soldatkin, O.O., Dziadevych, S.V., Soldatkin, O.P., Yelska, H.V. (2007). Konduktometrychni biosensor dlia vyznachennia kontsentratsii ioniv vazhkykh metaliv u vodnykh rozchynakh: pat. 25456 Ukraina [Conductometric biosensor for determining the concentration of heavy metal ions in aqueous solutions: pat. 25456 Ukraine]. no. 12.
22. Abramov, S.M., Sopelnyk, V.I. (2007). Ahroekolohichni preparat «biokolchuha»: pat. 26085 Ukraina [Agroecological preparation "bio mail": pat. 26085 Ukraine]. no. 14.
23. Makanjuola, O.M., Bada, B.S., Ogunbanjo, O.O., Olujimi, O.O., Akinloye, O.A., Adeyemi, M.O. (2019). Heavy metal speciation and health risk assessment of soil and jute mallow (*Corchorus Olitorus*) collected from a farm settlement in Ikorodu, Lagos, Nigeria. *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*. no. 8(4), pp. 201–223. DOI: 10.4236/jacen.2019.84016.
24. Hevko, R.B., Dolzhenchuk, V.I., Broshchak, I.S., Dziadykevych, Yu.V., Hevko, B.R. (2016). Sposib ochyshchennia gruntiv vid radionuklidiv, vazhkykh metaliv i pestytsydiv: pat. 112025 Ukraina [A method of soil purification from radionuclides, heavy metals and pesticides: pat. 112025 Ukraine]. no. 22.
25. Samokhvalova, V.L. (2014). Biologichni metody remediacii' g'gruntiv, zabrudnykh vazhkymy metalamy [Biological methods of remediation of soils contaminated with heavy metals]. *Biologichni studii'* [Biological studies]. no. 8(1), pp. 217–236. DOI: 10.30970/sbi.0801.337.
26. Sessitsch, A., Kuffner, M., Kidd, P., Vangronsveld, J., Wenzel, W.W., Fallmann, K., Puschenreiter, M. (2013). The role of plant-associated bacteria in the mobilization and phytoextraction of trace elements in contaminated soils. *Soil Biology & Biochemistry*. no. 60, pp. 182–194. DOI: 10.1016/j.soilbio.2013.01.012.
27. Vangronsveld, J., Herzig, R., Weyens, N., Boulet, J., Adriaensen, K., Ruttens, A., Thewys, T., Vassilev, A., Meers, E., Nehnevajova, E., van der Lelie, D., Mench, M. (2009). Phytoremediation of contaminated soils and groundwater: lessons from the field. *Environmental Science and Pollution Research*. no. 16, pp. 765–794. DOI: 10.1007/s11356-009-0213-6.
28. Havryliak, M.Ya., Baranov, V.I. (2010). Sposib ochyshchennia gruntiv porodnoho vidvalu vuhilnykh shakht vid vazhkykh metaliv: pat. 50789 Ukraina [The method of cleaning the soils of rock dumps of coal mines from heavy metals: pat. 50789 Ukraine]. no. 12.
29. Korzh, O.P., Savchenko, I.H., Hura, N.O. (2013). Fitoremediatsiyni sposib ochyshchennia gruntiv vid vazhkykh metaliv: pat. 76416 Ukraina [Phytoremediation method of soil purification from heavy metals: pat. 76416 Ukraine]. no. 1.
30. Dron, M.M., Chmylenko, F.O., Smitiuk, N.M. (2005). Sposib ochyshchennia tekhnohenno zabrudnykh gruntiv vid vazhkykh metaliv: pat. 4726 Ukraina [A method of cleaning technogenically polluted soils from heavy metals: pat. 4726 Ukraine]. no. 2.



31. Butiuhin, O.V., Uzdennikov, M.B., Hnedenko, M.V. (2009). Sposib rekultyvatsii terykoniv: pat. 45299 Ukraina [The method of reclamation of tericons: pat. 76416 Ukraine]. no. 21.
32. Makneil, S., Chamberlein, D., Bouver, R. (2010). Stres-tolerantna transhenna roslyna pshenytsi: pat. 90279 Ukraina [Stress-tolerant transgenic wheat plant: pat. 90279 Ukraine]. no. 8.
33. Dermont, G., Bergeron, M., Mercier, G., Richer-Lafleche, M. (2008). Metal-contaminated soils: remediation practices and treatment technologies. *Practice Periodical of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste Management*. no. 12(3), pp. 188–209. DOI: 10.1061/(ASCE)1090-025X(2008)12:3)188.
34. Abramov, S.M., Sopelnyk, V.I. (2007). Sposib vyroshchuvannya silskohospodarskykh kultur na gruntakh, zabrudnennykh radionuklidamy i/abo vazhkymy metalamy: pat. 25274 Ukraina [The method of growing crops on soils contaminated with radionuclides and/or heavy metals: pat. 25274 Ukraine]. no. 12.
35. Abramov, S.M., Sopelnyk, V.I., Sopelnyk, K.V. (2008). Orhanomineralne pastopodibne dobrovyo: pat. 34132 Ukraina [Organomineral pasty fertilizer: pat. 25274 Ukraine]. no. 14.
36. Butiuhin, O.V., Uzdennikov, M.B., Zubkova, Yu.M., Hnedenko, M.V. (2008). Sposib rekultyvatsii terykoniv: pat. 38149 Ukraina [The method of reclamation of tericons: pat. 25274 Ukraine]. no. 24.
37. Karpenko, O.V., Shchekhlova, N.S., Vildanova-Martysyshyn, R.I., Baranov, V.I., Shulha, O.M. (2013). Preparat kompleksnoi dii dlia vykorystannia u silskomu hospodarstvi ta rekultyvatsii tekhnohennozminenykh gruntiv: pat. 77228 Ukraina [A drug of complex action for use in agriculture and reclamation of man-made soils: pat. 25274 Ukraine]. no. 3.
38. Murunga, S.I., Wafula, E.N., Sang, J. (2020). The Use of Freshwater Sapropel in Agricultural Production: A New Frontier in Kenya. *Advances in Agriculture*. 2020. 8895667. DOI: 10.1155/2020/8895667.
39. Allohverdi, T., Mohanty, A.K., Roy, P., Misra, M. (2021). A review on current status of biochar uses in agriculture. *Molecules*. Vol. 26(18), 5584 p. DOI: 10.3390/molecules26185584.
40. Karthik, A., Hussainy, S.A.H., Rajasekar, M. (2020). Comprehensive study on biochar and its effect on soil properties: a review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. Vol. 9(05), pp. 459–477. DOI: 10.20546/ijemas.2020.905.052.
41. Keske, C., Godfrey, T., Hoag, D.L., Abedin, J. (2019). Economic feasibility of biochar and agriculture coproduction from Canadian black spruce forest. *Food and Energy Security*. Vol. 00, e118. DOI: 10.1002/fes3.188.
42. Dragišić, M. J., Zang, J., Zeng, F.H., Živanović, B.D., Shabala, L., Zhou, M., Shabala, S. (2013). Linking oxidative and salinity stress tolerance in barley: can root antioxidant enzyme activity be used as a measure of stress tolerance. *Plant and Soil*. Vol. 365(1–2), pp. 141–155.
43. Lopes, C., Herva, M., Franco-Uria, A., Roca, E. (2011). Inventory of heavy metal content in organic waste applied as fertilizer in agriculture: evaluating the risk of transfer into the food chain. *Environmental Science and Pollution Research*. Vol. 18(6), pp. 918–939. DOI: 10.1007/s11356-011-0444-1.
44. Juwarkar, A., Nair, A., Dubey, K., Singh, S., Devotta, S. (2007). Biosurfactant technology for remediation of cadmium and lead contaminated soils. *Chemosphere*. Vol. 68, pp. 1996–2002. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2007.02.027.
45. Husarova, A. (2022). Microbial products can reduce the effect of heavy metals on plants in case of soil contamination [Microbial products can reduce the impact of heavy metals on plants in case of soil contamination]. Available at: <https://superagronom.com/news/16438-mikrobnii-produkti-mojut-zniziti-vplyv-vajkih-metaliv-na-roslini-u-razi-zabrudnennya-gruntiv>.
46. Rashad, M., Hafez, M., Popov, A.I. (2022). Humic substances composition and properties as an environmentally sustainable system: A review and way forward to soil conservation. *Journal of Plant Nutrition*. Vol. 45(7), pp. 1072–1122. DOI: 10.1080/01904167.2021.2005801.
47. Bhatt, P., Singh, V.K. (2022). Effect of humic acid on soil properties and crop production – A review. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. Vol. 92(12), pp. 1423–1430. DOI: 10.56093/ijas.v92i12.124948.
48. Korotkova, I.V., Chaika, T.O. (2022). Rol huminovykh preparativ ta yikh sumishei z mineralnymy dobrovamy v tekhnolohiiakh vyroshchuvannya pshenytsi ozymoi [The role of humic preparations and their mixtures with mineral fertilizers in winter wheat growing technologies]. *Ekolohoorientovani pidkhody vidnovlennia tekhnohennozabrudnennykh terytorii i stvorennia stalykh ekosystem [Ecologically oriented approaches to the restoration of technologically polluted territories and the creation of sustainable ecosystems]*. Poltava, Astraya, pp. 279–322.
49. Vikram, N., Sagar, A., Gangwar, C., Husain, R., Narayan Kewat, R. (2022). Properties of humic acid substances and their effect in soil quality and plant health. *Humus and Humic Substances – Recent Advances*. DOI: 10.5772/intechopen.105803.
50. Chaika, T.O., Korotkova, I.V. (2023). Vidnovlennia rodiuchosti gruntu v Ukraini pislia voiennykh dii [Restoration of soil fertility in Ukraine after military operations]. *Zakhyst i vidnovlennia ekolohichnoi rivnovahy ta zabezpechennia samovidnovlennia ekosystem [Protection and restoration of ecological balance and ensuring self-renewal of ecosystems]*. Poltava, Astraya, pp. 232–281.
51. Pistryuga, T. (2022). Rozminuvaty polia: chas, hroshi, ryzyky ta chornyi rynek sapperiv [Demining the fields: time, money, risks and the black market of sappers]. Available at: <https://latifundist.com/interview/626-rozminuvati-polya-chas-groshi-riziki-ta-chornij-rinok-sapperiv>.
52. Pro zatverdzhennia metodyky vyznachennia rozmiru shkody zavdanoi zemli, gruntam vnaslidok nadzvychainykh sytuatsii ta/abo zbroinoi ahresii ta boiovykh dii pid chas dii voiennoho stanu: nakaz Ministerstva zakhystu dovkillia ta pryrodnykh resursiv Ukrainy [On the approval of the methodology for determining the amount of damage caused to land and soil as a re-

sult of emergency situations and/or armed aggression and hostilities during martial law: order of the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine]. 2022, no. 167. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0406-22#Text>.

53. Vasylieva, D., Datsiv, S. (2022). Yak derzhava fiksuvatyme shkod, zavdanu zemliam ta gruntam vnaslidok viiny [How the state will record the damage caused to lands and soils as a result of the war]. Available at: <https://yur-gazeta.com/publications/practice/zemelne-agrarne-pravo/yak-derzhava-fiksuvatime-shkod--zavdanu-zemlyam-ta-runtam-vnaslidok-viyni.html>.

### Directions and reproduction soil fertility technologies in the post-war period in Ukraine

Chaika T., Korotkova I.

The article is devoted to the study of the military action's negative consequences on the soil fertility state in Ukraine and directions for their reproduction. The topic actuality is that a third of the arable agricultural lands were affected by military actions, which, taking into account the agrarian direction of production in the eastern and southern regions of Ukraine, threatens a significant decrease in the agricultural products' cultivation.

The article aims to substantiate the effectiveness of technologies applied to overcome the affect of military activities on soil fertility reproduction in Ukraine.

The study reveals the war negative consequences on the soil structure and properties and argues that it will take hundreds of years to reproduce naturally. The main types of warfare-induced disturbances to soil are

defined and described: the soil structure modification (bombs craters, sealing, etc.) and chemical disturbances (pollutants input).

Taking into account the existing experience of overcoming the military actions consequences in the agricultural soil reproduction, a certain procedure for reproducing the soil fertility with different degrees and causes of damage is proposed. The options for soil reproduction with a natural integrity of genetic horizons violation and methods of removing contamination with heavy metals (mechanical, physico-chemical, and biological) are considered.

For the practical implementation of the proposed measures, an approximate costs' calculation of the soil fertility reproducing from the military actions consequences in Ukraine was made. It has been determined that for the reproduction of soil properties and their suitability for use in agricultural production, the greatest expenses (excluding humanitarian demining) are spent on mechanical melioration (81.8 %). However, the expenses amount depends on the number of shell explosion craters and their caliber, and the methods of reproduction the soil agrochemical properties.

The peculiarities of legal regulation in soil conservation and the fertility protection, in determination of damage caused to lands and soils of Ukraine as a result of armed aggression against the country are indicated. The performed calculations will become key evidence in terms of damage amount compensation in lawsuits against the aggressor country.

**Key words:** toxic elements, bombturbation, demining, basalt tuff, bioremediation, phytoremediation.



Copyright: Чайка Т.О., Короткова І.В. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Чайка Т.О.

Короткова І.В.

<https://orcid.org/0000-0002-5980-7517>


<https://orcid.org/0000-0003-0577-9634>

## АГРОНОМІЯ

УДК 602.6:582.711.713:575.16

Розробка протоколу отримання асептичної культури *Prunus dulcis* (Mill.) D.A.Webb.Шита О.П. 

Білоцерківський національний аграрний університет

 Шита О.П. E-mail: oksanashita@ukr.net

Шита О.П. Розробка протоколу отримання асептичної культури *Prunus dulcis* (Mill.) D.A.Webb. «Агробіологія», 2023. № 1. С. 157–168.

Shyta O. Features of obtaining an aseptic culture of *Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb. «Agrobiologia», 2023. no. 1, pp. 157–168.

Рукопис отримано: 12.05.2023 р.  
Прийнято: 20.05.2023 р.  
Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-179-1-157-168

Метою статті є встановлення особливостей отримання асептичної культури регенерантів *Prunus dulcis in vitro*. Оскільки в Україні все більших масштабів набуває вплив зміни клімату, то однією з актуальних проблем, яка перешкоджає людству, як в агроекологічному так і продовольчому значенні, є потреба в диверсифікації традиційного землеробства. Однією з цінних перспективних горіхоплідних культур в Україні є миґдаль, завдяки якому можливо диверсифікувати перераховані вище кліматичні ризики. Для проведення експериментів використано сорти вітчизняної селекції, оскільки іноземної селекції з низькою зимостійкістю та тривалим вегетаційним періодом для нашої зони не підходять. В дослідженнях залучено чотири інтенсивні нові сорти миґдалю: Е5 Борозан, М41 Алекс, Джорджия, Луїза, які були виведені селекціонером В.М. Бабанським, занесені до державного Рєстру сортів рослин та дозволені в Україні для вирощування. Одним з надійних методів розмноження є мікроклональне розмноження, за допомогою якого можна швидкими темпами отримати якісний, оздоровлений від хвороб, садивний матеріал. Тому для виробництва садивного матеріалу сучасні розсадники переходять на біотехнологічні методи. Для їх швидкого розмноження біологічними методами постає необхідність розробки технологічних процесів з урахуванням біологічних особливостей. Встановили, що підготовка донорів експлантів зменшує кількість первинних експлантів, які виділяли фенолоподібні речовини. Окрім підготовки донорів вагомий вплив мали елементи живлення, які були у різній кількості у різних за складом живильних середовищах. Найменше експлантів із фенолоподібним ексудатом було на середовищах NAM та NRM. Спільним для цих двох середовищ є порівняно низький уміст нітрогену як у амонійній так і нітратній формах, а середовище DKW містить найбільшу кількість сульфору.

Виділення фенолоподібного ексудату залежало також від біологічних особливостей сортів миґдалю. Найбільше первинних експлантів було у високорослого сорту Е5 Борозан та найменше в сорту Луїза із середньою інтенсивністю росту.

Залежно від сорту вільних від контамінантів в депозитарії було 81–91 % за 59–70 % на контролі. Морфогенних і водночас без ознак контамінування виявлено від 69 % серед експлантів сорту Луїза і до 73 % сорту Е5 Борозан за 35 і 51 % відповідно на контролі.

За результатами проведених досліджень встановлено, що вплив часу ізоляції первинних експлантів та особливості взаємодії рослини і оточуючої її мікробіоти в різні пори року різні. Це проявляється в особливостях контамінування цими об'єктами первинних експлантів і відповідно успіху деконтамінації (Е1) і появі мікробіологічного забруднення на живильному середовищі.

**Ключові слова:** мікроклональне розмноження, горіхоплідні культури, мультиплікація, морфогенез, контамінанти, деконтамінація.

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** Зміни кліматичних умов приводять до диверсифікації традиційного землеробства, розширення та застосування інноваційних органічних біотехнологій, введення груп плодкових, горіхоплідних культур.

На сьогодні в Україні відбувається розширення промислового складу в садівництві завдяки горіхоплідним культурам. Цінною горіхоплідною культурою є мигдаль, який вирощують у багатьох країнах світу для отримання мигдальних горіхів. Україна кожен рік закуповує приблизно 2,5 тонн горіхів мигдалю, хоча є можливість вирощувати цю культуру в нашій країні [1, 2]. Для швидкого розширення площ під мигдалевими садами не вистачає високоякісних безвірусних саджанців вітчизняних сортів. Для вирішення цієї проблеми актуальним є дослідження і впровадження у виробництво технологій оздоровлення і мікроклонального розмноження з оптимальними детермінантами на усіх етапах цього технологічного процесу.

Успіх МКР залежить від усіх етапів. Від отриманих результатів на попередньому етапі залежить не лише стан рослинних об'єктів, а також відбудеться наступний ефект і чи буде комерційний або ж науковий зиск від технологічного етапу. Зокрема, на першому і підготовчому етапах є проблеми без вирішення яких неможливий етап мультиплікації та наступні. Зокрема, це такі перешкоди:

- екзо- та ендогенне контамінування;
- самоінтоксикація продуктами окиснення фенолоподібних речовин;
- переформатування детермінант на переходах рослинних об'єктів з одних умов в інші: відкритий ґрунт – закритий ґрунт (депозитарій) – *in vitro*.

Перші зміни умов відбуваються у випадку перенесення донорів первинних експлантів в закритий ґрунт. Зменшується інтенсивність освітлення як загалом, так і змінюється спектр, зокрема стає майже відсутня його ультрафіолетова частина. Саме інтенсивність освітлення та наявність на пряму корелюють із виділеннями первинними експлантами продуктів окиснення фенолоподібних речовин [3].

За декапітації верхівок в материнських рослинах відбувається зміна донорно-акцепторних відносин, втрачається апікальне домінування. Внаслідок цього зменшується синтез ауксину верхівковою брунькою та пригнічення нею нижче розміщених бруньок [4].

P.J. Ainsley разом з колегами [5] розробили спосіб індукування диференціації калюсних тканин, отриманих із листкових експлантів пробіркових рослин. Для цього калюс культивували на середовищі за протоколом Almehti і Parfitt [6].

В дослідженнях використовували один із трьох ауксинів (індол-3-масляна кислота, 2,4-дихлорфеноксіоцтова кислота,  $\alpha$ -нафталінооцтова кислота), комбінуючи їх одним із двох цитокінінів (бензиламінопурином і тидіазуроном), з додаванням різних концентрацій гідролізату казеїну (джерело амінокислот). Виявили сортоспецифічну пагоноутворювальну реакцію на ауксини: нафтилоцтова кислота та індолілмасляна кислота були ефективними для сорту Ne Plus Ultra. В сорту Nonpareil лише індолілмасляна кислота була ефективною для утворення пагонів. За впливом на утворення пагонів цитокінінів для сорту Ne Plus Ultra ефективним була наявність одного із двох цитокінінів в досліді (бензиламінопурину або тидіазурону), а для сорту Nonpareil ефективним був лише тидіазурон. Покращило морфологію калюсу та збільшило частоту регенерації для обох сортів додавання 0,1 % гідролізату казеїну.

Ембріони із калюсної тканини мигдалю отримав M. Antonelli [7]. Культура калюсів, ембріонів є перспективним напрямом як для селекційних цілей так і для отримання штучного насіння [8].

Мікроклональне розмноження, культура меристем (оздоровлення) та процеси диференціації і дедиференціації тісно пов'язані як в сучасному розсадництві так і селекції. Не виключенням є роботи з мигдалем [9, 10].

**Мета дослідження** – розроблення теоретико-експериментального обґрунтування оптимізації першого етапу технологічного процесу культивування рослин *Prunus dulcis in vitro* прямим та непрямим мофогенезом.

**Матеріал і методи дослідження.** Дослідження проводили в 2020–2022 рр. в умовах міжкафедральної лабораторії біотехнології рослин Білоцерківського національного аграрного університету МОН України та лабораторії мікроклонального розмноження ФГ «Беррі Фарм Юкрейн» Волинської області.

Як вихідний матеріал та донори первинних експлантів використано саджанці щепленого мигдалю солодкого вітчизняної селекції виробництва «Селянське (фермерське) господарство ім. академіка Уманова» (Одеська обл., Подільський р-н, місто Балта): Е-5 Борозан, М 41 Алекс, Джорджия, Луїза.

Материнські рослини *in vivo* вирощували в умовах закритого ґрунту із штучним мікрокліматом за температури культивування  $24 \pm 2$  °С.

Рослинні об'єкти *in vitro* культивували в скляних банках з прозорими поліпропіленовими кришками згідно із загальноприйнятими



методиками [11], та рекомендаціями, розроблених А.А. Подгаєцьким та В.В. Мацкевичем [12]. Інтенсивність освітлення для об'єктів *in vitro* 2.2 kLux. Фотоперіод – 16 годин освітлення, 8 годин темрява.

На підготовчому етапі («0») використано комплекс заходів, розроблений В.В. Мацкевичем і колегами для фундука [12, 13]. Згідно з ним донори первинних експлантів вирощували в умовах закритого приміщення (депозитарію) із штучним розсіяним освітленням (1,5–2,5 kLux). Після пробудження на рослинах проводили декапітацію верхівок для пробудження бічних бруньок. Від висадки рослин донорів до ізоляції первинних експлантів раз на два тижні проводили фунгіцидні обробки.

В депозитарії регулярно проводили обробки від переносників (попелиць, кліщів, трипсів) вірусів та інших збудників хвороб.

Для деконтамінації використано як основні агенти гіпохлорит натрію, препарат Бланідас 300, етанол так і допоміжні: Превікур® Енерджі 840 SL, гентаміцину сульфат, хлорамфенікол, PPM (Plant Preservative Mixture), нітрат срібла. PPM застосовували як основний деконтамінант (замочування в 33 % розчині протягом 8 годин), так і як допоміжний за додавання в живильне середовище 2,5 мл/л.

Ефективність процесу деконтамінації ( $E_1$ ) визначали за кількістю неінфікованих експлантів після стерилізації (с) у відсотках до вихідної кількості експлантів, що стерилізували (s):  $E_1 = (c / s) \times 100 \%$ .

Кількість морфогенних експлантів ( $E_m$ ) визначали за кількістю деконтамінованих експлантів, в яких розпочався після стерилізації морфогенез (м) у відсотках до вихідної кількості експлантів, що стерилізували (s):  $E_m = (m / s) \times 100 \%$ .

Як первинні експланти вичленяли: із насіння пагони проростків, з пагонів сортових рослин – меристеми, бруньки, пагонові живці. Для виведення із стану глибокого спокою з маточних рослин зрізали пагони і поміщали на добу

в розчин гіберелінів: 0,75 мг/л ГК3 і суміші ГК 4+7 (75 % ГК 4 і 18 % ГК 7) препарату Гібб плюс (Gibb plus, (Глобалхем Н.В. [14]) еквівалентній в діючій речовині 0,75 мг/л.

Повторюваність дослідів: 4 в часі. Об'єми вибірок *in vitro* – 50 облікових рослинних об'єктів (експлантів, регенерантів). Об'єми вибірок *ex vitro*: одна теплична касета з рослинами, одне повторення. Дослідження проводили за принципом «Step by Step». Тобто кращий варіант попереднього досліду найчастіше був в основі/контролі наступного досліду.

#### Результати дослідження та обговорення.

Встановлено вплив підготовки материнських рослин на виділення фенолоподібного ексудату первинними експлантами. Хоча мигдалю властиве менше порівняно з низкою інших культур фенолоутворення [15], нами досліджено вплив підготовки материнських рослин на самоінтоксикацію продуктами окиснення фенолоподібними речовинами за висадки первинних експлантів на п'ять варіантів живильних середовищ: MS, QL, DKW, NAM, NRM. Як деконтамінант використовували розчин гіпохлориту натрію (табл. 1).

Встановили, що підготовка донорів експлантів зменшує кількість первинних експлантів, які виділяли фенолоподібні речовини. Окрім підготовки донорів вагомий вплив мали елементи живлення, які були у різній кількості у різних за складом живильних середовищах. Найменше експлантів із фенолоподібним ексудатом було на середовищах NAM та NRM. Спільним для цих двох середовищ є порівняно низький уміст нітрогену як у амонійній так і нітратній формах (табл. 2). Середовище DKW містить найбільшу кількість сульфору.

Ймовірно, що високий уміст нітрогену збільшує проникність мембран та вивільнення фенолоподібних речовин [3, 8]. Високий уміст сульфору є однією з причин пролонгованого підкислення середовища, відповідно й збільшення проникності цитоплазматичних мембран та оболонки [8, 13].

Таблиця 1 – Самоінтоксикація первинних експлантів залежно від середовища та умов вирощування донорних рослин мигдалю\*, %

Сорт / середовище	MS	QL	DKW	NAM	NRM
Е5 Борозан	23/12	6/2	21/18	6/1	8/3
М41 Алекс	19/12	5/2	12/9	0/0	7/2
Джорджия	14/10	3/1	11/9	0/0	4/0
Луїза	8/6	-	6/5	0/0	1/0

\*Примітка: в чисельнику самоінтоксикація експлантів ізольованих з материнських рослин вирощених в польових умовах (контроль); в знаменнику – в умовах депозитарію.

Таблиця 2 – Нітрогеновмісні солі в середовищах, залучених в дослідженнях

Компонент, мг/л	MS <sub>мод.</sub> *	QL <sub>мод.</sub>	DKW <sub>мод.</sub>	NAM <sub>мод.</sub>	NRM <sub>мод.</sub>
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	1650,0	400,0	1416,0	900	530
KNO <sub>3</sub>	1900,0	1800,0	-	250	550
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	-	1600,0	-	-
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ×4H <sub>2</sub> O	-	833,8	1365	1050	700

Виділення фенолоподібного ексудату залежало також від біологічних особливостей сортів мигдалю. Найбільше первинних експлантів було у високорослого сорту Е5 Борозан та найменше в сорту Луїза із середньою інтенсивністю росту.

Отже, для подальших досліджень з отримання асептичної культури прямим морфогенезом обрано середовище NAM, а материнські рослини використовували за попереднього вирощення в умовах депозитарію.

На інтенсивність виділення фенолоподібного ексудату впливає й тип деконтамінанта (табл. 3). Речовини які знищують контамінуючу мікробіоту токсичні різною мірою і щодо тканин первинних експлантів. Це зокрема проявлялося у вигляді опіків поверхні рослинних об'єктів. Із частин опікових ран виділявся фенолоподібний ексудат. Серед порівнюваних агентів найбільше таких виділень було у разі застосування етанолу та гіпохлориту натрію, а найменше – за РРМ та Бланідас 300. Хлорид ртуті за цим показником займав проміжне положення.

**Ефективність деконтамінації.** Процес проведення заходів з метою усунення біологічних агентів з поверхні експлантів, які можуть становити ризик для рослинних об'єктів, живильного середовища асептичної культури є деконтамінацією (від лат. *de* – префікс, що означає видалення, і *contaminatus* – нечистий, заражений). Тобто це процес проведення заходів з метою усунення біологічних агентів з поверхні первинного експланта [8, 16].

Біологічні контамінанти за своїм розміщенням на експлантах є ендогенними і екзогенними [13]. Відповідно різними є підходи щодо очищення біологічного матеріалу. Для видалення екзогенного забруднення використовують контактні антисептики (хлорумісні, ртутьмісні сполуки, рідше перекись водню, спирт) [11, 12] невибіркової дії. На інших видах рослин встановлено, що більш ефективною є деконтамінація вітчизняним препаратом Бланідас 300 (натрієва сіль дихлорізоціанурової кислоти – 80,52 %). Порівняно із гіпохлоритами окрім збільшення відсотка вільних від контамінантів первинних експлантів збільшується кількість експлантів, які не загинули від опіків стерилізуючою речовиною [12, 13, 17, 18, 19].

Стосовно ендогенного забруднення, залежно від природи забруднювальної біоти, застосовують біоциди (РРМ [13, 17]), антибіотики і/або фунгіциди [4, 20].

Потомство окремих експлантів називають лініями *in vitro*. Вільні від контамінантів за результатами ПЛР лінії перевіряють на генетичну константність і залучають в мікроклональне розмноження [22].

Умови культивування материнських донорних рослин впливають на морфогенез та контамінування первинних експлантів. У разі застосування антисептика гіпохлориту натрію у весняний період за природнього пробудження порівняно ефективність деконтамінації (E<sub>1</sub>) та кількість морфогенних експлантів (E<sub>м</sub>) мигдалю, ізольованих з материнських рослин, які росли: у відкритому ґрунті (контроль) та депозитарії (табл. 4).

Таблиця 3 – Вплив деконтамінанта на виділення первинними експлантами фенолоподібного ексудату, %

Сорт/деконтамінант	Гіпохлорит натрію (контроль)	Бланідас 300	Етанол	Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	РРМ
Е5 Борозан	6	2	10	4	3
М41 Алекс	1	0	4	1	1
Джорджия	0	0	6	0	2
Луїза	0	0	3	0	1

Таблиця 4 – Вплив підготовки донорів на ефективність деконтамінації ( $E_1$ ) та кількість морфогенних первинних експлантів ( $E_m$ ) мигдалю, %

Сорт / умови вирощування маточних рослин	відкритий ґрунт		депозитарій	
	$E_1$	$E_m$	$E_1$	$E_m$
Е5 Борозан	68	51	91	73
М41 Алекс	70	49	87	70
Джорджия	56	32	77	64
Луїза	59	35	81	69

Підготовка донорів первинних експлантів підвищила як ефективність деконтамінації ( $E_1$ ) так і збільшила кількість експлантів, які були живими й морфогенними. Залежно від сорту вільних від контамінантів в депозитарії було 81–91 % за 59–70 % на контролі. Морфогенних і водночас без ознак контамінування виявлено від 69 % серед експлантів сорту Луїза і до 73 % сорту Е5 Борозан за 35 і 51 % відповідно на контролі.

Серед експлантів, які були морфогенними але містили контамінуючу мікрофлору, переважало ендогенне контамінування. В місцях зрізу пагонової частини живців виділявся білий мутний ексудат. Для того щоб переконатися він є мікробіологічного походження, а не продуктами метаболізму рослинних тканин, частину виділення відібрали і перенесли на свіже стерильне середовище. Через 3–5 діб відмічали розростання посіву із ознаками наявності бактеріального контамінування.

В наступних дослідах донори експлантів вирощували лише в депозитарії.

За показниками  $E_1$  та  $E_m$  порівняно різні типи експлантів: живець що являв собою частину зеленого пагона, брунька, пагін проростка, меристема (табл. 5). Серед порівнюваних варіантів найвища ефективність деконтаміна-

ції (понад 90 %) встановлена у варіантах з використанням як первинних експлантів пагона проростка ядра та меристем. Однак у разі використання проростків втрачається генетична константність сорту.

Застосування меристем порівняно з іншими варіантами поступалося за кількістю морфогенних експлантів: від 8 до 17 % за 81–91 % на контролі (пагонові живці). Проте застосування меристем як первинних експлантів може бути вимушеним і єдиним видом експлантів, якщо за результатами діагностики материнські донорні рослини *in vivo* містять патогенну мікробіоту (віроїди, віруси, бактерії та ін.).

В разі не виявлення збудників серед порівнюваних варіантів первинних експлантів для прямого морфогенезу є бруньки. Вони переважали контроль за ефективністю деконтамінації, хоча й поступалися цьому варіанту за кількістю морфогенних експлантів. Зменшення кількості таких експлантів (бруньок) і особливо меристем пов'язано із закономірністю що із зменшенням розміру експланту зменшується відсоток морфогенних. Водночас менші за розмірами експланти містять менше як контамінантів так і патогенної мікробіоти.

Для подальших досліджень обрали варіант первинних експлантів – брунька.

Таблиця 5 – Ефективність деконтамінації ( $E_1$ ) та кількість морфогенних експлантів ( $E_m$ ) мигдалю залежно від виду експланта, %

Сорт / тип експланта	пагоновий живець (контроль)		брунька		пагін проростка		меристема	
	$E_1$	$E_m$	$E_1$	$E_m$	$E_1$	$E_m$	$E_1$	$E_m$
Е5 Борозан	91	73	94	69	97	79	98	17
М41 Алекс	87	70	91	54	93	77	95	11
Джорджия	77	64	83	51	90	83	96	8
Луїза	81	69	86	47	92	80	91	8

За результатами досліджень також встановлено вплив часу ізоляції первинних експлантів (табл. 6). Особливості взаємодії рослини і оточуючої її мікробіоти в різні пори року різні. Це проявилось в особливостях контамінування цими об'єктами первинних експлантів і відповідно успіху деконтамінації ( $E_1$ ) і появі мікробіологічного забруднення на живильному середовищі.

Найбільша ефективність деконтамінації (83–93 %) та кращий показник морфогенності первинних експлантів ( $E_m$ ) був на варіанті, що передбачав вичленення бруньок весною під час природного пробудження маточних рослин в депозитарію. За вказаними показниками поступався варіант вичленення бруньок влітку під час другої хвилі росту. Ймовірно, навіть у відносно ізольованих умовах депозитарію зростала кількість мікробіоти, змінювалися інші параметри, які вплинули як на контамінування так і особливості метаболізму донорів брунькових експлантів.

Варіант із штучним виведенням донорів із стану спокою значно поступався контролю за всіма показниками. У випадку вичленення експлантів в стані спокою показник  $E_1$  становив залежно від сорту від 3 до 9 % за 83–93 %

на контролі. Морфогенних експлантів по усіх чотирьох сортах не виявлено.

Водночас порівняно такі деконтамінанти від екзогенного забруднення: гіпохлорит натрію, етанол, хлорид ртуті, Бланідас 300, PPM (табл. 7). Найвищі показники  $E_1$  та  $E_m$  отримано на контролі (розчин гіпохлориту натрію) та варіанті із додаванням Бланідас 300. Кількість морфогенних експлантів на останньому становила від 63 до 78 % за 47–69 % на контролі. Найнижчі показники  $E_1$  і  $E_m$  отримані за використання етанолу. Цей деконтамінант завдаючи сильних опіків тканинам первинних експлантів мав низьку ефективність очищення їх від контамінуючої мікрофлори.

На варіантах із хлоридом ртуті та PPM  $E_1$  становив від 61 до 79 % за  $E_m$  від 51 до 65 %. Попри задовільні результати в майбутньому ці речовини, як основні деконтамінанти, не застосовували: хлорид ртуті є небезпечним, як для людини так і навколишнього середовища; PPM за високої вартості має великі витрати цього препарату (розчини 35–50 %). Застосування контрольного варіанта було відхилено через те, що ця речовина є нестійкою сполукою і складно підібрати оптимальну концентрацію. В подальшому використовуємо Бланідас 300.

Таблиця 6 – Вплив часу введення ізоляції первинних експлантів на ефективність деконтамінації ( $E_1$ ) та кількість морфогенних експлантів ( $E_m$ ) мигдалю залежно від виду експланта, %

Сорт / тип експланта	Весна (контроль)		Друга хвиля росту		Штучне пробудження		Глибокий спокій	
	$E_1$	$E_m$	$E_1$	$E_m$	$E_1$	$E_m$	$E_1$	$E_m$
Е5 Борозан	93	70	78	57	11	8	4	-
М41 Алекс	91	56	74	41	13	6	7	-
Джорджия	83	51	65	40	8	9	3	-
Луїза	84	47	63	42	6	4	9	-

Таблиця 7 – Вплив деконтамінанта на ефективність звільнення від контамінантів ( $E_1$ ) та кількість морфогенних експлантів ( $E_m$ ) мигдалю солодкого, %

Сорт/деконтамінант	Гіпохлорит натрію (контроль)		Бланідас 300		Етанол		Hg Cl <sub>2</sub>		PPM	
	$E_1$	$E_m$	$E_1$	$E_m$	$E_1$	$E_m$	$E_1$	$E_m$	$E_1$	$E_m$
Е5 Борозан	91	69	93	78	16	4	76	57	79	65
М41 Алекс	92	57	93	77	11	2	77	53	77	64
Джорджия	84	51	90	63	7	3	61	56	81	63
Луїза	82	47	88	65	8	1	75	51	76	51



В первинних експлантах в різних кількостях можуть бути окрім екзогенних і ендогенні мікроорганізми, які навіть не завдаючи суттєвої шкоди рослинним клітинам потрапляючи на штучне живильне середовище призводять до його непридатності, зокрема токсичності [11–13]. Складність контролювання ендогенної контамінуючої мікрофлори полягає у великій кількості її видів різних родин, царств та водночас вибіркової дії речовин, які використовують в захисті від цих організмів. Наприклад, хлорамфенікол, який ефективний від бактерій на хості, виявився неефективним за деконтамінації первинних експлантів агантусу [13, 20, 21]. Випробовано ефективність на фоні Бланідас 300 додаткових деконтамінантів (табл. 8). Системний фунгіцид Превікур Енерджі 840 sl в.р.к. використовували для замочування первинних експлантів перед обробкою основним деконтамінантом, а решту (гентаміцину сульфат – 160 мг/л, хлорамфенікол – 250 мг/л, стрептоміцин – 125 мг/л, РРМ – 2,5 мл/л, нітрат срібла – 3 мг/л) додавали в живильне середовище.

Встановили, що показник  $E_1$  суттєво зріс за застосування лише одного антибіотика – стрептоміцину, із 87 (сорт Луїза) і 93 % (сорт М41 Алекс), на контролі до 95 (сорт Луїза) і 98 % (сорт М41 Алекс). Однак відмічено зниження кількості морфогенних експлантів із 64–77 % на контролі до 54–63 % на варіанті із стрептоміцином.

На усіх варіантах із антибіотиками відмічено суттєве зниження показника  $E_m$ . Найбільше пригнічення морфогенності первинних експлантів було на варіанті із хлорамфеніколом. Вважаємо це пов'язано з поширеною дією низки антибіотиків, зокрема конкурентним інгібуванням ферментів і/або інгібуванням синтезу білка [8, 23].

Біоцид РРМ за вказаним показником був подібним до контролю:  $E_m$  становило 68–72 %

за 64–77 % на контролі. Фунгіцид Превікур Енерджі 840 sl в.р.к. попри те що суттєво не вплинув на  $E_1$  (90–95 % за 87–91 на контролі) значно підвищив  $E_m$ . Кількість морфогенних експлантів становила залежно від сорту 84–89 % за 64–77 % на контролі.

**Отримання первинних експлантів непрямим морфогенезом через калюсну культуру.** Калюсні культури перспективні як напрям, що є зручним для маніпуляцій, як способом трансгенезу, соматичної гібридизації так і для глибокого дедиференційовання *in vitro* рослинного матеріалу ботанічних видів, в котрих на перших етапах мікроклонального розмноження прямий морфогенез в первинних експлантах є проблематичним. Припускаємо, що глибока дедиференціація в калюсній культурі є одним із основних чинників дерепресування ювенільних генів [4, 13, 24].

Спонтанне калусоутворення, однак із ознаками вітрифікації, отримано за введення в асептичні умови на живильному середовищі за прописом Мурасіге і Скуга. Калюси (5–8 %) на цьому середовищі в первинних експлантах утворювалися за додавання цитокиніну БАП (1,0 мг/л) та ауксину індолілмасляної кислоти (1,0 мг/л). Кількість таких експлантів зростала за постійного (три і більше пасажувань) вирощування на цьому середовищі. Проте калюси були щільними і не морфогенними, їх поверхні змінювали колір із інтенсивно зеленого до коричневого і в наступних пасажах гинули. Порівняно із іншими середовищами (QL, DKW, NAM, NRM) MS має високий уміст мінеральних елементів, особливо солей нітрогену.

Оскільки середовище MS, ймовірно, в попередніх дослідженнях через високий уміст мінеральних компонентів проявляло фітотоксичний вплив (вітрифікація, фенолоутворення, розетковість), то подальші дослідження проводили на середовищі NAM.

Таблиця 8 – Вплив додаткового деконтамінанта на ефективність деконтамінації ( $E_1$ ) та кількість морфогенних експлантів ( $E_m$ ) мигдалю, %

Деконтамінант	К		ПЕ		ГС		Хф		Ст		PPM		AgNO <sub>3</sub>	
	$E_1$	$E_m$	$E_1$	$E_m$	$E_1$	$E_m$	$E_1$	$E_m$	$E_1$	$E_m$	$E_1$	$E_m$	$E_1$	$E_m$
Е5 Борозан	91	77	95	89	93	26	90	15	96	63	95	72	92	49
М41 Алекс	93	77	92	84	92	29	93	13	98	61	98	76	90	44
Джорджия	91	64	92	84	89	21	90	11	96	54	94	69	92	43
Луїза	87	67	90	87	91	18	86	12	95	58	91	68	90	48

\*Примітка: скороченням відповідає: “К” – контроль; РРМ – Plant Preservative Mixture; “ГС” – гентаміцину сульфат; “ПЕ” – Превікур Енерджі 840 sl в.р.к.; Хф – хлорамфенікол; Ст – стрептоміцин.

Кількість первинних експлантів із ознаками калусоутворення зростала зі збільшенням як цитокінінів, ауксинів окремо та і їх комбінацій (табл. 9). Збільшення умісту як окремо цитокініну бензиламінопурину (5,0 мг/л) або ауксину індолілмасляна кислота (5,0 мг/л), так і їх комбінація (БАП 5,0 мг/л ІМК 5,0 мг/л) стимулювало як кількісно так і якісно на калусогенез. На варіанті із БАП 5,0 мг/л і ІМК 1,0 мг/л кількість експлантів із калусами в розрізі сортів становила всього ( $\Sigma_{\text{всього}}$ ) 24–39 %, із них морфогенні 7–12 %. Зі збільшенням умісту ІМК до 5,0 мг/л за відповідної кількості БАП зростає відсоток загальної кількості первинних експлантів із калусами, однак відсоток морфогенних калусів знизився до 4–11 %. За великої кількості ІМК та 1,0 мг/л БАП  $\Sigma_{\text{всього}}$  становило 22–27 % за 1–5 % морфогенних ( $\Sigma_{\text{морф}}$ ).

Для збільшення кількості морфогенних калусів проведено підбір речовин з цитокініновою активністю (табл. 10) на фоні ауксину ІМК в кількості 1,0 мг/л.

Кінетин 5,0 мг/л, порівняно з БАП 5,0 мг/л, індукував в більшій кількості первинних експлантів калусоутворення (41–46 % проти 23–38 %), з них також була більша кількість мор-

фогенних калусів, від 33 до 41 % за 7–13 % на варіанті із 5,0 мг/л БАП. Ймовірно, такі концентрації БАП є фітотоксичними, тимчасом кінетин проявляє меншу фітотоксичність навіть за високих концентрацій [13, 22, 25]. Неоднаковий вплив синтетичних аналогів гормонів одного й того ж класу на морфогенез пов'язаний із багатовекторністю дії природних гормонів. Це зокрема стосується й цитокінінів, їх різнобічний вплив проявляється завдяки здатності перебувати та діяти в різних формах.

Найбільша загальна кількість експлантів із калусами була на варіанті БАП 1,0 мг/л разом із 4,0 мг/л кінетину – від 49 до 69 %. Проте цей варіант поступався за кількістю морфогенних калусів – 21–33 %.

Деяко нижчу загальну кількість калусів отримано у разі застосування комбінації з трьох речовин: 31–41 % та від 28 до 38 %. Тобто загалом кількість калусів була середньою по досліді, але серед цих калусів найбільший відсоток морфогенних. Калуси на цьому варіанті відрізнялися як за кольором (порівняно світліші) так і щільністю – найбільш пухкі серед інших варіантів.

Таблиця 9 – Вплив концентрацій бензиламінопурину та індолілоцтової кислоти на калусогенез в первинних експлантів на живильному середовищі NAM, %

Сорт/кількість гормону, мг/л	БАП 1,0; ІМК 1,0		БАП 5,0; ІМК 1,0		БАП 1,0; ІМК 5,0		БАП 5,0; ІМК 5,0	
	* $\Sigma_{\text{всього}}$	$\Sigma_{\text{морф}}$	$\Sigma_{\text{всього}}$	$\Sigma_{\text{морф}}$	$\Sigma_{\text{всього}}$	$\Sigma_{\text{морф}}$	$\Sigma_{\text{всього}}$	$\Sigma_{\text{морф}}$
Е5 Борозан	0	0	27	11	23	3	49	9
М41 Алекс	0	0	24	7	22	3	63	5
Джорджия	0	0	31	9	24	1	66	4
Луїза	1	0	39	12	27	5	71	11

\*Примітка: скороченням “ $\Sigma_{\text{всього}}$ ” та  $\Sigma_{\text{морф}}$ ” відповідає кількість калусів всього та морфогенних у відсотках.

Таблиця 10 – Вплив концентрацій речовин із цитокініновою активністю на калусогенез в первинних експлантів на живильному середовищі NAM, %

Сорт/кількість речовини, мг/л	БАП 5,0		БАП 1,0 К 4,0		К 5,0		БАП 1,0 + К 2,0 АС 2,0	
	* $\Sigma_{\text{всього}}$	$\Sigma_{\text{морф}}$	$\Sigma_{\text{всього}}$	$\Sigma_{\text{морф}}$	$\Sigma_{\text{всього}}$	$\Sigma_{\text{морф}}$	$\Sigma_{\text{всього}}$	$\Sigma_{\text{морф}}$
Е5 Борозан	26	13	51	29	44	33	38	36
М41 Алекс	23	7	44	33	41	37	31	28
Джорджия	33	10	49	21	46	36	33	30
Луїза	38	12	69	27	48	41	41	38

\*Примітка: скороченням “ $\Sigma_{\text{всього}}$ ” та  $\Sigma_{\text{морф}}$ ” відповідає кількість калусів всього та морфогенних у відсотках; К – кінетин; АС – аденін сульфат.

Вважаємо, що причинами високої морфогенності такої комбінації є різні форми біологічно активних речовин аналогів природного цитокініну. Також аденін є вихідною речовиною для синтезу природного фітогормону. Рослинний організм в такому випадку синтезує саме ту кількість, яка йому необхідна і не є у фітоксичних кількостях [4, 13, 26]. Для збільшення ефективності морфогенезу калюсних культур дедиференційовану клітинну масу відокремлювали від первинних експлантів і розмножували з додаванням БАП 1,0 мг/л + кінетину 2,0 мг/л, аденін сульфату 2,0 мг/л.

За досягнення необхідної кількості калюсів їх перенесли на середовище із 1,0 мг/л кінетину, 1,0 мг/л аденін сульфату, 0,1 мг/л індолілмасляної кислоти та гібереліном з різними варіантами концентрацій (табл. 11). Кількість гібереліну (у формі гіберелової кислоти ГК<sub>3</sub>) впливала на морфогенність як в першому так і другому пасажі. Порівняно з безгібереліновим контролем, за першого пасажу варіанти 1,0; 1,5; 2,0 мг/л за кількістю калюсів в яких розпочалося закладання органів (візуально було видно формування розеток з листових пластинок) обумовлювали зростання цього показника із 29–39 до 73–84 %. Додавання ГК в кількості 0,5 мг/л за впливом на морфогенез не відрізнялося від контролю.

експлантів, які виділяли фенолоподібні речовини. Підібрані експланти із фенолоподібним ексудатом були на середовищах NAM та NRM, в яких є порівняно низький уміст нітрогену як у амонійній, так і нітратній формах, а середовище DKW містить найбільшу кількість сульфур.

Оскільки високий уміст нітрогену збільшує проникність мембран та вивільнення фенолоподібних речовин, що спричинили пролонговане підкислення середовища, то відповідно й збільшення проникності цитоплазматичних мембран та оболонки.

Також варто зазначити, що виділення фенолоподібного ексудату залежало від біологічних особливостей сортів мигдалю, а найбільше первинних експлантів було у високорослого сорту Е5 Борозан та найменше його в сорту Луїза із середньою інтенсивністю росту біометричних показників.

Залежно від сорту вільних від контамінантів в депозитарії було 81–91 % за 59–70 % на контролі, але без ознак контамінування виявлено їх 69 % серед експлантів сорту Луїза і до 73 % сорту Е5 Борозан за 35 і 51 % відповідно на контролі. Найбільша ефективність деконтамінації (83–93 %) та кращий показник морфогенності первинних експлантів ( $E_m$ ) був на варіанті, що передбачав вичленення бруньок

Таблиця 11 – Вплив концентрацій гібереліну на морфогенез в калюсів мигдалю, %

Сорт	контроль		ГК 0,5 мг/л		ГК 1,0 мг/л		ГК 1,5 мг/л		ГК 2,0 мг/л	
	$\Sigma_1$	$\Sigma_2$	$\Sigma_1$	$\Sigma_2$	$\Sigma_1$	$\Sigma_2$	$\Sigma_1$	$\Sigma_2$	$\Sigma_1$	$\Sigma_2$
Е5 Борозан	35	11	38	41	78	82	79	78	74	12
М41 Алекс	29	25	30	42	73	85	84	82	36	16
Джорджия	30	14	28	45	75	89	74	79	39	13
Луїза	39	19	37	41	81	94	78	86	48	18

\*Примітка: скороченням “ $\Sigma_1$  та  $\Sigma_2$ ” відповідає кількість морфогенних калюсів перший паж та другий паж у відсотках; ГК – гіберелова кислота.

За першого пасажу відмінність між варіантами з концентраціями 1,0; 1,5 та 2,0 мг/л була в межах похибки. За другого пасажу виявлено фітотоксичний вплив концентрації в 2,0 мг/л. Це проявлялося в зміні зеленого на біло-жовтий колір та втратою води як недиференційованими тканинами так і органами які почали формуватися. Варіанти 1,5 і 2,0 мг/л як за першого так і другого пасажів між собою не відрізнялися.

**Висновок.** Згідно з проведеними дослідженнями встановили, що підготовка дононів експлантів зменшує кількість первинних

навесні під час природного пробудження маточних рослин в депозитарію. Гірші результати були у варіанті за вичленення бруньок влітку під час другої хвилі росту, що спричинено, ймовірно, певною кількістю мікробіоти та особливістю метаболізму дононів брунькових експлантів.

Крім цього, найбільша кількість експлантів із калюсами була на варіанті БАП 1,0 мг/л разом із 4,0 мг/л кінетину: від 49 до 69 %, він поступався за кількістю морфогенних калюсів та становив лише 21–33 %. Деяко нижчу кількість калюсів отримано у разі застосуван-

ня комбінації з трьох речовин: 31–41 % та від 28 до 38 %, тобто загалом кількість калюсів була середньою по досліді, але серед підібраних калюсів найбільший відсоток становили морфогенні. Калюси на цьому варіанті відрізнялися як за кольором (порівняно світліші) так і щільністю – найбільш пухкі серед інших варіантів.

Удосконалено елементи технології МКР мигдалю на першому етапі технологічного процесу.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. На півдні України з'являються сади мигдалю української селекції. URL: <https://kurkul.com/news/22365-na-pivdni-ukrayini-zyavlyatsya-sadi-migdalyu-ukrayinskoji-seleksiiji>.

2. Науково-практичний семінар «Коли цвітуть мигдалеві сади. Реалії та перспективи розвитку промислових мигдалевих садів в Україні». URL: <https://osau.edu.ua/naukovo-praktychnyj-seminarkoly-tsvitut-mygdalevi-sady-realiyi-ta-perspektyvuzrozvytku-promyslovyh-mygdalevyh-sadiv-v-ukrayini/>.

3. Філіпова Л., Мацкевич В. Утворення регенерантних фенолоподібних речовин під час перших субкультивувань залежно від умов та виду рослин. Вісник Львівського національного аграрного університету. Агронімія. 2013. № 17(2). С. 233–239.

4. Терек О.І., Пацула О.І. Ріст і розвиток рослин: навч. посібник. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. 328 с.

5. Ainsley P.J., Collins G.G., Sedgley M. Adventitious shoot regeneration from leaf explants of almond (*Prunus dulcis* Mill.). *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*. 2000. 36(6). P. 470–474.

6. Parfitt D.E., Almehdi A.A. *In vitro* propagation of peach: II. A medium for *in vitro* multiplication of 56 peach cultivars. *Fruit Var J*. 1986. 40(2). P. 46–47.

7. Antonelli M. Regeneration from almond cotyledons: induction of proembryonal masses. *in vitro*. *Culture*, XXIII ІНС 300. 1990. P. 255–260.

8. Мацкевич В.В., Філіпова Л.М., Олешко О.Г. Фізіологія і біотехнологія рослин. БНАУ. 2022. 602 с.

9. Mehra A., Mehra P.N. Organogenesis and plantlet formation *in vitro* in almond. *Botanical Gazette*. 135(1). 1974. P. 61–73. URL: <http://www.jstor.org/stable/2473987>.

10. Мацкевич В.В., Кімейчук І.В., Мацкевич О.В., Шита О.П. Світовий досвід, перспективи в Україні розмноження фундука та мигдалю. «Агробіологія», 2022. № 1. С. 179–191.

11. Кушнір Г.П., Сарнацька В.В. Мікроклональне розмноження рослин. Теорія та практика. Київ: Наук. думка, 2005. 270 с.

12. Подгаєцький А.А., Мацкевич В.В., Подгаєцький А.А. Особливості мікроклонального розмноження видів рослин: монографія. Біла Церква: Білоцерківський національний аграрний університет, 2018. 209 с.

13. Мацкевич В.В. Мікроклональне розмноження видів рослин *in vitro* та їх постасептична адаптація: дис... д-ра с.-г. наук: 06.01.05. Суми, 2020. 478 с.

14. Регулятор росту рослин ГІББ ПЛЮС (GIBB PLUS) (ГЛОБАЛІХЕМ Н.В.). URL: <https://superagronom.com/pesticidi-regulatori-rostu/gibb-plus-gibb-plus-id9185>.

15. Peculiarities of determining the morphogenesis of plants *Corylus avellana* L. and *Prunus dulcis* (Mill.) D.A.Webb. *in vitro* culture / V. Matskevych et al. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*. 2023. Vol. 65(1). P. 1–14.

16. Maduro M.F. Cell fate specification in the *C. Elegans* embryo. *Developmental Dynamics*. 2010. 239(5). P. 1315–1329. DOI: 10.1002/dvdy.22233.

17. Подгаєцький А.А., Мацкевич В.В., Врублевський О.Т. Використання біоциду РРМ як додаткового деконтамінанта в процесі мікроклонального розмноження рослинних об'єктів. Вісник Сумського національного аграрного університету. Агронімія і біологія. Суми: СНАУ, 2016. Вип. 9(32). С. 159–163.

18. Filipova L., Matskevych V. Improvement of the elements of technology of micropropagation *Cornus mas* L. Агробіологія: збірник наук. праць. Біла Церква: БНАУ, 2017. № 2 (135). С. 11–16.

19. Інструкція щодо використання засобу дезінфікуючого «Бланідас 300 (Blanidas 300)» з метою дезінфекції об'єктів. Київ, 2017. URL: <https://lysoform.shop/wp-content/uploads/2020/07/instrukciya-blanidas-300-blanidas-300-1.pdf>.

20. Стадник А.П., Філіпова Л.М., Мацкевич В.В. Екологічні особливості трофічної та гормональної детермінації ризогенезу *in vitro* регенерантів хости. Агроекологічний журнал. Київ: Ін-т агроєкології та біотехнології, Ін-т сіл. госп. мікробіології, 2014. № 3. С. 75–80.

21. Стадник А.П., Мацкевич В.В., Філіпова Л.М., Пасічник Т.В. Деконтамінація та первинне культивування експлантів *Agapanthus* sp. Агроекологічний журнал. 2015. № 2. С. 106–112. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrog\\_2015\\_2\\_21](http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrog_2015_2_21).

22. Мацкевич В.В. Удосконалені методи оздоровлення картоплі від вірусів та використання отриманого матеріалу в первинному насінництві: дис... канд. с.-г. наук: 06.01.14. Київ, 2004. 153 с.

23. Plant Cell and Tissue Culture Phytopathology Biochemicals. URL: [http://brochure.duchefa-biochemie.com/Duchefa\\_catalogus\\_2010\\_2012/docs/Duchefa\\_catalogus\\_2010\\_2012.pdf](http://brochure.duchefa-biochemie.com/Duchefa_catalogus_2010_2012/docs/Duchefa_catalogus_2010_2012.pdf).

24. Геніміка: навч. посіб. / В.М. Попов та ін. Харків: ХНАУ, 2020. 104 с.

25. Трофічні та гормональні детермінанти онтогенезу *Actinidia chinensis* var. *deliciosa* (a.Chev.) *in vitro* на етапі мультиплікації / А.А. Подгаєцький та ін. *East European Scientific Journal*. 2020. Vol. 10(62). P. 1. С. 17–24.

26. Веденичова Н.П., Косаківська І.В. Цитокиніни як регулятори онтогенезу рослин за різних умов зростання. Київ: Наш формат, 2017. 200 с.



## REFERENCES

1. Na pıvdni Ukrainy zıavliatsia sady myhdaliu ukrainskoi selektsii [The agroclimatic zones of Ukraine have shifted significantly to the north]. Available at: <https://kurkul.com/news/22365-na-pıvdni-ukrayini-zyavlyatsya-sadi-mıgdalyu-ukrayinskoyi-selektsiyi>.
2. Naukovo-praktychnyi seminar «Koly tsvıtut myhdalevi sady. Realii ta perspektyvy rozvytku promyslovykh myhdalevykh sadıv v Ukraini» [Scientific and practical seminar «When the almond orchards bloom. Realities and prospects for the development of industrial almond orchards in Ukraine»]. Available at: <https://osau.edu.ua/naukovo-praktychnyj-seminar-koly-tsvıtut-mygdalevi-sady-realiyi-ta-perspektyvy-rozvytku-promyslovykh-mygdalevykh-sadiv-v-ukrayini/>
3. Filipova, L., Mackevych, V. (2013). Utvorenja regenerantamy fenolpodıbnyh rehovyn pid chas pershyh subkul'tyvuvan' zalezno vid umov ta vydu roslyn [The formation of phenol-like substances by regenerants during the first subcultivations depending on the conditions and type of plants]. *Visnyk Lviv's'ko go nacional'nogo agrarnogo universytetu. Agronomija* [Bulletin of the Lviv National Agrarian University. Agronomy]. no. 17(2), pp. 233–239.
4. Terek, O.I., Patsula, O.I. (2011). Rist i rozvytok roslyn: navch. posıbnyk [Growth and development of plants]. Lviv, LNU named after Ivan Franko, 328 p.
5. Ainsley, P.J., Collins, G.G., Sedgley, M. (2000). Adventitious shoot regeneration from leaf explants of almond (*Prunus dulcis* Mill.). *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*. no. 36(6), pp. 470–474.
6. Parfitt, D.E., Almehdi, A.A. (1986). *In vitro* propagation of peach: II. A medium for *in vitro* multiplication of 56 peach cultivars. *Fruit Var J*. no. 40(2), pp. 46–47.
7. Antonelli, M. (1990). Regeneration from almond cotyledons: induction of proembryonal masses. *in vitro* Culture, XXIII IHC 300. pp. 255–260.
8. Matskevych, V.V., Filipova, L.M., Oleshko, O.H. (2022). Fiziologhiia i biotekhnologhiia roslyn [Physiology and biotechnology of plants]. BNAU, 602 p.
9. Mehra, A., Mehra, P.N. (1974). Organogenesis and plantlet formation *in vitro* in almond. *Botanical Gazette*. no. 135(1), pp. 61–73. Available at: <http://www.jstor.org/stable/2473987>.
10. Matskevich, V., Kimeichuk, I., Matskevich, O., Shita, O. (2022). World experience, prospects of hazelnut and almond breeding in Ukraine. *Agrobiologia*. no. 1, pp. 179–191.
11. Kushnir, H.P., Sarnatska, V.V. (2005). Mikroklonalne rozmnozhenia roslyn [Microclonal propagation of plants]. *Teoriia ta praktyka* [Theory and practice]. Kyiv, Scientific thought, 270 p.
12. Podhaietskyi, A.A., Matskevych, V.V., Podhaietskyi, A.A. (2018). Osoblyvosti mikroklonalnoho rozmnozhenia vydiv roslyn: monohrafiia [Peculiarities of microclonal reproduction of plant species]. Bila Tserkva, Bila Tserkva National Agrarian University, 209 p.
13. Matskevych, V.V. (2020). Mikroklonalne rozmnozhenia vydiv roslyn *in vitro* ta yikh postaseptychna adaptatsiia: dys... d-ra s.-h. nauk: 06.01.05 [Microclonal propagation of plant species *in vitro* and their postaseptic adaptation: diss. Dr. of Agricultural Sciences: 06.01.05]. Sumy, 478 p.
14. Plant growth regulator GIBB PLUS (GLOBALKHEM N.V.). Available at: <https://superagronom.com/pesticidi-regulyatori-rostu/gibb-plyus-gibb-plus-id9185>.
15. Matskevych, V., Yukhnovskyi, V., Kimeichuk, I., Matskevych, O., Shyta, O. (2023). Peculiarities of determining the morphogenesis of plants *Corylus avellana* L. and *Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb. *in vitro* culture. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*. Vol. 65(1), pp. 1–14.
16. Maduro, M.F. (2010). Cell fate specification in the *C. Elegans* embryo. *Developmental Dynamics*. no. 239 (5), pp. 1315–1329. DOI: 10.1002/dvdy.22233.
17. Podhaietskyi, A.A., Matskevych, V.V., Vrublevskyi, O.T. (2016). Vykorystannia biotsydu RRM yak dodatkovoho dekontaminanta v protsesi mikroklonalnoho rozmnozhenia roslynnykh ob'ektiv [The use of PPM biocide as an additional decontaminant in the process of microclonal propagation of plant objects]. *Visnyk Sums'koho natsionalnoho ahrarnogo universytetu. Ahronomiia i biologhiia* [Bulletin of Sumy National Agrarian University. Agronomy and biology]. Sumy, SNAU, Vol. 9 (32), pp. 159–163.
18. Filipova, L., Matskevych V. (2017). Improvement of the elements of technology of micropropagation *Cornus mas* L. *Ahrobiologhiia: zb-k nauk. prats* [Agrobiology: College of Sciences works]. Bila Tserkva, BNAU, no. 2(135), pp. 11–16.
19. Instructions for using the disinfectant "Blandidas 300" as a sweep to disinfect objects. Kyiv, 2017. Available at: <https://lysoform.ua/products/blandidas-300-tabletki-300sht/>.
20. Stadnyk, A.P., Filipova, L.M., Matskevych, V.V. (2014). Ekologichni osoblyvosti trofichnoi ta hormonalnoi detyrynatsii ryzohenezu *in vitro* renerantiv khosty [Ecological features of trophic and hormonal determination of rhizogenesis *in vitro* of hosta regenerants.]. *Ahroekologichni zhurnal* [Agroecological journal]. Kyiv, Institute of Agroecology and Biotechnology. Institute of Villages household Microbiology, no. 3, pp. 75–80.
21. Stadnyk, A.P., Matskevych, V.V., Filipova, L.M., Pasichnyk, T.V. (2015). Decontamination and primary cultivation of explants of *Agapanthus* sp. *Agroecological journal*. no. 2, pp. 106–112. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrog\\_2015\\_2\\_21](http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrog_2015_2_21).
22. Matskevych, V.V. (2004). Udoskonaleni metody ozdorovlennia kartopli vid virusiv ta vykorystannia otrymanoho materialu v pervynnomu nasınyntstvi: dys. kand. s.-g. nauk: 06.01.14 [Improved methods of curing potatoes from viruses and using the obtained material in primary seeding: Diss. Ph.D. of Agricultural Science: 06.01.14]. Kyiv, 153 p.
23. Plant Cell and Tissue Culture Phytopathology Biochemicals. Available at: [http://brochure.duchefa-biochemie.com/Duchefa\\_catalogus\\_2010\\_2012/docs/Duchefa\\_catalogus\\_2010\\_2012.pdf](http://brochure.duchefa-biochemie.com/Duchefa_catalogus_2010_2012/docs/Duchefa_catalogus_2010_2012.pdf).
24. Popov, V.M., Dolhova, T.A., Lymanska, S.V. (2020). Henomika: navch. posıb. [Genomics]. Kharkiv, HNAU, 104 p.

25. Podhaietskyi, A.A., Matskevych, V.V., Filipova, L.M., Skrypchenko, N.V., Kravchenko, N.V. (2020). Trofichni ta gormonal'ni determinanty ontogenezu *Actinidia chinensis* var. *deliciosa* (a.Chev.) *in vitro* na etapi mul'typlikacii' [Trophic and hormonal determinants of the ontogenesis of *Actinidia chinensis* var. *deliciosa* (a.Chev.) *in vitro* at the stage of multiplication]. East European Scientific Journal. Vol. 10(62), part 1, pp 17–24.

26. Vedenychova, N.P., Kosakivska, I.V. (2017). Tsytokininy yak rehulatory ontogenezu roslyn za ryznykh umov zrostannia [Cytokinins as regulators of plant ontogenesis under different growth conditions]. Kyiv, Our format. 200 p.

### Features of obtaining an aseptic culture of *Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb.

Shyta O.

The purpose of the presented article is to establish the features of obtaining an aseptic culture of regenerants of *Prunus dulcis* *in vitro*. Since the impact of climate change is becoming increasingly large-scale in Ukraine, one of the urgent problems that hinders humanity, both in terms of agro-ecology and food, is the need to diversify traditional agriculture. Mydal is one of the valuable promising nut crops in Ukraine, thanks to which it is possible to diversify the climatic risks listed above. The varieties of domestic selection were taken for experiments, since foreign selection with low winter resistance and a long growing season are not suitable for our zone. Four intensive new varieties of almonds E5 Borozan, M41 Alex, Georgia, Louise, which were bred by breeder V.M. Babanskyi and entered into the State Register of Plant Varieties, and allowed in Ukraine for cultivation. One of the reliable methods of reproduction is microclonal reproduction, with the help of which it is possible to quickly obtain high-quality, disease-free

planting material. Therefore, for the production of planting material, modern nurseries are switching to biotechnological methods. It was established that the preparation of explant donors reduces the number of primary explants that released phenolic substances. In addition to the preparation of donors, nutrients, which were present in different amounts in nutrient media with different composition, had a significant impact. The fewest explants with phenol-like exudate were on NAM and NRM media. Common to these two environments is a relatively low content of nitrogen in both ammonium and nitrate forms, and the DKW environment contains the highest amount of sulfur.

The release of phenol-like exudate also depended on the biological characteristics of almond varieties. The highest number of primary explants was in the high-growing variety E5 Borozan, and the least in the variety Louise with medium growth intensity.

Depending on the variety, 81–91 % were free from contaminants in the depository, while 59–70 % were in control. Morphogenic and at the same time without signs of contamination were found from 69 % among the explants of the Louise variety and up to 73 % of the E5 Borozan variety, compared to 35 and 51 %, respectively, in the control.

Based on the results of the research, it was established that the influence of the time of isolation of the primary explants and the features of the interaction of the plant and its surrounding microbiota in different seasons are different. This is manifested in the features of contamination by these objects of primary explants and, accordingly, the success of decontamination (E1) and the appearance of microbiological contamination on the nutrient medium.

**Key words:** microclonal propagation, nut crops, multiplication, morphogenesis, contaminants, decontamination.



Copyright: Шита О.П. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.




ORCID iD:  
Шита О.П.

<https://orcid.org/0000-0002-6470-2744>

## АГРОНОМІЯ

УДК 633.282:631.559:620.952

## Потреба проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) в елементах живлення за вирощування на маргінальних ґрунтах Правобережного Лісостепу України

Присяжнюк О.І.<sup>1</sup>, Мусіч В.В.<sup>1</sup>, Маляренко О.А.<sup>1</sup>, Музика О.В.<sup>2</sup>,Свистунова І.В.<sup>3</sup> , Слободянюк В.В.<sup>1</sup>, Заришняк А.С.<sup>4</sup>, Сінченко В.М.<sup>1</sup><sup>1</sup> Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України<sup>2</sup> Київська спеціалізована філія Українського інституту експертизи сортів рослин<sup>3</sup> Національний університет біоресурсів і природокористування України<sup>4</sup> Національна академія аграрних наук України Присяжнюк О.І. E-mail: ollpris@gmail.com

Присяжнюк О.І., Мусіч В.В., Маляренко О.А., Музика О.В., Свистунова І.В., Слободянюк В.В., Заришняк А.С., Сінченко В.М. Потреба проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) в елементах живлення за вирощування на маргінальних ґрунтах Правобережного Лісостепу України. «Агробіологія», 2023. № 1. С. 169–177.

Prisiazhniuk O., Musich V., Maliarenko O., Muzyka O., Svystunova I., Slobodyanuk V., Zaryshniak A., Sinchenko V. Nutrient requirement of switchgrass (*Panicum virgatum* L.) cultivated on marginal land of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. «Agrobiologia», 2023. no. 1, pp. 169–177.

Рукопис отримано: 06.05.2023 р.

Прийнято: 21.05.2023 р.

Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-179-1-169-177

Метою дослідження було установити потребу проса прутоподібного в елементах живлення за вирощування на маргінальних ґрунтах Правобережного Лісостепу України. Для зменшення стресу в рослин і компенсації вивезених з урожаєм поживних речовин було застосовано такі агрозаходи: вапнування ґрунту, внесення вологоутримувального полімеру та позакореневе підживлення впродовж вегетації. Польові дослідження проводили на Уладово-Люлинській дослідно-селекційній станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН в 2019–2022 рр.

Ґрунт дослідного поля – чорнозем глибокий малогумусний вилугуваний піскуватий середньосуглинковий, який характеризується середньою забезпеченістю мінеральним азотом (нітратний – 16,4 мг/кг та амонійний – 38,7 мг/кг ґрунту). Вміст гумусу в орному шарі (0–30 см) становить 3,9 %. Забезпеченість рухомим фосфором низька (8,3 мг/кг ґрунту), а обмінним калієм підвищена (10,3 мг/кг ґрунту). Реакція ґрунтового середовища кисла (рН 5,1), а Нг – 4,2 мг.екв/100 г ґрунту (підвищена).

Встановлено, що у разі застосування досліджуваних агрозаходів, спрямованих на полегшення стресового стану рослин проса прутоподібного за вирощування на кислих маргінальних ґрунтах, а саме: вапнування ґрунтів (25 % від потреби), внесення адсорбенту МахіМагін гранульований та позакореневе підживлення, досягається висока продуктивність плантації, і як наслідок – збільшене вивезення елементів живлення з ґрунту. Загалом по досліді рослини проса прутоподібного виносили з урожаєм 57,5 кг/га азоту, 39,3 кг/га фосфору й 118,7 кг/га калію, а з відмерлою надземною та підземною біомасою в ґрунт поверталось 25,0 кг/га азоту, 17,6 кг/га фосфору й 55,8 кг/га калію. Встановлено, що застосування запропонованих агрозаходів призводить до зростання як вивезення, так і повернення поживних елементів. Зокрема, у посівах проса прутоподібного четвертого року вирощування повернення в ґрунт (у відсотках до вивезення) становило 43,6 % азоту, 44,7 % фосфору та 47,0 % калію.

**Ключові слова:** розкислення ґрунту, адсорбент, позакореневе підживлення.

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** Біоенергетичні культури вирощують по всьому світу, починаючи з початку 1990-х років, як сировину для виробництва біопалива, та складову частину відновлюваних джерел енергії [1]. Наприклад, мета заміщення 10 % викопного палива біопаливом була встановлена для Європейського Союзу до 2030 року [2] і 12 % у Сполучених Штатах до 2025 року [3]. За розрахунками експертів, поставлені цілі приведуть до зростання світового попиту на біопаливо – до 760 млн т умовного палива до 2050 року – що обумовить збільшення споживання біопалива [4].

Для задоволення попиту на біомасу вирощують багаторічні злаки, такі як міскантус і просо прутіподібне або світчграс (*Panicum virgatum* L.). Багаторічні злакові трави не потребують значної кількості води, високої родючості ґрунту, а завдяки толерантності до ґрунтових умов їх можна вирощувати на маловикористовуваних землях з бідними або деградованими ґрунтами. Це важливо, адже дозволяє продуктивним оброблюваним землям залишатися у сівозміні та бути задіяними у вирощуванні продовольчих культур [5, 6]. Також вирощування багаторічних біоенергетичних культур може збільшити секвестрацію вуглецю і, в такий спосіб, пом'якшити загальні нієвиди та їх наслідки [7–9].

Екологічні переваги біоенергетичних культур можуть бути змарновані, якщо у процесі їх вирощування вносять надлишкову кількість добрив, або ж спостерігається тривалий дефіцит поживних речовин [10]. Наслідками можуть бути вимивання азоту до водойм і збільшення викидів закису азоту ( $N_2O$ ) з ґрунту – сильного парникового газу і озоноруйнівної речовини. Або ж навпаки – деградація запасів поживних елементів в ґрунті та виснаження його природної родючості [11].

Деякі дослідження показали, що з ґрунтів, зайнятих під вирощуванням багаторічних біоенергетичних культур, виділяється удвічі більше  $N_2O$ , порівняно з традиційними культурами. Отже, лише коли буде вжито заходів щодо внесення мінімальної кількості добрив, необхідних для росту біоенергетичних культур, виробництво біомаси може досягти рівня вуглецевої нейтральності або позитивної секвестрації вуглецю [10].

Дослідження варіантів удобрення засвідчили як незначну, так і значну реакцію на внесення азоту через високу варіацію початкового вмісту азоту в ґрунті. Автори також припустили, що високі втрати N від удобрен-

ня були пов'язані з надмірними дозами й невідповідними термінами внесення добрив [12–13]. Водночас, Wullschlegel et al. [14] проаналізували дані багаторічних досліджень світчграсу в США і побудували параметричну модель врожайності для оцінки врожайності біомаси залежно від дози застосування азотних добрив, впливу опадів і температури для двох екотипів світчграсу. Ця модель пояснила лише одну третину від загальної кількості отриманих у дослідженнях даних [15].

Проблемою подібних досліджень залишається пояснення експериментальної мінливості між дослідженнями, зокрема між місцями й роками з досить різними кліматичними середньорічними нормами. Наприклад, щоб експериментально вирішити цю проблему, Laurent et al. [16] скористалися еталонною культурою, вирощеною на тих самих ділянках, що і досліджувані біоенергетичні культури, і провели непрямі порівняння врожайності різних видів, вирощених на різних ділянках. Однак, не було проведено комплексного аналізу й синтезу даних щодо врожайності біоенергетичних культур, які реагують на рівні удобрення та зміну кліматичних умов.

Отже, багаторічні злакові культури є визнаним джерелом біомаси для виробництва енергії. Однак, їх переваги можуть бути знівельовані у випадку, коли надмірне або недостатнє забезпечення макроелементами призводить до економічних і екологічних проблем. З огляду на це, питанню винесення макроелементів з урожаєм біомаси слід приділити більше уваги, адже саме від показників винесення залежать розрахунки достатнього і екологічно безпечного рівня удобрення проса прутіподібного.

**Метою дослідження** було визначення потреби рослин проса прутіподібного в елементах живлення за вирощування на маргінальних ґрунтах Правобережного Лісостепу України.

**Матеріал і методи дослідження.** Польові дослідження проводили на Уладово-Люлинецькій дослідно-селекційній станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН у 2019–2022 рр. згідно зі схемою досліду, наведеної в таблиці 1.

Площа посівної ділянки 35 м<sup>2</sup>, облікової – 25 м<sup>2</sup>; повторність – триразова. Сорт світчграсу – Морозко.

Внесення адсорбенту виконували за 2 тижні перед сівбою проса прутіподібного локально в рядки, а позакореневе підживлення рослин у фазу кушення + повторна обробка через 2 тижні.



Таблиця 1 – Схема дослід з вирощування проса прутіподібного на маргінальних ґрунтах

Розкислення ґрунту	Застосування адсорбенту	Позакореневе підживлення
Без застосування вапна	Без адсорбенту	Без підживлення
		Гумат калію (Гуміфілд) 50 г/га
		Гумат калію (Гуміфілд) 50 г/га + Антистресант Аміно-Стар, 1,0 л/га обробка рослин у фазу кущіння
	З адсорбентом (МахіМагін гранульований), 30 кг/га	Без підживлення
		Гумат калію (Гуміфілд) 50 г/га
		Гумат калію (Гуміфілд) 50 г/га + Антистресант Аміно-Стар, 1,0 л/га. обробка рослин у фазу кущіння
Вапнування ґрунтів, 25 % від потреби (1,6 т/га)	Без адсорбенту	Без підживлення
		Гумат калію (Гуміфілд) 50 г/га
		Гумат калію (Гуміфілд) 50 г/га + Антистресант Аміно-Стар, 1,0 л/га обробка рослин у фазу кущіння
	З адсорбентом (МахіМагін гранульований), 30 кг/га	Без підживлення
		Гумат калію (Гуміфілд) 50 г/га
		Гумат калію (Гуміфілд) 50 г/га + Антистресант Аміно-Стар, 1,0 л/га обробка рослин у фазу кущіння

Щодо визначення стандартної норми застосування вапна (D – норма вапна ( $\text{CaCO}_3$ ), т/га) для розкислення ґрунту проводили розрахунки за формулою:

$$D = 0,05 \times \text{Нг} \times h \times d,$$

де Нг – гідролітична кислотність, мг-екв/100 г ґрунту; h – глибина орного шару, см; d – об'ємна маса ґрунту, 1,22 г/см<sup>3</sup>.

У стандартному повному варіанті застосування потрібно внести:  $0,05 \times 4,2 \times 25 \times 1,22 = 6,40$  т/га вапна  $\text{CaCO}_3$ . Тимчасом 25 % від потреби становить 1,6 т/га вапна  $\text{CaCO}_3$ .

Ґрунт дослідного поля – чорнозем глибокий малогумусний вилугуваний піскуватий середньосуглинковий, який характеризується середньою забезпеченістю мінеральним азотом (нітратний – 16,4 мг/кг та амонійний – 38,7 мг/кг ґрунту). Вміст гумусу в орному шарі (0–30 см) становить 3,9 %. Забезпеченість рухомим фосфором низька (8,3 мг/кг ґрунту), а обмінним калієм – підвищена (10,3 мг/кг ґрунту). Реакція ґрунтового середовища кисла (рН 5,1), а Нг підвищена – 4,2 мг-екв/100 г ґрунту. Висока кислотність, попри наявність необхідних елементів живлення в ґрунті, призводить до малодоступності рослинам основних елементів живлення та низької схожості насіння. Погодні умови в роки проведення досліджень були типовими для зони нестійкого зволоження Лісо-

степу України. Спостерігалися відхилення від середньобагаторічних показників, однак це не заважало отриманню об'єктивних експериментальних даних польових досліджень.

Вміст макроелементів (азот, фосфор, калій) в рослинах визначали за допомогою атомно-абсорбційного спектрофотометра С-115 згідно з відповідними методиками й відповідно до ДСТУ [17].

Експериментальні дослідження проводили згідно з методикою польового дослідження та спеціальними методиками [18–20].

**Результати дослідження та обговорення.** Удобрення плантацій біоенергетичних культур є важливим чинником їх довготривалої й ефективної експлуатації. Хоча до завдань досліджень не входило встановлення способів та норм удобрення проса прутіподібного на маргінальних ґрунтах, ми провели оцінку виносу макроелементів рослинами з ґрунту, а також повторного надходження з опалим листям та відмерлими кореневими волосками.

Баланс елементів живлення в ґрунті досягається не лише за достатнього рівня мінерального або органічного удобрення, а також завдяки мінералізації рослинних решток. Щодо проса прутіподібного, до 30 % сформованої біомаси може втрачатись – опадати й далі мінералізуватись у ґрунті. Стосовно кореневої системи, то за високого рівня кислотності ґрунту

вона оновлюється частіше, ніж на нейтральних ґрунтах і відповідно втрачається частина підземної біомаси рослин, особливо в орному шарі ґрунту.

Проаналізуємо дані винесення макроелементів з врожаєм четвертого року проса прутоподібного (табл. 2).

Якщо проаналізувати дані таблиці 2, то, в середньому за дослід, отримували показники винесення 57,5 кг/га азоту, 39,3 кг/га фосфору і 118,7 кг/га калію, що зіставно з відповідними показниками традиційних сільськогосподарських культур.

Зважаючи на те що тип ґрунту, на якому проводили дослідження, характеризується середньою забезпеченістю мінеральним азотом, низькою рухомим фосфором та підвищеною обмінним калієм, то загалом спостерігаємо гарну картину забезпечення елементами живлення відповідно до потреб культури. Хоча, з часом експлуатації плантацій, потреба в застосуванні добрив може виникнути щодо усіх елементів живлення. Адже висока кислотність ґрунту суттєво знижує рухомість іонів фосфору та калію, а отже і їх доступність.

Що стосується впливу елементів досліду, то загалом спостерігали підтвердження закономірності – значне накопичення біомаси призводить до більшого винесення поживних речовин, у порівнянні з контрольними варіантами досліду. Тобто вважаємо, що застосування досліджуваних агрозаходів загалом не впливало істотно на накопичення біомаси та її вищий відсоток збирання. Це логічно, тому що ми не вносили в досліді різні норми азотних чи інших мінеральних добрив, здатних змінити не лише обсяги накопичуваної біомаси, а також її структурні елементи міцності, зокрема кріплення до стебла, стійкість соломини до обламування чи стійкість стебла до вилягання тощо.

Отже, застосування додаткових агрозаходів для покращення стану рослин проса прутоподібного, загалом, призводить до зростання винесення біогенних елементів, а саме: азоту – на 10,5 кг/га, фосфору – на 7,2 кг/га та калію – на 21,7 кг/га. Тому за планування удобрення плантацій проса прутоподібного слід враховувати загальний рівень винесення елементів та коригувати його, залежно від інтенсивності технології вирощування культури.

Таблиця 2 – Винесення макроелементів з врожаєм четвертого року проса прутоподібного, кг/га

Розкислення ґрунту	Застосування адсорбенту	Позакореневе підживлення	Азот	Фосфор	Калій
Без застосування вапна	Без адсорбенту	Без підживлення	52,7	36,1	108,9
		Гумат калію (Гуміфілд) 50 г/га	52,4	35,9	108,3
		Гумат калію (Гуміфілд) 50 г/га + Антистресант АміноСтар, 1,0 л/га	58,2	39,9	120,3
	З адсорбентом (МахіМагін гранульований) 30 кг/га	Без підживлення	55,5	38,0	114,6
		Гумат калію (Гуміфілд) 50 г/га	60,1	41,1	124,1
		Гумат калію (Гуміфілд) 50 г/га + Антистресант АміноСтар, 1,0 л/га	61,9	42,4	127,9
Вапнування ґрунтів, 25 % від потреби (1,6 т/га)	Без адсорбенту	Без підживлення	53,6	36,7	110,8
		Гумат калію (Гуміфілд) 50 г/га	53,6	36,7	110,8
		Гумат калію (Гуміфілд) 50 г/га + Антистресант АміноСтар, 1,0 л/га	60,1	41,1	124,1
	З адсорбентом (МахіМагін гранульований) 30 кг/га	Без підживлення	55,8	38,2	115,3
		Гумат калію (Гуміфілд) 50 г/га	62,3	42,7	128,6
		Гумат калію (Гуміфілд) 50 г/га + Антистресант АміноСтар, 1,0 л/га	63,2	43,3	130,5
НІР <sub>0,05</sub>			3,8	2,6	7,4

Отже, як зазначено вище, вивчення закономірностей повернення біогенних елементів в ґрунт є важливим питанням для досягнення ефективності вирощування світчґрасу (табл. 3).

За результатами визначення біомаси, що відмирає в процесі старіння листків проса прутноподібного під час вегетації та осипається в проміжок часу від відмирання рослин до збирання біомаси, розрахували показники повернення біогенних елементів з опалим листям.

Звичайно, що опале листя не гарантує повернення біогенних елементів власне в ґрунт, особливо це стосується азоту, мінералізація якого може відбуватися різними способами, зокрема і з виділенням аміаку. Однак потенційно оцінити такі трансформації елементів живлення досить важко, тому вважаємо, що накопичені запаси макроелементів потраплять у ґрунт і будуть повторно використані під час наступного періоду вегетації.

Таблиця 3 – Повернення біогенних елементів в ґрунт на четвертий рік вегетації проса прутноподібного, кг/га

Розкислення ґрунту	Застосування адсорбенту	Позакореневе підживлення	З опалим листям			З відмерлими кореневими волосками		
			азот	фосфор	калій	азот	фосфор	калій
Без застосування вапна	Без адсорбенту	Без підживлення	13,1	9,5	35,9	9,8	6,6	15,5
		Гумат калію (Гуміфілд) 50 г/га	12,1	8,8	33,1	10,4	7,0	16,4
		Гумат калію (Гуміфілд) 50 г/га + Антистресант АміноСтар, 1,0 л/га	15,0	10,9	40,9	11,1	7,5	17,5
	З адсорбентом (МахіМарін гранульований) 30 кг/га	Без підживлення	13,7	10,0	37,5	10,8	7,3	17,1
		Гумат калію (Гуміфілд) 50 г/га	14,8	10,8	40,5	11,6	7,8	18,3
		Гумат калію (Гуміфілд) 50 г/га + Антистресант АміноСтар, 1,0 л/га	14,4	10,5	39,5	11,9	8,0	18,8
Вапнування ґрунтів, 25 % від потреби (1,6 т/га)	Без адсорбенту	Без підживлення	13,2	9,6	36,1	10,1	6,8	15,9
		Гумат калію (Гуміфілд) 50 г/га	13,8	10,0	37,9	10,3	6,9	16,3
		Гумат калію (Гуміфілд) 50 г/га + Антистресант АміноСтар, 1,0 л/га	14,8	10,8	40,6	12,1	8,1	19,1
	З адсорбентом (МахіМарін гранульований) 30 кг/га	Без підживлення	13,2	9,6	36,2	10,8	7,3	17,1
		Гумат калію (Гуміфілд) 50 г/га	15,5	11,3	42,5	11,4	7,7	18,1
		Гумат калію (Гуміфілд) 50 г/га + Антистресант АміноСтар, 1,0 л/га	14,4	10,5	39,5	12,0	8,1	18,9
НІР <sub>0,05</sub>			2,4	2,3	8,5	2,3	2,2	9,8

Якщо проаналізувати закономірності повернення з надземною частиною врожаю макроелементів, то в середньому по досліді отримували для надземної частини 14,0 кг/га азоту, 10,2 кг/га фосфору та 38,4 кг/га калію, а застосування додаткових агротехнічних заходів загалом приводить до зростання й повернення біогенних елементів з опалим листям, а саме: азоту на 1,3 кг/га, фосфору на 1,0 кг/га та калію на 3,7 кг/га.

Що стосується аналізу повернення біогенних елементів з відмерлими кореневими волосками, то підраховували масу кореневої системи в шарі ґрунту 0–20 см на початку вегетації культури та на час її завершення. Визначення маси кореневої системи на час завершення вегетації минулого року та встановлення цього ж показника на час відновлення вегетації в поточному році дало змогу прорахувати втрати кореневої системи під час перезимівлі рослин,

а визначення маси коренів на час завершення вегетації – динаміку змін впродовж періоду активного росту й розвитку рослин. Причому, в перші два роки коренева система активно наростала, а починаючи з третього – визначено досить великий відсоток відмирання старих корневих волосків та оновлення коренів.

Загалом визначили, що в середньому по досліді отримано для підземної частини повернення в ґрунт з відмерлими кореневими волосками 11,0 кг/га азоту, 7,4 кг/га фосфору та 17 кг/га калію, а застосування додаткових агротехнічних заходів загалом приводить до зростання й повернення біогенних елементів з відмерлою кореневою системою, а саме: азоту на 2,1 кг/га, фосфору на 1,4 кг/га та калію на 3,4 кг/га.

Наведемо дані також сумарного надходження біогенних елементів з рослинними рештками за вирощування проса прутюподібного (табл. 4).

Таблиця 4 – Сумарне надходження біогенних елементів з рослинними рештками за вирощування проса прутюподібного, кг/га

Розкислення ґрунту	Застосування адсорбенту	Позакореневе підживлення	Азот	Фосфор	Калій
Без застосування вапна	Без адсорбенту	Без підживлення	22,9	16,1	51,4
		Гумат калію (Гуміфілд) 50 г/га	22,5	15,8	49,5
		Гумат калію (Гуміфілд) 50 г/га + Антистресант АміноСтар, 1,0 л/га	26,1	18,3	58,5
	З адсорбентом (МахіМагін гранульований) 30 кг/га	Без підживлення	24,6	17,3	54,7
		Гумат калію (Гуміфілд) 50 г/га	26,4	18,5	58,8
		Гумат калію (Гуміфілд) 50 г/га + Антистресант АміноСтар, 1,0 л/га	26,3	18,5	58,3
Вапнування ґрунтів, 25 % від потреби (1,6 т/га)	Без адсорбенту	Без підживлення	23,3	16,4	52,0
		Гумат калію (Гуміфілд) 50 г/га	24,1	17,0	54,1
		Гумат калію (Гуміфілд) 50 г/га + Антистресант АміноСтар, 1,0 л/га	26,9	18,9	59,7
	З адсорбентом (МахіМагін гранульований) 30 кг/га	Без підживлення	24,1	16,9	53,3
		Гумат калію (Гуміфілд) 50 г/га	27,0	19,0	60,6
		Гумат калію (Гуміфілд) 50 г/га + Антистресант АміноСтар, 1,0 л/га	26,4	18,5	58,4
НІР <sub>0,05</sub>			2,4	2,2	9,3



Якщо проаналізувати закономірності повернення макроелементів, то в середньому по досліді отримували 25,0 кг/га азоту, 17,6 кг/га фосфору та 55,8 кг/га калію, а застосування додаткових агротехнічних заходів приводить до зростання й повернення біогенних елементів, а саме: азоту на 3,5 кг/га, фосфору на 2,4 кг/га та калію на 7,0 кг/га.

Отже, посіви проса прутоподібного четвертого року вегетації втрачали частину біомаси впродовж вирощування і, в такий спосіб, у ґрунт поверталось до 43,6 % азоту, 44,7 % фосфору й 47,0 % калію від загального виносу культури.

**Висновки.** Встановлено, що у разі застосування досліджуваних агрозаходів, спрямованих на полегшення стресового стану рослин проса прутоподібного за вирощування на кислих маргінальних ґрунтах, а саме: вапнування ґрунтів (25 % від потреби), внесення адсорбенту МахіМагін гранульований та позакоренеve підживлення, досягається висока продуктивність плантації, і як наслідок – збільшене винесення елементів живлення з ґрунту.

Загалом по досліді рослини проса прутоподібного виносили з урожаєм 57,5 кг/га азоту, 39,3 кг/га фосфору й 118,7 кг/га калію, а з відмерлою надземною та підземною біомасою поверталось 25,0 кг/га азоту, 17,6 кг/га фосфору й 55,8 кг/га калію. Застосування додаткових агрозаходів призвело до зростання як виносу, так і повернення елементів живлення. Зокрема, посіви проса прутоподібного четвертого року вегетації втрачали частину біомаси впродовж вирощування і в такий спосіб поверталось в ґрунт до 43,6 % азоту, 44,7 % фосфору та 47,0 % калію від загального рівня винесення.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Lewandowski I., Scurlock J.M., Lindvall E., Christou M. The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. *Biomass Bioenergy*. 2003. 25. P. 335–361.
- Knopf B., Nahmmacher P., Schmid E. The European renewable energy target for 2030—An impact assessment of the electricity sector. *Energy Policy*. 2015. 85. P. 50–60.
- IPCC. Special report on renewable energy sources and climate change mitigation. Summary for policy-makers. 2011.
- IEA. Technology roadmap: biofuels for transport. Paris, France: OECD Publishing, 2011.
- Heaton E.A., Dohleman F.G., Long S.P. Meeting US biofuel goals with less land: the potential of *Miscanthus*. *Glob Chang Biol*. 2008. 14. P. 2000–2014.
- Conversion of marginal land into switchgrass conditionally accrues soil carbon but reduces methane

consumption / C.T. Bates et al. *ISME J*. 2022. 16. P. 10–25. DOI: 10.1038/s41396-021-00916-y

- Georgescu M., Lobell D.B., Field C.B. Direct climate effects of perennial bioenergy crops in the United States. *Proc Natl Acad Sci Unit States Am*. 2011. 108. P. 4307–4312.
- Tolerance of switchgrass to extreme soil moisture stress: Ecological implications / J.N. Barney et al. *Plant Sci*. 2009. 177. P. 724–732.
- Ma Z., Wood C.W., Bransby D.I. Soil management impacts on soil carbon sequestration by switchgrass. *Biomass Bioenergy*. 2000. 18. P. 469–477.
- Cadoux S., Riche A.B., Yates N.E., Machet J.-M. Nutrient requirements of *Miscanthus x giganteus*: conclusions from a review of published studies. *Biomass Bioenergy*. 2012. 38. P. 14–22.
- N<sub>2</sub>O emission from energy crop fields of *Miscanthus “Giganteus”* and winter rye / R.N. Jørgensen et al. *Atmos Environ*. 1997. 31. P. 2899–2904.
- Heaton E., Voigt T., Long S.P. A quantitative review comparing the yields of two candidate C4 perennial biomass crops in relation to nitrogen, temperature and water. *Biomass Bioenergy*. 2004. 27. P. 21–30.
- Miguez F.E., Villamil M.B., Long S.P., Bolleiro G.A. Meta-analysis of the effects of management factors on *Miscanthus x giganteus* growth and biomass production. *Agric For Meteorol*. 2008. 148. P. 1280–1292.
- Biomass production in switchgrass across the United States: database description and determinants of yield / S.D. Wullschlegel et al. *Agron J*. 2010. 102. P. 1158–1168.
- Empirical geographic modeling of switchgrass yields in the United States / H.I. Jager et al. *Glob Chang Biol Bioenerg*. 2010. 2. P. 248–257.
- Laurent A., Pelzer E., Loyce C., Makowski D. Ranking yields of energy crops: a meta-analysis using direct and indirect comparisons. *Renew Sustain Energy. Rev*. 2015. 46. P. 41–50.
- Господаренко Г.М. Практикум з агрохімії. Київ: СІК ГРУП Україна, 2020. 148 с.
- Методологія і організація наукових досліджень у сільському господарстві та харчових технологіях / О.І. Присяжнюк та ін. Київ: Нілан-ЛТД, 2021. 300 с.
- Ермантраут Е.Р., Присяжнюк О.І., Шевченко І.Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0. Київ: ПоліграфКонсалтинг, 2007. 56 с.
- Методологія дослідження енергетичних плантацій верб і тополь / Я.Д. Фучило та ін. Київ: Логос, 2018. 240 с.

#### REFERENCES

- Lewandowski, I., Scurlock, J.M., Lindvall, E., Christou, M. (2003). The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. *Biomass Bioenergy*. no. 25, pp. 335–361.

2. Knopf, B., Nahmmacher, P., Schmid, E. (2015). The European renewable energy target for 2030—An impact assessment of the electricity sector. *Energy Policy*. no. 85, pp. 50–60.
3. IPCC. Special report on renewable energy sources and climate change mitigation. Summary for policy-makers. 2011.
4. IEA. Technology roadmap: biofuels for transport. Paris, France: OECD Publishing, 2011.
5. Heaton, E.A., Dohleman, F.G., Long, S.P. (2008). Meeting US biofuel goals with less land: the potential of *Miscanthus*. *Glob Chang Biol*. no. 14, pp. 2000–2014.
6. Bates, C.T., Escalas, A., Kuang, J. (2022). Conversion of marginal land into switchgrass conditionally accrues soil carbon but reduces methane consumption. *ISME J*. no. 16, pp. 10–25 DOI: 10.1038/s41396-021-00916-y
7. Georgescu, M., Lobell, D.B., Field, C.B. (2011). Direct climate effects of perennial bioenergy crops in the United States. *Proc Natl Acad Sci Unit States Am*. no. 108, pp. 4307–4312.
8. Barney, J.N., Mann, J.J., Kyser, G.B., Blumwald, E., Van Deynze, A., DiTomaso, J.M. (2009). Tolerance of switchgrass to extreme soil moisture-stress: Ecological implications. *Plant Sci*. no. 177, pp. 724–732.
9. Ma, Z., Wood, C.W., Bransby, D.I. (2000). Soil management impacts on soilcarbon sequestration by switchgrass. *Biomass Bioenergy*. no. 18, pp. 469–477.
10. Cadoux, S., Riche, A.B., Yates, N.E., Machet, J-M. (2012). Nutrient requirements of *Miscanthus x giganteus*: conclusions from a review of published studies. *Biomass Bioenergy*. no. 38, pp. 14–22.
11. Jørgensen, R.N., Jørgensen, B.J., Nielsen, N.E., Maag, M., Lind, A-M. (1997). N<sub>2</sub>O emission from energy crop fields of *Miscanthus "Giganteus"* and winter rye. *Atmos Environ*. no. 31, pp. 2899–2904.
12. Heaton, E., Voigt, T., Long, S.P. (2004). A quantitative review comparing the yields of two candidate C4 perennial biomass crops in relation to nitrogen, temperature and water. *Biomass Bioenergy*. no. 27, pp. 21–30.
13. Miguez, F.E., Villamil, M.B., Long, S.P., Boltero, G.A. (2008). Meta-analysis of the effects of management factors on *Miscanthus x giganteus* growth and biomass production. *Agric For Meteorol*. no. 148, pp. 1280–1292.
14. Wullschleger, S.D., Davis, E.B., Borsuk, M.E., Gunderson, C.A., Lynd, L. (2010). Biomass production in switchgrass across the United States: database description and determinants of yield. *Agron J*. no. 102, pp. 1158–1168.
15. Jager, H.I., Baskaran, L.M., Brandt, C.C., Davis, E.B., Gunderson, C.A., Wullschleger S.D. (2010). Empirical geographic modeling of switchgrass yields in the United States. *Glob Chang Biol Bioenerg*. no. 2, pp. 248–257.
16. Laurent, A., Pelzer, E., Loyce, C., Makowski, D. (2015). Ranking yields of energy crops: a meta-analysis using direct and indirect comparisons. *Renew Sustain Energy Rev*. no. 46, pp. 41–50.
17. Hospodarenko, H.M. (2020). *Praktykum z agrohimii'* [Practical workshop on agrochemistry]. Kyiv, SIK HRUP, 148 p.
18. Prysiazhniuk, O.I., Klymovych, N.M., Polunina, O.V., Yevchuk, Ya.V., Tretiakova, S.O., Kononenko, L.M., Voitovska, V.I., Mykhailovyn, Yu.M. (2021). Metodologija i organizacija naukovyh doslidzen' u sil'skomu gospodarstvi ta harchovyh tehnologijah [Methodology and organization of scientific research in agriculture and food technologies]. Kyiv, Nilan-LTD, 300 p.
19. Ermantraut, E.R., Prysiazhniuk, O.I., Shevchenko, I.L. (2007). Statystychnyj analiz agronomichnyh doslidnyh danyh v paketi Statistica 6.0. [Statistical analysis of agronomic study data in the Statistica 6.0 software suite]. Kyiv, PolihrafKonsaltnyh, 56 p.
20. Fuchylo, Ya.D., Sinchenko, V.M., Hanzhenko, O.M., Humentyk, M.Ya., Pyrkin, V.I., Prysiazhniuk O.I., Zelinskiy B.V. (2018). Metodologija doslidzennja energetychnyh plantacij verb i topol' [Research methodology of willow and poplar energy plantations]. Kyiv, Lohos, 240 p.

**Nutrient requirement of switchgrass (*Panicum virgatum* L.) cultivated on marginal land of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine**

**Prysiazhniuk O., Musich V., Maliarenko O., Muzyka O., Svystunova I., Slobodyanuk V., Zaryshniak A., Sinchenko V.**

The study aimed to investigate the peculiarities of the nutrient requirement of switchgrass cultivated on marginal land under the application of lime, adsorbent and foliar application of fertilizers in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. The experiment was conducted in the Uladivka-Liulyntsi Experimental Breeding Station of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet National Academy of Agrarian Sciences in 2019–2022. The soil of the experimental field was deep, leached, sandy, medium-loamy chernozem with low humus content in the 0–30 cm layer (3.9 %). Mineral nitrogen content was as following: 16.4 mg/kg (nitrate) and 38.7 mg/kg (ammonium). Mobile phosphorus availability was low (8.3 mg/kg), while the content of exchange potassium was high – 10.3 mg/kg. Soil pH was 5.1, and hydrolytic acidity was high – 4.2 mg eq/100 g.

Application of lime (25 % of the required rate), MaxiMarin granulated adsorbent and foliar fertilizer aimed at the alleviation of plant stress related to soil acidity and formation of high productivity of plantations taking into account nutrient removal with harvested biomass. In the experiment, the nitrogen removal was 57.5 kg/ha, phosphorus 39.3 kg/ha and

potassium 118.7 kg/ha, while 25.0 kg/ha of nitrogen, 17.6 kg/ha of phosphorus and 55.8 kg/ha of potassium was returned to the soil with harvest residues. The application of the studied agronomic practices led to an increase in both the removal and recycling of nutrients. In the 4th vegetation season, nutrient recycling

of switchgrass (% to the nutrient removal) made up 43.6 % of nitrogen, 44.7 % of phosphorus and 47.0 % of potassium from the total removal of the crop were returned to the soil.

**Key words:** liming, adsorbent, foliar application of fertilizers.



Copyright: Присяжнюк О.І. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Свистунова І.В.


<https://orcid.org/0000-0001-8922-1261>

УДК 631.51.021

## Плюси і мінуси No-till технології

Єщенко В.О. , Коваль Г.В. , Накльока Ю.І. 

Уманський національний університет садівництва

 Коваль Г.В. halinakoval10@gmail.com

Єщенко В.О., Коваль Г.В., Накльока Ю.І.  
Плюси і мінуси No-till технології. «Агро-  
біологія», 2023. № 1. С. 178–186.

Yeshchenko V., Koval H., Naklioka Yu. Pros  
and cons of No-till technology. «Agrobiolo-  
gy», 2023. no. 1, pp. 178–186.

Рукопис отримано: 05.05.2023 р.  
Прийнято: 20.05.2023 р.  
Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-179-1-178-186

В статті наведено історію розробки і впровадження No-till технології за кордоном і в Україні, вказано країни і роки, де і коли цю технологію розробляли та впроваджували. Зазначено, що великий внесок у розробку теоретичних основ мінімалізації обробітку ґрунту завдяки використанню No-till технології внесли науковці США, які за більшістю показників високо оцінили цю технологію. До її недоліків вони віднесли погіршення екологічної ситуації через бур'яни, хвороби і шкідники та потребу у внесенні вищих доз азотних добрив і гербіцидів. Науковці ННЦ "Інститут землеробства УААН" до цього переліку додають затримку на три–чотири доби з весняним доспіванням ґрунту через наявність на його поверхні рослинних решток у вигляді мульчі та поширення мишоподібних гризунів. Така обмеженість недоліків No-till технології робить її досить успішною щодо поширеності в сільськогосподарське виробництво, адже щорічно її площа у світі зростає більш ніж на 1 млн га. Найбільші її площі у США, Бразилії, Аргентині, Канаді, Австралії та Парагваї, а в Бразилії технологія без обробітку ґрунту залучена до державних програм з відповідним кредитуванням. Загалом по Європі частка земель з технологією No-till у структурі посівних площ не перевищує 3 %. Оптимальні умови для No-till технології в лісостеповій і степовій зонах України складаються на площі 5,25 млн га, однак її освоєння нині не досягає і 1 млн га.

Проблему поширеності No-till технології у вітчизняне виробництво більшість науковців вбачає у надмірній забур'яненості посівів вирощуваних культур, хоч на наш погляд це явище можливе лише на перших етапах освоєння технології без обробітку ґрунту. No-till технологія має майбутнє, адже лише вона серед багатьох інших технологій може гарантувати розширене відтворення родючості ґрунту.

**Ключові слова:** No-till технологія, забур'яненість посіву, родючість ґрунту.

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** Споконвіку людство йшло до інтенсифікації механічного обробітку ґрунту, коли на зміну простих знарядь з часом приходили складніші, коли мотику за мотичного землеробства (VII тис. до н.е.) замінило примітивне рало (III тис. до н.е. – трипільський період), на зміну якого прийшли соха і дерев'яний плуг – сабан, які і започаткували плужне землеробство. Взірцем знаряддя для проведення основного обробітку ґрунту став металевий плуг, який за сучасної конструкції вважається практично єдиним знаряддям для проведення полицевого способу обробітку ґрунту. Тривале

використання оранки як традиційного основного обробітку на відносно велику глибину супроводжувалось активізацією аеробних процесів у ґрунті та розкладанням органічної речовини в ньому, природна родючість ґрунту при цьому різко знижувалась. Особливо помітне таке зниження на багатих чорноземних ґрунтах України, коли за час освоєння чорноземів Полтавщини вміст гумусу в орному шарі знизився з 9–10 до 4–5 % і нині продовжує знижуватись. Зростання процесу мінералізації органічної речовини в ґрунті за інтенсифікації механічного обробітку супроводжується, за свідченням численних дослідів, підвищенням нітратів у верх-



ньому кореневмісному шарі, надлишок яких може вимиватись в глибші горизонти і нерідко досягати підґрунтових вод, що призводить до напруження екологічної ситуації в регіоні.

Недоліком плуга як і багатьох безполицевих знарядь основного обробітку є те, що він в ґрунтовому середовищі нижче глибини обробітку залишає так звану плужну підшову у вигляді надмірно ущільненого шару ґрунту, який стає перепорою проникненню коріння рослин і води опадів в глибші шари ґрунту.

Основна причина відмови від інтенсивного землеробства, яке переважало у країнах з добре розвинутою галуззю рослинництва впродовж останніх десятиліть ХХ ст., полягала в тому, що інтенсивний механічний обробіток ґрунту призвів до прискорення ерозії орнопридатних земель. Згідно з останніми повідомленнями, за всю історію користування земельними ресурсами людство втратило від цього близько 2 млрд га родючих земель, а це більше за всю площу нинішнього світового землеробства [1]. В Україні площа деградованих ґрунтів з цієї ж причини щороку зростає на 80 тис. га [2]. Можливим виходом з такої ситуації є розробка науковцями-аграріями заходів мінімізації обробітку ґрунту, серед яких чи не найрезультативнішим є повна відмова від механічного обробітку.

**Метою дослідження** було вивчення питання щодо освоєння No-till технології в умовах далекого і близького зарубіжжя та в Україні, щоб належно оцінити цю технологію.

**Матеріал і методи дослідження.** Дослідження історії можливості переходу до No-till технології розпочались наприкінці 50-х років минулого століття, коли у Великобританії фірмі "Ай-Сі-Ай" ICI (зараз Syngenta), вдалось розробити гербіцид суцільної дії, який міг знищувати всі вегетуючі бур'яни. Маючи такий гербіцид, можна було по-іншому підходити до потреби в інтенсивному обробітку ґрунту. Якщо до цього інтенсивність обробітку ґрунту пов'язували із чистотою полів і посівів від бур'янів, то у разі застосування гербіцидів суцільної дії інтенсивний механічний обробіток ґрунту ставав уже не обов'язковим. Щодо повної відмови від використання будь-якого механічного обробітку ґрунту в технології вирощування сільськогосподарських культур сприяла поява в аграрному виробництві сівалки, якою можна було провести сівбу і в попередньо не оброблений ґрунт. Саме з такою сівалкою англійського виробництва, яку аграрії називають сівалкою прямої сівби, пов'язана ера No-till технології, започаткована на американському континенті в 1962 році. Перші досліди

з обґрунтування такої технології закладені фірмою "Ай-Сі-Ай" у Великобританії в 1961 році, які показали, що рівень урожайності пшениці озимої та ярої, як і ячменю ярого на фоні прямої сівби із застосуванням гербіциду Паракват залишався на одному рівні з традиційною технологією, де до сівби після збирання попередника проводили оранку, а ріллю доводили різними знаряддями обробітку до посівного стану. Однак за прямої сівби різко знижувалась енергоємність затрат на виробництво зернової продукції. Якщо за використання традиційної технології з розрахунку на 1 га затрачалося на легких і важких за гранулометричним складом ґрунтах відповідно 6,45 і 14,75 тракторо-годин, то за прямої сівби ці показники знижувались відповідно лише до 1,12 і 1,35 годин [1].

Дослідження цієї технології, проведені англійськими науковцями вже в наступне десятиріччя (1973–1976 рр.), дали можливість позитивно оцінити пряму сівбу і за її впливом на ґрунтове середовище. Було встановлено, що хоча на перших етапах щільність оброблюваного шару за прямої сівби була більша порівняно з ділянками з традиційним обробітком ґрунту перед сівбою, однак проникнення води і повітря в досліджуваному шарі на фоні прямої сівби залишалось досить високим завдяки пустотам від відмерлого коріння та ходам черв'яків, яких на четвертий рік впровадження технології прямої сівби було порівняно з традиційною майже в чотири рази більше. Саме тому коренева система вирощуваних культур розвивалась не гірше, ніж за традиційної технології.

Підсумовуючи результати вивчення ефективності застосування прямої сівби своїми співвітчизниками, англійський вчений-аграрій Х.П. Аллен, один із теоретиків мінімального обробітку ґрунту, вважав перевагою такої технології те, що вона забезпечує економію часу, паливно-мастильних матеріалів, робочої сили і грошових ресурсів, зводить до мінімуму непродуктивні втрати ґрунтової вологи, зберігає гумус у верхньому шарі та зменшує можливість прояву вітрової та водної ерозії.

Значний вклад у розробку теоретичних основ мінімізації обробітку ґрунту завдяки використанню No-till технологій внесли науковці США, які за більшістю критеріїв позитивно оцінили цю технологію. Згідно із твердженнями С. Д. Бейкера і К. С. Секстона [3], вона забезпечує сільськогосподарському виробнику такі переваги:

- в ґрунті підвищується вміст органічної речовини завдяки зниженню інтенсивності її окислення;

- краще зберігається структура ґрунту через відсутність її травмування робочими органами сільськогосподарських знарядь та машин;

- завдяки збагаченню ґрунту органічною речовиною інтенсивніше проходить його оструктурення. Під впливом цього чинника збільшується в ґрунтового середовищі валовий вміст азоту;

- за відсутності механічного обробітку ґрунту зберігається корисна ґрунтова фауна, оскільки не руйнуються в ньому ходи черв'яків та інших землерийних мешканців;

- через кращу оструктуреність верхнього 30-сантиметрового шару поліпшується аерація ґрунту;

- завдяки інфільтрації опадів (від авторів – цьому може сприяти і підняття води по капілярах з нижніх шарів) покращуються умови вологозабезпеченості вирощуваних рослин;

- завдяки наявності на поверхні рослинних решток попередника – попереджується ерозія ґрунту;

- знижується амплітуда коливань температури верхнього кореневмісного шару: влітку за наявності мульчі він менше перегрівається, а взимку – не так перемерзає;

- не виноситься на поверхню із нижніх шарів насіння бур'янів;

- у процесі збагачення ґрунтів органічною речовиною поліпшується їх природний дренаж;

- зменшується небезпека переущільнення ґрунту ходовими системами важких тракторів;

- значно знижується собівартість виробленої продукції рослинництва;

- економиться близько 80 % пального;

- у три–п'ять разів зменшуються затрати робочого часу на весь технологічний процес по вирощуванню культури.

Значно контрастнішою перевага No-till технології була за іншими показниками витрати ресурсів в компанії "Інтеко-Агро" (табл.1 [1]).

Таблиця 1 – Підсумкові показники ресурсозатрат за традиційної і No-till технології

Показники на 1 га	Технології	
	традиційна	No-till
Потужність техніки, к.с.	4,52	0,22
Сумарна маса техніки, кг	212	10,1
Витрати дизельного пального, л	66,9	18,4

До переваг цієї технології К. Кроветто [4] включає те, що вона забезпечує зростання біологічної активності ґрунту та сприяє утворенню макропор, завдяки яким корінню легше проникати в глибші шари ґрунту.

Недоліками No-till технології за С.Д. Бейкером, К.С. Секстоном [3] вважається:

- погіршення екологічної ситуації через поширення бур'янів, хвороб і шкідників;

- забруднення ґрунтів через вимушене внесення вищих доз добрив і гербіцидів;

- зниження доступності для рослин азоту з ґрунтових запасів через зв'язування його ґрунтовими мікроорганізмами;

- повна залежність від забезпеченості пестицидами і енергонасиченими тракторами.

Набагато ширший перелік недоліків технології без механічного обробітку ґрунту за результатами сучасної наукової літератури і власних досліджень наводять науковці ННЦ "Інститут землеробства НААН" В.Ф. Сайко і А.М. Малієнко [5], зокрема до нього вони відносять:

- за наявності на поверхні поля значної кількості рослинних решток температура ґрунту навесні знижується на 3–5 °С та на три–чотири доби затримується дозрівання ґрунту, що може зашкодити раннім яриям культурам, оскільки строки їх сівби відтермінуються;

- на слабодренованих ґрунтах знижується їх біологічна активність через застій води, що потребує внесення більших доз добрив, особливо азотних;

- за такої технології у "блюдцях" тривалий час затримується тала вода, що досить небезпечно для озимих культур і багаторічних трав;

- порівняно з традиційною технологією майже вдвічі зростає вартість контролювання бур'янів;

- у бур'янів може з'явитись резистентність до гербіцидів за тривалого їх застосування (особливо за використання одних і тих же діючих речовин);

- норми ґрунтових гербіцидів доводиться збільшувати, частина яких фіксується рослинними рештками;

- захист від мишоподібних гризунів ускладнюється;

- внесені у верхній шар добрива за тривалої ґрунтової засухи стають недоступними для рослин;

- використання таких технологій супроводжується безробіттям на селі.

Д.Р. Грифт, Д.Р. Монкрід, Д.Д. Еккерт та ін. [6] до цього переліку недоліків додають, що урожайність кукурудзи за No-till технології знижується на противагу традиційній на 14 %, а соняшнику – на 8 %. Тимчасом Д. Рейкоскі та К.Е Секстон [7] впевнені, що саме за новітньої технології з часом можна підвищити продуктивність орних земель та уникнути або зменшити загрозу парникового ефекту на нашій планеті.

Завершити оцінку No-till технології хотілося б словами С.Д. Бейкера і К.Е. Секстона [3], згідно з якими "... жодна агротехніка, розроблена людством на сьогодні, не була близькою до ефективності технології No-till за попередженням ерозії ґрунту і забезпеченням реальної стійкості виробництва продовольства". Від авторів до цього слід додати, що лише No-till технологія здатна покращити якість (родючість) ґрунту як основного засобу сільськогосподарського виробництва способом його самовідновлення. Щоб запобігти компрометуванню цієї технології виробничниками, слід звернути їх увагу на застереження розробників, які стверджують, що працювати з високою віддачею вона зможе лише на ґрунтах зі збагаченим органічною речовиною рослинних решток верхнім шаром. Тому, перед відведенням під No-till технології поле має кілька років перебувати під залуженням. В іншому випадку шкоди від запровадження такої технології буде більше, ніж користі.

**Результати досліджень та обговорення.** В Україні, як повідомлялося в попередній публікації [1], виробниче поширення No-till технології пов'язане з корпорацією "Агро-Союз", де вона була запроваджена в 2000 році, а нині базується на використанні посівних комплексів "Horsch-Агро-Союз" АТД, розроблених сумісно з німецькою компанією Horsch, технічні характеристики яких представлено в таблиці 2.

На базі цього господарства на Дніпропетровщині щорічно проводять міжнародні конференції із залученням вітчизняних і зарубіжних науковців та широкого загалу виробничників для популяризації новітньої технології. Водночас її впровадження у виробництво нашої країни затримується через відсутність цілісної державної наукової програми з розробки та адаптації технології No-till до умов України [9]. Крім того, щоб ця технологія працювала, її автори за розроблення мають врахувати всі можливі нюанси.

Таблиця 2 – Технічні характеристики посівних комплексів "Horsch-Агро-Союз" за сівби зі швидкістю 10–15 км/год

Модель	Тягова потужність трактора, к.с.	Ширина захвату, м	Кількість висівних сошників, шт.	Польова продуктивність		Витрата пального	
				га/мото-год	га/доб.	л/мото-год	л/га
АТД 18,35	500	18,2	52	14,6–21,8	300–420	80	3,7–5,2
АТД 11,35	375	11,9	34	9,6–14,2	200–290	60	3,3–4,8
АТД 9,35	270	9,8	28	7,2–11,2	150–210	40	2,5–3,9

Яке ж сьогодні No-till технології та що її чекає у майбутньому?

Протягом минулого десятиліття культури без використання механічного обробітку ґрунту вирощували на площі близько 105 млн га, найбільшу (від 2 до 26 млн га) площу No-till технологія займає у США, Бразилії, Аргентині, Канаді, Австралії та Парагваї. В окремих з цих країн, зокрема Бразилії, впровадження технологій без обробітку ґрунту включено до державних програм з відповідним кредитуванням з державного бюджету.

Масштабного поширення ця технологія набуває і в інших країнах світу, адже щорічно площа під No-till технологією у світі зростає більш як на 1 млн га [5].

Водночас загалом по Європі згідно з публікацією В.В. Медведєва [8], частка земель з технологією No-till у структурі посівних площ не перевищує 3 %.

Насамперед необхідно добре розуміти значення терміна "No-till технологія". Ряд науковців під цим терміном розуміють спосіб обробітку ґрунту і вважають, що його можна вивчати в короткотермінових дослідженнях впродовж двох-трьох років, щорічно їх закладаючи на новій площі. Однак все це жодного відношення до No-till технології не має. Насправді No-till технологія являє собою технологію, за якої насіння вирощуваних культур висівають в ґрунт без попереднього обробітку, чітко дотримуючись сівозміни без чистого пару і повторних посівів, коли добрива під культури вносять під час сівби, а захист рослин від бур'янів, хвороб і шкідників виконують хімічними методами. Вважаємо, що No-till технологію не можна, як дехто, назвати "нульовим обробітком", бо такого словосполучення не може бути, як і не можна через це називати її "прямим посівом". Щоправда, останнім

терміном з натяжкою можна скористатись, розуміючи під ним одноразову *сівбу* (а не *посів*) в попередньо не оброблений ґрунт у перші три роки за освоєння No-till технології. Отже, мінімальна кількість років освоєння такої технології має бути в межах трьох–чотирьох, а покривною мають бути культури звичайної рядкової сівби, які залишають після себе значну кількість рослинних решток. Лише після того як ґрунт декілька років поспіль механічно не обробляли, а його поверхня після збирання врожаю вирощуваної культури повністю покрита подрібненою рослинною масою, дотримується чітко чергування культур на полі в сівозміні зі здоровим фітосанітарним станом посівів, можна вважати No-till технологію започаткованою, а не так, як це освоєння розуміють деякі виробничники. Наприклад, генеральний директор ООО "Хлібороб" Петровського району на Ставропільщині М. А. Гайдаров у журналі "Агрофорум" пише, що "перший раз у великих масштабах прямий посів ми застосували у 2014 році, посіявши 80 % озимої пшениці і всі ярі культури і отримавши при цьому непогані результати. А найбільший ефект в перший рік освоєння No-till технологія забезпечила за вирощування соняшнику з урожайністю близько 20 ц/га (до цього соняшник вирощували за звичайної технології з урожайністю від 5 до 10 ц/га насіння цієї олійної культури)" [10]. Такого ж варіанта освоєння No-till технології без перехідного періоду дотримується наш вітчизняний фермер А. Щедрінов [11], який в Голопристанському районі Херсонської області має 1200 га орної землі і вирощує більшість сільськогосподарських культур, окрім кавунів, за новітньою технологією без механічного обробітку ґрунту.

С.П. Соколів із Сумського НАУ проблему освоєння No-till технології за вирощування кукурудзи, соняшнику та ріпаку вбачає в тому, що сучасними комбайнами важко до належних розмірів подрібнити стебла і соломку цих культур і рівномірно розподілити їх по площі. А коли ж рівномірності мульчуючого шару з подрібнених рослинних решток вирощуваних культур не досягається, то втрачається мульчуюча функція цих решток, а з ними – і No-till технологія цих культур загалом [12].

Багато дослідників [13, 14] проблему No-till технології пов'язують із зростанням забур'яненості посівів та потребою у застосуванні гербіцидів суцільної дії, хоча в дослідках інших науковців забур'яненість посівів озимої пшениці за No-till технології була не вище, а урожайність не нижче, ніж за тради-

ційної технології. І все-таки на забур'яненості посівів за технології без будь-якого механічного обробітку ґрунту хотілось би зупинитись детальніше.

Почнемо із сівозміни, в якій, зазвичай, озимі зернові культури чергуються з ярими зерновими, бобові – з не бобовими, культури звичайної рядкової сівби – з просапними. Відомо, що за такого чергування, подібного до плодозмінного, мають складатись найкращі умови фітосанітарного стану, зокрема найменше хвороб, шкідників та бур'янів. Останні можуть з'являтися лише з верхнього шару ґрунту, життєздатного насіння в якому може вистачати максимум на 5–10 років. Саме впродовж цього періоду слід не допустити поновлення банку насіння бур'янів в ґрунті через використання гербіцидів з весни до закінчення осіннього періоду вегетації. Частіше впродовж цього часу треба використовувати проміжні посіви, сходи бур'янів під якими за сприятливих умов погоди пригнічуються повністю. Коли ж життєздатного насіння бур'янів у верхньому шарі ґрунту не буде, тоді відпаде потреба у використанні гербіцидів – весь протибур'яновий захист перейде на конкурентність культурних рослин. Такої технології дотримується один із авторів цієї статті, де уже впродовж 15 років усі овочеві культури вирощують без основного обробітку ґрунту за принципом "посівав–зібрав". Водночас більшість дослідників, які відмовились від полицевого обробітку і перейшли на безполицевий або й зовсім на технологію без будь-якого обробітку ґрунту, відмічають закономірне зростання забур'яненості, не вказуючи причин такого явища. Ми ж це явище вбачаємо у тому, що за безполицевого основного чи взагалі за No-till технології завдяки кращій зволоженості верхнього шару ґрунту насіння бур'янів буде краще проростати, ніж із сухої ріллі на виораному полі. Однак, щоб не порушувати правило єдиної різниці в досліді, не знищувати бур'яни там, де вони з'явилися. До осені вони встигають створити насіння і ним поповнити "банк насіння" у верхньому шарі ґрунту. Ось звідки зростає забур'яненість посівів, коли поле не орати. Через вищу актуальну забур'яненість посівів за No-till технологій у більшості випадків відмічають зниження урожайності вирощуваних сільськогосподарських культур. Однак, можна надіятись на принцип економії, коли не важливо, настільки багатий врожай ти зібрав за No-till технології, а скільки заробив від реалізації цього врожаю [17].



Майже всі науковці No-till технологію високо оцінюють як важливий елемент ґрунтозахисного землеробства, адже наявність рослинної маси на поверхні поля добре захищає ґрунт від водної та вітрової ерозії, коли, наприклад, в засушливих умовах за вирощування пшениці ярої на фоні No-till технології інтенсивність змиву ґрунту знижувалась на 70 %. Крім того, за повідомленням С.Г. Чорного разом із співавт. [15] та А.В. Волошенюка [16], ґрунт за No-till технології характеризується високою протидефляційною стійкістю завдяки збільшенню в ньому агрегатів розміром більше 1 мм, які водночас мають достатню стійкість до розпадання у воді.

Перехід до No-till технології, за повідомленням Н. Борис [17], дозволяє формувати сприятливі агрофізичні умови для якісної сівби, кращого контакту насіння з ґрунтом і вологою в ньому та цільової локалізації максимально щільного живильного середовища з доступною формою мінеральних добрив для засвоєння сходами у стартовий період їх розвитку. При цьому для сівби найкраще скористатись монодиском, за якого забезпечується найвища (на 13,7–20,8 % більша) урожайність пшениці озимої [18, 19].

Ю. Яловчук у статті з дуже влучною назвою "Плуг нас не витягне, а затягне" екологічне значення рослинних решток вбачає в тому, що вони захищають ґрунт від фізичного випаровування ґрунтової вологи, а кореневу систему вирощуваних культур – від надмірного перегрівання [20]. Водночас ми вже відмічали негативне значення рослинної мульчі, яка відтягувала строки сівби ранніх ярих культур, що могло негативно проявитись на їх продуктивності [5]. Однак зниження весною температури ґрунту під рослинними рештками на 3–5 °С може негативно вплинути і на посіви пізніх ярих культур. Для запобігання цього О.В. Томашук пропонує за вирощування кукурудзи різної стиглості, застосовувати холододійний антистресовий біологічний препарат Ратчет у нормі 0,3 л/га [21].

За впливом на вміст гумусу і основних елементів живлення в посівах озимої пшениці і кукурудзи на зерно Я. П. Цвей і М. С. Миронченко No-till технологію (вони називають її системою No-till обробітку ґрунту) на полтавських чорноземах оцінюють негативно, адже за неї чітко простежується тенденція до зниження цих показників [22].

За біоенергетичною ефективністю технологія No-till згідно з оцінкою С.Г. Чорного і А. В. Волошенюка [23] в умовах південно-го Степу не мала переваги над традиційною

технологією з оранкою, тимчасом за даними інших дослідників [24] в цих же умовах технологія без обробітку за всіма досліджуваними показниками, зокрема продуктивністю посівів озимої пшениці, сої та соняшнику, мала перевагу порівняно з традиційною технологією.

Порівняно з контрольним варіантом, де основний обробіток виконували чизелем на глибину 20–22 см, за сівби в попередньо необроблений ґрунт урожайність гречки в умовах Прикарпаття України знижувалась в дослідженнях В.В. Чумбея [25] в середньому за 2015–2017 рр. на 11,7 %, енергія в урожаї – на 27,8 %, а коефіцієнт доцільності вирощування гречки знижувався на 18,7 %. Використання на чорноземі типовому Панфільської дослідної станції No-till технології знизило урожайність сої порівняно з традиційною оранкою і поверхневим обробітком в середньому за 2014–2015 рр. у дослідженнях Л.В. Губенка із співавт. [26] відповідно на 0,10 і 0,13 т/га за  $НІР_{05}$  0,04 т/га, а вихід олії з врожаю – на 0,04 і 0,02 т/га відповідно. Ріст і розвиток рослин сорго цукрового згідно з публікацією О.І. Мулярчука, П.В. Безвіконного і Л.В. Кобринської [27] в умовах Поділля за No-till технології стримувався надмірною кількістю вегетуючих бур'янів з родини злакових – мишию сизого і курячого проса, тимчасом більшість агрофізичних показників родючості за цієї технології були в нормі.

Керівник ТОВ "Мрія" Білоцерківського району Київської області М. В. Войтовик серед недоліків No-till технології називає переущільнення ґрунту в окремі роки, яке, однак, зникає після випадання дощу належної інтенсивності. Найбільшою перевагою цієї технології фермер вважає те, що вона, як жодна інша технологія, забезпечує розширене відтворення родючості ґрунту, коли вміст гумусу за 11 років використання No-till технології зріс у колишньому орному шарі ґрунту на 28 відсотків відсотків [28].

**Висновки.** No-till технологія – це технологія зберігаючого (ґрунтозахисного) землеробства, за якої відсутній будь-який обробіток ґрунту, рослинні рештки залишаються на його поверхні, а насіння висівають у попередньо необроблений ґрунт. За тривалого бездощів'я така технологія супроводжується помітним ущільненням ґрунту та поширенням хвороб і шкідників, потенціал яких знаходиться на рослинних рештках. Однак No-till технологія має своє майбутнє, адже лише вона серед багатьох інших технологій може гарантувати розширене відтворення родючості ґрунту.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Єщенко В.О. No-till технологія: її сьогодення та майбутнє. Вісник Уманського національного університету садівництва. Умань, 2013. № 1–2. С. 4–9.
2. Сайко В. Ф. Землеробство на шляху до ринку. Київ: Інститут землеробства УААН, 1997. 48 с.
3. No-tillage seeding in conservation agriculture / C.J. Baker et al. 2006. 326 p.
4. Кроветто К. Технологія No-till, стерня і живлення ґрунту. Пропозиція. 2005. № 1. С. 72–74.
5. Сайко В.Ф., Малієнко А.М. Системи обробітку ґрунту в Україні. Київ: ВД "ЕКМО", 2007. 44 с.
6. Системи и методы рационального земледельства / Д.Г. Грифт та ін. 1998. С. 43–53.
7. Рейкоски Д., Секстон К.Е. Преимущества системы no-till в рамках почвозащитного земледелия. Днепропетровск, 2007. С. 21–32.
8. Медведєв В.В. Нульовий обробіток ґрунту в Європейських країнах. Харків: ТОВ "ЕДЕНА", 2010. 202 с.
9. Танчик С.П. No-till і не тільки. Сучасні системи землеробства. Київ: Юнівєст Медіа, 2009. 160 с.
10. Гайдаров М.А. Дослід. Агро Форум. 2019. № 5. 29 с.
11. Щедринов А. No-till – досвід впровадження системи аграріями півдня. URL: <https://supragronom.com/articles/453-no-till--dosvid-vprovadjennya-sistemi-agrariyami-pivdnua>
12. Соколік С.П. Порівняльний аналіз ефективності технологій вирощування озимої пшениці. Вісник Сумського національного аграрного університету. Суми, 2016. Вип. 10/2 (30). С. 60–64.
13. Сторчоус І. Нюанси в технології No-till. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/395-niuansy-v-tekhnolohii-no-till.html>
14. Циліурік О. No-till: переваги і недоліки. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/625-no-till-perevahy-i-nedoliky.html>
15. Чорний С.Г., Видинівська О.В., Волошенюк А.В. Протидефляційна ефективність системи землеробства No-till в умовах південного Степу України. Біологічні системи. 2012. Т. 4. Вип. 1. С. 116–119.
16. Волошенюк А.В. Вплив систем обробітку ґрунту та No-till на грудкуватість чорнозему південного. Таврійський науковий вісник. Кропивницький, 2015. Вип. 91. С. 24–29.
17. Борис Н. Мінімізація основного обробітку ґрунту. Пропозиція. 2021. № 1. С. 36–39.
18. Дудкіна О., Каплун А. Якість пшениці – передусім. Пропозиція. 2010. № 8. С. 54–55.
19. Сигида В.П., Яровий О.С., Малярчук Д.В. Моніторинг поля і посівів в сучасних технологіях АПК. Київ: Алфа Реклама, 2012. 138 с.
20. Яловчук Ю. Плуг нас не витягне, а затягне. Зерно. 2021. № 5. С. 90–92.
21. Томашук О.В. Оцінювання No-till технології вирощування кукурудзи на конкурентоспроможність. Таврійський науковий вісник. Кропивницький, 2018. Вип. 103. С. 129–133.
22. Цвей Я.П., Мирошніченко М.С. Вплив системи No-till обробітку ґрунту на формування родю-

чості чорнозему типового слабосолонцюватого в посівах озимої пшениці та кукурудзи на зерно. Таврійський науковий вісник. Кропивницький, 2020. Вип. 113. С. 140–147.

23. Чорний С.Г., Волошенюк А.В. Оцінка біоенергетичної технології No-till. Вісник аграрної науки Причорномор'я. Миколаїв, 2013. Вип. 2. С. 67–73.

24. Манушкіна Т.М., Дробітько А.В., Качанова Т.В., Геращенко О.А. Біологічні особливості технології No-till в умовах Південного Степу України. Вісник аграрної науки Причорномор'я. Миколаїв, 2020. Вип. 4. С. 47–53.

25. Чумбей В.В. Енергетична ефективність вирощування гречки посівної залежно від основного і передпосівного обробітку ґрунту а Прикарпатті України. Таврійський науковий вісник. 2019. Вип. 106. С. 158–162.

26. Губенко Л.В., Задубинна Є.В., Ветрова Н.О. Продуктивність сої залежно від способів основного обробітку ґрунту та застосування мінеральних добрив. Зб. наук. пр. НЦЦ "Інститут землеробства НААН". Київ, 2018. Вип. 2. С. 35–43.

27. Мулярчук О.І., Безвіконний П.В., Кобринська Л.В. Технологія вирощування сорго цукрового для виробництва біопалива в умовах Поділля. Таврійський науковий вісник. Кропивницький, 2018. Вип. 103. С. 93–99.

28. Войтовик М.В. Особистий досвід: плюси і мінуси використання технології No-till. URL: <https://propozitsiya.com.ua/osobystyy-dosvid-plyusy-i-minusy-vykorystannya-tehnologiyi-no-till>.

## REFERENCES

1. Jeshhenko, V.O. (2013). No-till tehnologija: i'i' s'ogodennja ta majbutnje [No-till technology: its present and future]. Visnyk Umans'kogo nacional'nogo universytetu sadivnyctva [Bulletin of the Uman National University of Horticulture]. no. 1–2, pp. 4–9.
2. Sajko, V.F. (1997). Zemlerobstvo na shljahu do rynku [Agriculture on the way to the market]. Kyiv, Institute of Agriculture of the Ukrainian Academy of Sciences, 48 p.
3. Baker, C.J., Saxton, K.E. (2006). No-tillage seeding in conservation agriculture [No-tillage seeding in conservation agriculture]. Saxton, 326 p.
4. Krovetto, K. (2005). Tehnologija No-till, sternja i zhyvlennja g'runtu [No-till technology, stubble and soil nutrition]. Propozycja [Propozycja]. no. 1, pp. 72–74.
5. Sajko, V.F., Malijenko, A.M. (2007). Systemy obrobтку g'runtu v Ukrai'ni [Tillage systems in Ukraine]. Kyiv, VD "EKMO", 44 p.
6. Gryft, D.G., Monkryf, D.F., Ekkert, D.D. (1998). Systemy y metody racyonal'nogo zemlepol'zovanyja [Systems and methods of rational land use]. pp. 43–53.
7. Rejkosky, D., Sekston, K.E. (2007). Preymushhestva systemy no-till v ramkah pochvozashhytnogo zemledelyja [Advantages of the no-till system within the framework of soil conservation agriculture]. Dni-propetrovsk, pp. 21–32.
8. Medvedjev, V.V. (2010). Nul'ovyj obrobitek g'runtu v Jevropejs'kyh kra'i'nah [Zero tillage in European countries]. Kharkiv, LLC "EDENA", 202 p.

9. Tanchyk, S.P. (2009). No-till i ne til'ky. Suchasni systemy zemlerobstva [No-till and more. Modern farming systems]. Kyiv, Univest Media, 160 p.

10. Gajdarov, M.A. (2019). Doslid [Experience]. Agro Forum [Agro Forum]. no. 5, 29 p.

11. Shhedrinov, A. (2020). No-till – dosvid vprovadzhennja systemy agrarijamy pivdnja [No-till – the experience of implementing the system by southern farmers]. Available at: <https://superagronom.com/articles/453-no-till--dosvid-vprovadzhennja-sistemi-agrarijamy-pivdnja>

12. Sokolik, S.P. (2016). Porivnjaj'nyj analiz efektyvnosti tehnologij vyroshhuvannja ozymoi' pshenyци [Comparative analysis of the effectiveness of winter wheat cultivation technologies]. Visnyk Sums'kogo nacional'nogo agrarnogo universytetu [Bulletin of the Sumy National Agrarian University]. Issue 10/2 (30), pp. 60–64.

13. Storchous, I. (2014). Njuansy v tehnologii' No-till [Nuances in No-till technology]. Available at: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/395-njuansy-v-tekhnologii-no-till.html>

14. Cyljuryk, O. (2016). No-till: perevahy i nedoliky [No-till: advantages and disadvantages]. Available at: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/625-no-till-perevahy-i-nedoliky.html>

15. Chornyj, S.G., Vydynivs'ka, O.V., Voloshenjuk, A.V. (2012). Protymydeflacijsna efektyvnist' systemy zemlerobstva No-till v umovah pivdenного Stepu Ukrai'ny [Anti-deflationary effectiveness of the No-till farming system in the conditions of the southern Steppe of Ukraine]. Biologichni systemy [Biological systems]. Vol. 4, Issue 1, pp. 116–119.

16. Voloshenjuk, A.V. (2015). Vplyv system obrobitku g'runtu ta No-till na grudkuvatist' chornozemu pivdenного [The influence of tillage systems and No-till on the lumpiness of the southern chernozem]. Tavrijs'kyj naukovyj visnyk [Taurian Scientific Bulletin]. Issue 91, pp. 24–29.

17. Borys, N. (2021). Minimalizacija osnovного obrobitku g'runtu [Minimization of basic tillage]. Propozycja [Propozycja]. no. 1, pp. 36–39.

18. Dudkina, O., Kaplun, A. (2010). Jakist' pshenyци – peredusim [The quality of wheat is above all]. Propozycja [Propozycja]. no. 8, pp. 54–55.

19. Sygyda, V.P. Jarovyj, O.S., Maljarchuk, D.V. (2012). Monitoryng polja i posiviv v suchasnyh tehnologijah APK [Field and crop monitoring in modern agribusiness technologies]. Kyiv, Alfa Reklama, 138 p.

20. Jalovchuk, Ju. (2021). Plug nas ne vytjagne, a zatjagne [The plow will not pull us out, it will tighten us]. Zerno [Zerno]. no. 5, pp. 90–92.

21. Tomashhuk, O.V. (2018). Ocynjuvannja No-till tehnologii' vyroshhuvannja kukurudzy na konkurentospromozhnist' [Evaluation of No-till corn cultivation technology for competitiveness]. Tavrijs'kyj naukovyj visnyk [Taurian Scientific Bulletin]. Issue 103, pp. 129–133.

22. Cvej, Ja.P., Myroshnychenko, M.S. (2020). Vplyv systemy No-till obrobitku g'runtu na formuvannja rodjuchosti chornozemu tipovого slabosoloncuvatого v posivah ozymoi' pshenyци ta kukurudzy na

zerno [The influence of the no-till tillage system on the formation of the fertility of typical low-saline chernozem in winter wheat and grain corn crops]. Tavrijs'kyj naukovyj visnyk [Taurian Scientific Bulletin]. Issue 113, pp. 140–147.

23. Chornyj, S.G. Voloshenjuk, A.V. (2013). Ocinka bioenergetychnoi' tehnologii' No-till [Assessment of No-till bioenergy technology]. Visnyk agrarnoi' nauky Prychornomor'ja [Herald of Agrarian Science of the Black Sea Region]. Mykolaiv, Issue 2, pp. 67–73.

24. Manushkina, T.M., Drobit'ko, A.V., Kachanova, T.V., Gerashhenko, O.A. (2020). Biologichni osoblyvosti tehnologii' No-till v umovah Pivdenного Stepu Ukrai'ny [Biological features of the No-till technology in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. Visnyk agrarnoi' nauky Prychornomor'ja [Herald of Agrarian Science of the Black Sea Region]. Mykolaiv, Issue 4, pp. 47–53.

25. Chumbej, V.V. (2019). Energetychna efektyvnist' vyroshhuvannja grechky posivnoi' zalezno vid osnovного i peredposivного obrobitku g'runtu a Prykarpatti Ukrai'ny [Energy efficiency of sowing buckwheat cultivation depending on the main and pre-sowing tillage in the Carpathian region of Ukraine]. Tavrijs'kyj naukovyj visnyk [Taurian Scientific Bulletin]. Issue 106, pp. 158–162.

26. Gubenko, L.V. Zadubynna, Je.V., Vjetrova, N.O. (2018). Produktyvniost' soi' zalezno vid sposobiv osnovного obrobitku g'runtu ta zastosuvannja mineral'nyh dobryv [Productivity of soybean depending on the methods of the main tillage and application of mineral fertilizers]. Zb. nauk. pr. NCC "Instytut zemlerobstva NAAN" [Coll. of science Ave. NCC "Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences"]. Kyiv, Vol. 2, pp. 35–43.

27. Muljarchuk, O.I., Bezvikonnyj, P.V., Kobryns'ka, L.V. (2018). Tehnologija vyroshhuvannja sorgo cukrovого dlja vyrobnyctva biopalyva v umovah Podillja [The technology of growing sugar sorghum for the production of biofuel in the conditions of Podillia]. Tavrijs'kyj naukovyj visnyk [Taurian Scientific Bulletin]. Issue 103, pp. 93–99.

28. Vojtovyk, M.V. (2020). Osobystyj dosvid: pljusy i minusy vykorystannja tehnologii' No-till [Personal experience: pros and cons of using No-till technology]. Propozycja [Propozycja]. Available at: <https://propozitsiya.com.ua/osobystyj-dosvid-plyusy-i-minusy-vykorystannja-tehnologiyi-no-till>

### Pros and cons of No-till technology

**Yeshchenko V., Koval H., Naklioka Yu.**

The article presents the history of the development and implementation of No-till technology abroad and in Ukraine, indicating the countries and years where and when this technology was developed and implemented. It is indicated that a great contribution to the development of the theoretical foundations of minimization of soil cultivation due to No-till technology was made by the scientists of the USA, who, according to most indicators, highly rated this technology. Among its shortcomings, they attributed the deterioration of the ecological situation due to weeds, diseases and pests

and the need to apply higher doses of nitrogen fertilizers and herbicides. Scientists of the National Research Center "Institute of Agriculture" of the Ukrainian Academy of Sciences add to this list a delay of three to four days with the spring ripening of the soil due to the presence of plant remains in the form of mulch on its surface and the spread of mouse-like rodents. This limitation of the disadvantages of No-till technology makes it quite successful in terms of spread in agricultural production, because annually its area in the world grows by more than 1 million hectares. Its largest areas are in the USA, Brazil, Argentina, Canada, Australia and Paraguay, and in Brazil, no-till technology is included in the ranks of government programs with appropriate crediting. In Europe as a whole, the share of

land with No-till technology in the structure of sown areas does not exceed 3 %. The optimal conditions for No-till technology in the forest-steppe and steppe zones of Ukraine are on an area of 5.25 million hectares, but its development is currently far from 1 million hectares.

The problem of the prevalence of no-till technology in domestic production is seen by the majority of scientists as excessive weediness of the crops grown for it, although in our opinion this phenomenon is possible only in the early stages of the development of the technology without tillage. No-till technology has its future, because only it, among many other technologies, can guarantee an extended reproduction of soil fertility.

**Key words:** No-till technology, weediness of sowing, soil fertility.



Copyright: Єщенко В.О., Коваль Г.В., Накльока Ю.І. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Єщенко В.О.

Коваль Г.В.

Накльока Ю.І.

<https://orcid.org/0000-0002-6109-822X>

<https://orcid.org/0000-0002-8000-919X>

<https://orcid.org/0000-0002-1628-3119>



UDC 631.51: 631.432.2:633.16

## Influence of agricultural practices and sowing dates under different weather conditions on soybean yield

Syromyatnikov Y. 

State Biotechnological University  
Institute of vegetable and melon growing  
of National Academy of Agricultural Sciences of Ukraine

✉ gara176@btu.kharkov.ua



Сиром'ятников Ю.М. Вплив агротехніки та строків сівби за різних погодних умов на врожайність сої. «Агробіологія», 2023. № 1. С. 187–195.

Syromyatnikov Y. Influence of agricultural practices and sowing dates under different weather conditions on soybean yield. «Agrobiology», 2023. no. 1, pp. 187–195.

Рукопис отримано: 29.03.2023 р.  
Прийнято: 13.04.2023 р.  
Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-179-1-187-195

The article is devoted to determining the optimal sowing time for soybeans with stable warming of the soil, considers the processing with a stratifier PRSM-5 and chisel processing against the background of pre-sowing rolling. Using soil-cultivating units of three types, an analysis was made of the effectiveness of various methods of basic cultivation against the background of various agricultural practices. The optimal timing of soybean sowing was determined with stable heating of the soil to 8–10 °C when treated with a stratifier PRSM-5 and up to 10–12 °C during chisel cultivation against the background of pre-sowing rolling. The obtained results of the research showed that the soil density depends primarily on the method of basic cultivation. The analysis of soil density indicators as a whole showed that after treatment with the stratifier PRSM-5 it was somewhat less and averaged 1.04 g/cm<sup>3</sup>, and after chisel treatment – 1.09 g/cm<sup>3</sup>. The analysis of the structural composition of the soil showed that the best structural structure of the soil was noted when processing with a stratifier PRSM-5 due to the removal of the most agronomically valuable soil lumps from the lower layers to the surface, here the structural coefficient was high and reached 2.36, and with chisel processing – 2.08. An analysis of the reserves of productive moisture at the end of the growing season showed that during chisel processing they were used more rationally, and significantly decreased in the phase of full ripeness after processing with a stratifier PRSM-5 – they amounted to 57 mm, and after chisel processing – 69 mm. The experimental data obtained indicate that under dry weather conditions, the best yield was formed when treated with a stratifier PRSM-5 at the second sowing date, and when chisel loosening - during the first and pre-sowing rolling.

**Key words:** soybean, tillage, stratifier PRSM-5, density, structure, yield.

**Problem statement and analysis of recent research.** In conditions of insufficient moisture in the Forest-Steppe of Ukraine, the improvement of the elements of the technology of growing all agricultural crops is of particular importance, since quite often in the spring there are difficult weather conditions, in particular, a rapid increase in the average daily air temperature with insignificant moisture reserves in the sowing layer. Therefore, during the optimal sowing time for soybeans with a soil temperature regime of 12–14 °C at a depth of 10 cm, with traditional methods of basic cultivation, it is not always possible to maintain the necessary moisture reserves in the seed layer. The

agrotechnical methods developed and improved by us significantly reduce energy costs, increase the accumulation and rational use of moisture [1, 2], create favorable conditions for the growth and development of soybean plants [3, 4].

The accumulation of the main reserves of productive moisture in the soil falls on the autumn-winter period, so the main tillage plays an important role in this process [5]. However, little attention is paid to this issue when growing soybeans, in particular, the biological characteristics of the crop, its requirements for the agrophysical properties of the soil and moisture are not taken into account, which leads to a simplification

of the elements of growing technology and a decrease in plant productivity. Soybeans, like other legumes, require very significant reserves of productive moisture for seed germination and crop formation [6]. The sowing time in growing technology is of decisive importance and largely determines the conditions for the growth and development of soybean plants [7, 8]. Excessively loosened soil after plowing, especially in dry conditions, requires additional compaction by rolling [9, 10]. Without this agricultural practice, the soil quickly loses moisture, as a result, soybean plants form a low productivity as a result of a decrease in grass stand density. Under such conditions, rolling becomes an important and necessary agricultural technique in the main tillage system [11].

The conducted phenological observations indicate that under different weather conditions, the duration of the growing season of soybean plants can change. Under favorable weather conditions, soybean plants developed well, and the duration of the growing season corresponded to the ripeness group, however, in dry conditions, its duration somewhat decreased [12, 13]. Optimization of growth and development conditions is determined not only by hydrothermal factors, but also by the main technological factors that significantly affect the formation of the crop [14, 15].

In the arid conditions of the forest-steppe zone, where almost during the entire growing season there is a constant moisture deficit, the development and improvement of agricultural practices aimed at maximizing the accumulation of moisture in the soil and its rational use is of particular importance. Indicators of productive moisture reserves at the beginning of the growing season mainly depend on the weather conditions of the autumn-winter period and the agrophysical properties of the soil [16, 17]. Favorable conditions for soybean plants are available only when the density of the soil corresponds to the optimal parameters and a sufficient amount of moisture accumulates in the seed layer of the soil [18, 19, 20].

Based on experimental studies, it is expected to get an answer to the following questions: how does the main tillage, the timing of sowing and rolling the soil before and after sowing on its agrophysical properties, the conditions under which the growth and development of soybean plants continues, the accumulation and rational use of moisture by them.

**The aim of the research.** To identify the optimal timing of soybean sowing with stable soil warming up to 8–10 °C when treated with a stratifier PRSM-5 and up to 10–12 °C during chisel cultivation against the background of pre-sowing

rolling in the conditions of the north-eastern part of Ukraine.

**Material and methods of research.** In the course of the research, soil-cultivating aggregates of three types were used:

1. The stratifier tillage machine (Fig. 1) optimizes the physical and mechanical state of the cultivated soil layer to a depth of 18 cm [21], is a trailed universal tillage unit for pre-sowing and main surface tillage, in which weeds are carefully removed from the soil by combing together with whole root system and laid on the surface, where they are dried under the influence of climatic factors [22].

The machine (Fig. 1) consists of a chassis 1, with which, by means of a parallelogram lever mechanism 2, a frame 3 is fixed with the possibility of moving vertically. Working bodies are mounted on it: passive – racks 4 with ploughshares 5 and active – a rotor with rippers 6 in such a way that that the rotor is located above the shares and does not touch them. Shares are equipped with separating gratings [22].

2. Plow chisel subsoiler PCH-2.5 (Fig. 2).

Mounted chisel plow PCH-2.5 is designed for loosening the soil on moldboard and moldboardless backgrounds with deepening of the arable horizon, moldboardless tillage instead of autumn and spring plowing, deep loosening of soil on slopes [23, 24]. The main components of a general-purpose chisel plow are (Fig. 2): frame 1, working bodies 2, support wheels 3, hitch 4, travel depth adjustment mechanism 5 and supports 6.

3. Ring-spur roller RSR for soil compaction before and after sowing (Fig. 3). When rolling the soil before sowing, the roller levels the field surface, breaks up clods and compacts soil that is too loose [25].

Pre-sowing rolling is carried out to retain moisture in the soil, crush large clods of earth and partially level the field surface, as well as to compact the settled, late-tilled soil, which is especially necessary before sowing crops. This operation reduces slippage and loading of the seeder support wheels, which increases the uniformity of sowing and stabilizes the seed placement depth [26, 27].

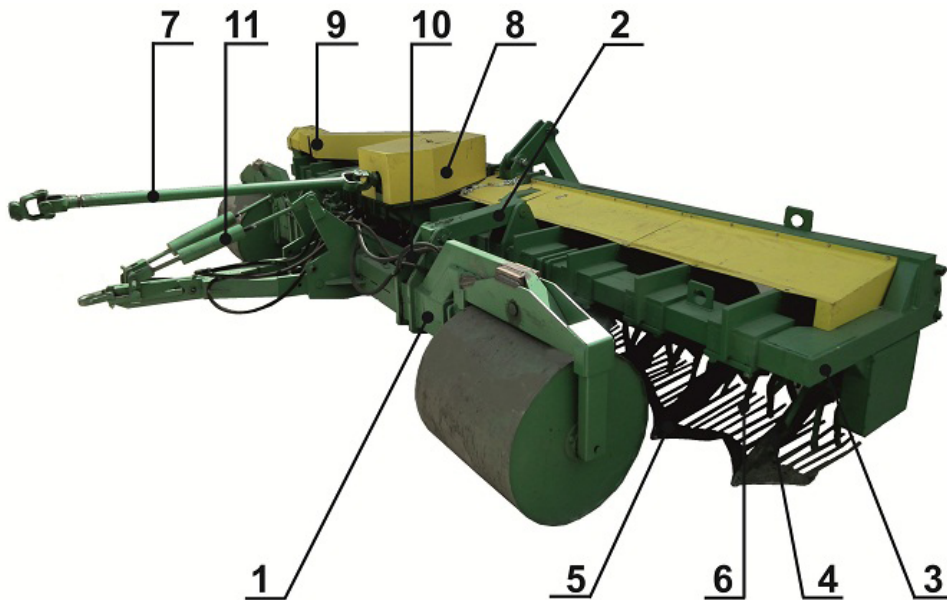
Post-sowing rolling is a necessary operation for moisture retention and ensuring seed-to-soil contact. Such contact creates favorable conditions for obtaining earlier and more friendly germination of seeds, which is essential in increasing the yield when sown in dry and wind-damaged areas [28, 29].

The skating rink is designed for use in all soil and climatic zones, except for the zone of mountain farming. The working bodies of the rink are cylinders made of steel. Overlapping of the

working bodies allows for better rolling, which increases productivity. The design of the roller allows its safe transportation on public roads due to the possibility of its transfer to the position of long-distance transport using the hydraulic system of the tractor, controlled from the workplace of the tractor driver. The roller is aggregated with

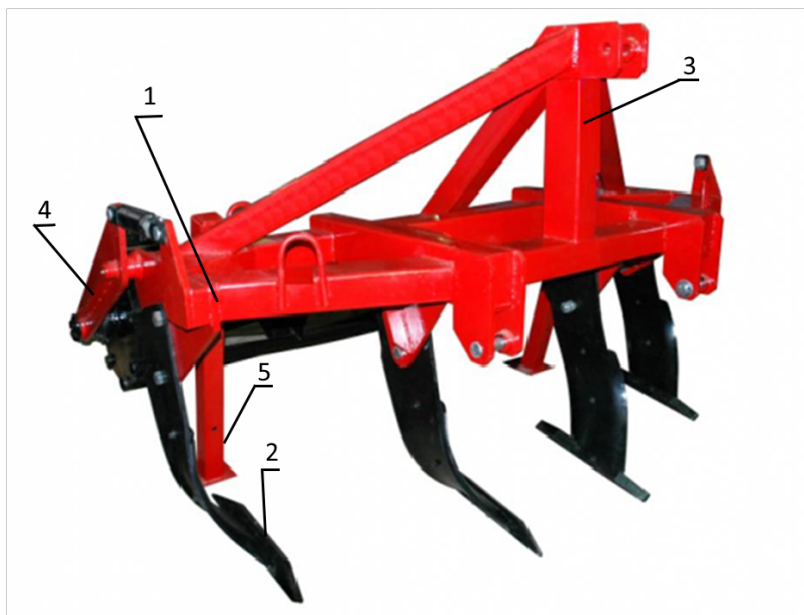
tractors of traction class 1.4-2.0 (MTZ-80 (82), MTZ-1221, etc.).

The effectiveness of various methods of the main treatment was evaluated against the background of agricultural practices—rolling before and after sowing, and chemical measures (Lancaster – 2.0 l/ha for pre-sowing cultivation).



**Fig. 1. Soil-cultivating ripper-separating machine PRSM-5:**

1 – the chassis; 2 – the lever mechanism; 3 – frame; 4 – the rack; 5 – ploughshare with separating gratings; 6 – rotor with rippers; 7 – cardan gear; 8 – a gear transmission; 9 – chain transmission; 10 – mechanism for adjusting the depth of tillage; 11 – mechanism for adjusting the horizontal position of the frame [21].



**Fig. 2. The main components of the chisel plow PCH-2.5 frame 1, working bodies 2, hitch 3, travel depth adjustment mechanism 4, supports 5.**

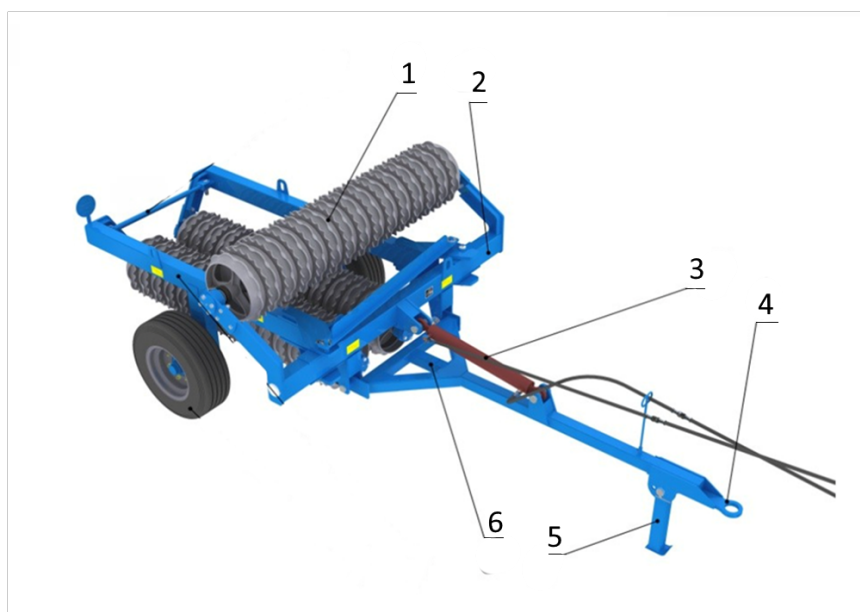


Fig. 3. The main components of the ring-spur skating rink RSR-6 , ring section 1, frame 2, hydraulic cylinder 3, hook 4, support 5, drawbar 6.

The studies were carried out in 2016–2018 on the experimental field of Kharkiv National Agrarian University in the crop rotation: soybean-winter wheat. In the experiment, non-moldboard processing with a stratifier PRSM-5 and non-moldboard processing (chisel) PCH-2.5 were studied. The area of the sowing plot is 128.8 m<sup>2</sup>, the accounting area is 48.3 m<sup>2</sup>. Repetition of experience – three times. Soybean seeds of the «Feya» variety were sown with stable heating of the soil to a depth of 10 cm in three periods: the first – at 8–10 °C, the second – at 10–12 °C, the third – at 12–14 °C in a wide row method with row spacing of 70 cm. Seeding rate 500 thousand viable seeds/ha.

The soil cover of the research plots is a typical slightly eroded (слабосмытый), low-humus, heavy loamy chernozem on carbonate lesse, which is characterized by the following agrochemical parameters: pH of the salt extract – 6.45–7.0, total humus content in the arable layer – 5.5 %, nitrate nitrogen 2–3 mg per 100 g of soil, mobile phosphorus (according to Chirikov) – 10.2 mg per 100 g of soil, exchangeable potassium 179 mg per 1 kg of soil (according to Surikov).

The main factor that significantly hinders the growth of seed productivity of this crop is moisture availability. The weather conditions during the years of the research were different, which made it possible to comprehensively characterize the effect of agrotechnical measures and sow-

ing dates on the productivity of soybean plants. The growing season in terms of moisture in 2018 was favorable. The hydrothermal coefficient for the growing season (May–September) was 1.46 in 2016 (acutely dry) and in 2017 (dry) it was 0.66 and 0.87, respectively. The critical period for soybean plants is the flowering phase – the formation of beans. Difficult weather conditions are observed in our region in the second half of summer (July–August). In July and August, the air temperature rises significantly, and precipitation is often unproductive or several times less than the long-term average. Relative air humidity of less than 30 % is observed for 14–16 days per month. The hydrothermal coefficient in July and August 2016 was 0.13 and 0.56, and in 2017 it was 0.26 and 0.75, respectively. Difficult weather conditions negatively affected soybean potential.

Soybean assimilation surface area was determined by the cutting method. To do this, 10 plants were selected from the plot; the leaves were cut off and weighed. At the same time, 50 of them were cut with a metal tube. Knowing the mass and area of the cuts, as well as the total mass of the leaves, the area of the leaves of the entire sample was determined. Knowing the plant density or the area from which the samples were taken, the leaf area per 1 ha was calculated.

The yield of soybeans was determined by threshing the crops of experimental plots with a «Sampo-500» combine.



**Research results and discussion.** The obtained results of the research showed that the soil density depended primarily on the method of basic cultivation. Thus, before sowing, the density of the upper soil layer (0–10 cm) after treatment with the stratifier PRSM-5 was 0.95 g/cm<sup>3</sup>, and after chisel treatment it was 1.04 g/cm<sup>3</sup>. In a layer of 10–20 cm, after treatment with a stratifier PRSM-5, the density of the soil is 1.06, and after chisel treatment it is 1.09 g/cm<sup>3</sup>. With an increase in the depth of the main processing, an increase in density was observed. So, after treatment with a stratifier PRSM-5, the density of the soil in a layer of 20–30 cm was 1.10 g/cm<sup>3</sup>, and after chisel treatment it was 1.13 g/cm<sup>3</sup>. The analysis of soil density indicators as a whole showed that after treatment with the stratifier PRSM-5 it was somewhat less and averaged 1.04 g/cm<sup>3</sup>, and after chisel treatment it was 1.09 g/cm<sup>3</sup> (Table 1).

It should also be noted that significant differences in the impact on the arable layer were observed after chisel processing, in which the working bodies of the unit acted on the soil only in the vertical plane. As a result of such processing, vertical narrow stripes are formed, alternating with more intense and insignificant soil grinding. At the same time, partially unloosened strips of soil in

the form of closed ridges are formed between the working bodies.

An analysis of the structural composition of the soil showed that the largest amount of agronomically valuable fraction (7–0.25 mm) in the upper layer of 0–10 cm is created by treatment with a stratifier PRSM-5 due to the removal of the most agronomically valuable soil lumps from the lower layers to the surface. In the areas where this treatment was carried out, in the upper layer (0–10 cm) the agronomic valuable fraction was 71.8 %. At the same time, the smallest amount of lumpy fraction and dust was observed, the structural coefficient here was 2.56, while during chisel processing it was 2.21, respectively. In the soil layer of 10–20 cm, the agronomic valuable fraction was more when processed with the stratifier PRSM-5 – 69.7 %, and slightly less when processed with chisel – 67.5%. The coefficient of structure during chisel loosening in a layer of 20–30 cm was 2.06, while when processed with a stratifier PRSM-5 it was 2.21. Analyzing the arable layer as a whole, it should be noted that the best structural structure of the soil was noted when working with a stratifier PRSM-5, here the coefficient of structure was high and reached 2.36, and when chisel tillage was 2.08 (Table 2).

Table 1 – Soil density before sowing soybean, depending on the methods of main processing, g/cm<sup>3</sup>

Basic tillage	Soil layer, cm	2016	2017	2018	Average
Processing with a stratifier PRSM-5 by 15–17 cm	0–10	0.94	0.96	0.96	0.95
	10–20	1.06	0.98	1.14	1.06
	20–30	1.15	1.01	1.15	1.10
	0–30	1.05	0.98	1.08	1.04
Plowing – PCH-2.5 by 25–27 cm	0–10	1.01	1.01	1.10	1.04
	10–20	1.11	1.02	1.15	1.09
	20–30	1.19	1.04	1.16	1.13
	0–30	1.10	1.02	1.14	1.09

Table 2 – Indicators of the agronomically valuable fraction (7–0.25 mm) of soil, depending on the method of main processing

Basic tillage	Soil layer, cm	2016	2017	2018	Average	The structure coefficient
Processing with a stratifier PRSM-5 by 15–17 cm	0–10	71.0	74.3	70.0	71.8	2.56
	10–20	67.9	72.0	69.1	69.7	2.31
	20–30	67.0	71.8	67.4	68.7	2.21
	0–30	68.7	72.7	68.8	70.1	2.36
Plowing – PCH-2.5 by 25–27 cm	0–10	68.4	70.3	68.3	69.0	2.21
	10–20	66.7	66.2	69.5	67.5	2.06
	20–30	65.9	64.5	68.8	66.4	1.98
	0–30	67.0	67.0	68.9	67.6	2.08

Various methods of basic tillage significantly influenced not only the agrophysical properties of the soil, but also had certain differences in the accumulation of moisture in it. Reserves of productive moisture in the upper (0–10 cm) soil layer before sowing in areas treated with a stratifier PRSM-5 13.6–14.0 mm, and with chisel – 11.3–12.0 mm. Differences in moisture reserves are associated with an increase in the porosity of this layer as a result of mixing crop residues with soil. Moisture reserves in a meter layer of soil after treatment with a stratifier PRSM-5 were 128–144 mm, and after chisel treatment, 123–142 mm. At the end of the growing season, the reserves of productive moisture decreased significantly and in the phase of full ripeness after treatment with the stratifier PRSM-5 they were 57 mm, and after chisel processing – 69 mm, that is, during chisel processing, the reserves of productive moisture were used more rationally.

Rolling the soil before sowing with ring-spur rollers ensured the accumulation of moisture due to capillary pulling of moisture from the lower layers of the soil in the zone of seed placement. This agrotechnical technique provides uniform placement of seeds during sowing and closer contact of seeds with the soil, better moisture supply, and, consequently, obtaining friendly seedlings. However, the use of such an agricultural method in the case of soil moisture after sowing led to a decrease in the density of soybean plants, although close contact of seeds with soil was observed. As you know, soybean plants during germination bring their cotyledons to the surface of the soil and quite often, at high soil density, the sprouts break and die. Rolling the soil on the plots before sowing provided the best results, and after sowing led to a decrease in the density and productivity of soybean plants.

The observations made during the "sowing-shooting" period showed that the methods of sowing did not affect the emergence of seedlings. At the same time, the main role was played by the amount of moisture in the seed layer and the thermal regime during this period.

The passage of development phases by soybean plants depended on the above factors and weather conditions during the growing season. In the presence of precipitation and a decrease in air temperature, the phases of plant development were lengthened, and, consequently, the duration of the growing season also increased. So, the onset of full ripeness was noted on the 125-th day of vegetation, and under dry conditions, due to the reduction of interphase periods - on the 115-th day.

The analysis of biometric indicators at the time of soybean flowering showed that the height

of plants changed depending on agricultural practices. So, soybean plants of the first sowing period after treatment with a stratifier PRSM-5 (soil temperature 8–10 °C at a depth of 10 cm) without pre-sowing packing had a height of 1.2–1.7 cm more compared to the variant where pre- and post-sowing soil compaction. At the second sowing term (soil temperature 10–12 °C), in areas without pre-sowing packing, the height of soybean plants was 1.7–2.3 cm higher than in the variant with pre- and post-sowing packing. Determination of the height of soybean plants at the third sowing period (soil temperature 12–14 °C) showed that this indicator was 7.8–9.5 cm less compared to the above period without pre-sowing rolling, and in areas with pre- and post-sowing rolling had the lowest rates.

It should be noted that other conditions for the formation of plant density and height were observed during chisel cultivation, when more than 60 % of crop residues remained on the soil surface. The residues mixed with the soil, which led to an increase in the number of cracks and some loss of moisture. Therefore, rolling in this case is an expedient agricultural technique in preparing the soil. The use of pre-sowing rolling at the first sowing period ensured the formation of a similar plant density, as in the case of treatment with a stratifier PRSM-5, but seedlings appeared 3–4 days later. This in a certain way affected the height of plants, its indicators at the time of flowering were 4.2 cm less. Rolling before and after sowing ensured better soil compaction, so seedlings appeared in these areas at the same time as when treated with a stratifier PRSM-5; there was a trend towards an increase in plant density. With such agrotechnical practices, the height of the plants was somewhat higher than when treated with the stratifier PRSM-5. At the second sowing period, when the soil warmed up to 10–12 °C, there were no significant differences in seedling density between the variants with rolling, depending on the implementation of this agricultural method before and after sowing.

At the third sowing term and soil warming up to 12–14 °C, rolling contributed to a more friendly emergence of seedlings. The height of soybean plants in the variants with pre-sowing rolling was 1.4 cm less. Carrying out this agricultural method before and after sowing led to a decrease in plant height – by 1.9 cm.

The main quantitative indicator of the photosynthetic activity of sowing is the area of the assimilation leaf surface of the herbage [30]. Taking into account the area of the leaf surface showed that these indicators varied depending on weather conditions, methods of basic processing and the timing

of rolling (Table 3). Under favorable moisture conditions in the first half of the growing season, at the first sowing date, soybean crops, when treated with a stratifier PRSM-5 without pre-sowing rolling, formed a leaf surface at the level of 42.2, and with chisel treatment – 38.3 thousand m<sup>2</sup>/ha.

The results of taking into account the leaf surface area during the second sowing period and pre-sowing rolling, as well as without rolling against the background of treatment with the stratifier PRSM-5 and chisel processing, showed that soybean crops formed almost the same assimilation surface – 42.6 and 42.4 thousand m<sup>2</sup>/ha, and in the third – 42.8–43.7 thousand m<sup>2</sup>/ha. In the arid conditions of past years, in the areas where the treatment with the stratifier PRSM-5 was carried out without rolling before sowing, the photosynthetic apparatus of soybean agrocenosis amounted to 26.7–30.7 thousand m<sup>2</sup>/ha, and in case of chisel treatment with rolling before sowing – 25.0–25.6 thousand m<sup>2</sup>/ha. Against the background of post-sowing rolling during treatment with a stratifier PRSM-5, the area of the leaf surface of crops amounted to 27.4–30.4 thousand m<sup>2</sup>/ha, and during chisel processing – 26.0–26.5 thousand m<sup>2</sup>/ha.

It should also be noted that due to the high temperatures that occurred in dry years, the level of

harmfulness of the acacia moth increased over the entire growing season of plants. So, in the crops of the first sowing period, the damaged seed was almost 8 %, and in the case of chisel processing – 11.7–13.0 %. In crops of the second and third sowing terms, seed damage increased to 16–21 %.

The analysis of the indicators of the yield structure showed that the «Feya» soybean crops created the best conditions for growth and development, therefore, a greater number of branches were formed on one plant, and, consequently, the number of beans and seeds per plant increased. Such an indicator as the weight of 1000 seeds significantly depended on the weather conditions of each year during the period of grain formation.

The experimental data obtained under favorable moisture conditions (hydrothermal coefficient 1.45) indicate that when using the herbicide Lancaster (2.0 l/ha), high productivity of soybean plants was formed after treatment with the stratifier PRSM-5 when sowing with stable warming of the soil up to 8–10 °C, but the highest after chisel tillage and sowing at a soil temperature of 10–12 °C against the background of pre-sowing rolling (Table 4). Under dry weather conditions, the best yield was formed when treated with a stratifier PRSM-5 at the second sowing date, and when chisel loosening – at the first and pre-sowing rolling.

Table 3 – Soybean assimilation surface area depending on growing conditions, thousand m<sup>2</sup>/ha

Basic tillage method	Rolling	Dry conditions (2017)			Favorable conditions (2018)		
		sowing dates					
		first	second	third	first	second	third
Processing with a stratifier PRSM-5 per 15–17 cm	without rolling	26.7	30.7	28.6	42.2	42.6	41.6
	after sowing	30.4	29.8	27.4	43.1	42.9	43.2
Chisel per 25–27 cm	before sowing	25.9	25.6	25.0	38.3	42.4	42.8
	before and after sowing	26.3	26.5	26.0	39.7	41.9	43.7

Table 4 – Soybean yield depending on the main treatment method, sowing dates and pre and post-sowing packing, t/ha

Basic tillage method	Rolling	Dry conditions (2017)			Favorable conditions (2018)		
		Sowing time depending on soil temperature at depth 10 cm					
		8–10 °C (factor A)	10–12 °C (factor B)	12–14 °C (factor C)	8–10 °C (factor A)	10–12 °C (factor B)	12–14 °C (factor C)
Processing with a stratifier PRSM-5 per 15–17 cm	without rolling	1.12	1.18	1.15	1.91	1.77	1.71
	after sowing	1.14	1.14	1.15	1.78	1.75	1.68
Chisel per 25–27 cm	before sowing	1.08	1.03	1.02	1.80	1.96	1.70
	before and after sowing	1.05	1.05	1.03	1.76	1.81	1.66

LSD<sub>095</sub> t/ha

A – 0.04–0.05;

BC – 0.04–0.05;

B – 0.03–0.04;

AC – 0.03–0.06;

C – 0.02–0.04;

ABC – 0.06–0.09.

AB – 0.04–0.06;

**Conclusions.** When using chemical weed killers, the highest seed productivity of soybean plants under favorable growing conditions (1.96 t/ha) was formed in areas with chisel cultivation when the soil warmed up from 10 to 12 °C, and when treated with a stratifier PRSM-5 when sowing with stable warming soil to a depth of 10 cm to 8–10 °C, against the background without rolling, it was 1.91 t/ha. Under arid growing conditions, the highest seed productivity of soybean plants was obtained (1.18 t/ha) against the background of treatment with a stratifier PRSM-5 and when sowing with stable heating of the soil to a depth of 10 cm to 10–12 °C without rolling. Against the background of chisel cultivation, the best sowing time was when the soil warmed up to a depth of 10 cm to 8–10 °C and pre-sowing rolling. Rolling the soil after sowing led to a decrease in yield both during chisel cultivation and when treated with a stratifier PRSM-5 – by 0.03–0.07 t/ha.

#### REFERENCES

1. Kuts, O., Shevchenko, S., Semenenko, I., Dukhin, E., Yakovchenko, A., Yakovchenko, O. (2021). Study of the efficiency of sweet potato growing in the Forest-Steppe of Ukraine by different methods of soil mulching. *EUREKA, Life Sciences*. no. (6), pp. 17–24. DOI: 10.21303/2504-5695.2021.002156
2. Syromyatnikov, Y. (2019). Design parameters of the rotor of a tillage loosening and separating machine. *Agriculture*, Vol. 2, pp. 7–27. DOI: 10.7256/2453-8809.2019.2.31975
3. Syromyatnikov, Y. (2019). Influence of local soil loosening on soy yield. *Știința Agricolă*. Vol. 1, pp. 117–124.
4. Pashchenko, V.F. (2019). The influence of local loosening of the soil on soybean productivity. *Tractors and Agricultural Machinery*. Vol. 5, pp. 79–86. DOI: 10.31992/0321-4443-2019-5-79-86
5. Kiryushin, V.I. (2019). The management of soil fertility and productivity of agrocenoses in adaptive-landscape farming systems. *Eurasian Soil Science*. Vol. 52 (9), pp. 1137–1145. DOI: 10.1134/S1064229319070068
6. Etemadi, F. (2019). Agronomy, nutritional value, and medicinal application of faba bean (*Vicia faba* L.). *Horticultural Plant Journal*. Vol. 5 (4), pp. 170–182. DOI: 10.1016/j.hpj.2019.04.004
7. Luiz, M.C.P. (2020). Effects of sowing time and plant population on the productive potential and agronomic characters in soy. *Bioscience Journal*. Vol. 36 (1), pp. 161–172. DOI: 10.14393/BJ-v36n1a2020-42336
8. Tamarakhan, O., Nurzhan, K. (2021). Influence of sowing time on the yield of soy bean of the variety "Nafis" in the conditions of the aral region. *Euro-Asia Conferences*. Vol. 1 (1), pp. 284–287.
9. Ferreira, C.J.B. (2021). Soil compaction influences soil physical quality and soybean yield under long-term no-tillage. *Archives of Agronomy and Soil Science*. Vol. 67 (3), pp. 383–396. DOI: 10.1080/03650340.2020.1733535
10. de Moraes, M.T. (2020). Soil compaction impacts soybean root growth in an Oxisol from subtropical Brazil. *Soil and Tillage Research*. Vol. 200, 104611 p. DOI: 10.1016/j.still.2020.104611
11. Yue, L. (2021). Impacts of soil compaction and historical soybean variety growth on soil macropore structure. *Soil and Tillage Research*. Vol. 214, 105166 p. DOI: 10.1016/j.still.2021.105166
12. Yang, X. (2018). Modelling the effects of conservation tillage on crop water productivity, soil water dynamics and evapotranspiration of a maize-winter wheat-soybean rotation system on the Loess Plateau of China using APSIM. *Agricultural Systems*. Vol. 166, pp. 111–123. DOI: 10.1016/j.agsy.2018.08.005
13. Hanhur, V.V., Len, O.I., Hanhur, N.V. (2021). Effect of minimizing soil tillage on moisture supply and spring barley productivity in the zone of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*. Vol. 1, pp. 128–134. DOI: 10.31210/visnyk2021.01.15
14. Cherenkov, A.V. (2021). Increasing the efficiency of moisture resources in crop rotation by tillage optimization in Ukrainian Steppe zone. *Ukrainian Journal of Ecology*. Vol. 35, 39 p. DOI: 10.15421/2021\_73
15. Siroshstan, A. (2021). Yield and sowing qualities of winter bread wheat seeds depending on the preceding crops and sowing dates in the Forest-Steppe of Ukraine. *American Journal of Agriculture and Forestry*. Vol. 9 (2), pp. 76–82. DOI: 10.11648/j.ajaf.20210902.15
16. Gobin, A. (2018). Weather related risks in Belgian arable agriculture. *Agricultural Systems*. Vol. 159, pp. 225–236. DOI: 10.1016/j.agsy.2017.06.009
17. Popolzukhina, N. (2019). Photosynthetic and symbiotic efficiency in shaping the yield of pea seed in the agro-ecological conditions of the southern forest-steppe of Western Siberia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 315 (6), 062028 p. DOI: 10.1088/1755-1315/315/6/062028
18. Akhtar, K. (2019). Wheat straw mulching offset soil moisture deficient for improving physiological and growth performance of summer sown soybean. *Agricultural water management*. Vol. 211, pp. 16–25. DOI: 10.1016/j.agwat.2018.09.031
19. Ferrari, M. (2018). Path analysis and phenotypic correlation among yield components of soybean using environmental stratification methods. *Australian Journal of Crop Science*. Vol. 12 (2), pp. 193–202. DOI: 10.21475/ajcs.18.12.02.pne488
20. Acharya, B.S. (2019). Winter cover crops effect on soil moisture and soybean growth and yield under different tillage systems. *Soiland Tillage Research*. Vol. 195, 104430 p. DOI: 10.1016/j.still.2019.104430
21. Syromyatnikov, Y.N., Mozgovskiy, O.F., Kutz, O.V., Paramonova, T.V., Mykhailyn, V.I., Huliak, N.V. (2021). Influence of constant traditional soil treatment in vegetable-fodder crop rotation on density of black soil. *Vegetable and Melon Growing*. no. (70), pp. 66–79. DOI: 10.32717/0131-0062-2021-70-66-79
22. Syromyatnikov, Y.N. (2018). Results of field studies of a rotary tillage loosening-separating machine with experimental working bodies. *Bull. Altai State Agrarian Univ*. no. 5(163), pp. 184–193.



23. Kuts, O.V., Mykhailyn, V.I., Paramonova, T.V., Rozhkov, A.O., Onyshchenko, O.I., Semenenko, I.I., Zhernova, O.S. (2022). Influence of different fertilizer systems on seed productivity of tomato. *Vegetable and Melon Growing*. no. (72), pp. 61–70. DOI: 10.32717/0131-0062-2022-72-61-70

24. Nunes, M.R. (2019). Dynamic changes in compressive properties and crop response after chisel tillage in a highly weathered soil. *Soil and Tillage Research*. Vol. 186, pp. 183–190. DOI: 10.1016/j.still.2018.10.017

25. Maslov, G. (2020). Technological and Technical Improvement of Crop Cultivation Processes. *International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies*. Vol. 11 (8), pp. 1–13. DOI: 10.14456/ITJEMAST.2020.148

26. Kuts, O.V., Pomaz, N.V. (2013). Efficacy of em-preparation used for optimization of eggplants nutrition. *Agricultural microbiology*. no. 17, pp. 148–158. DOI: 10.35868/1997-3004.17.148-158

27. Nanka, A., Morozov, I., Morozov, V., Krekot, M., Poliakov, A., Kiralhazi, I., Stashkiv, M. (2021). Substantiation of the Presence and Parameters of Seed Guides in the Openers, Which Increase the Quality of Sowing and Yield. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. no. 4(1), 112 p. DOI: 10.15587/1729-4061.2021.239304

28. Sun, J., Wang, Y., Ma, Y., Tong, J., Zhang, Z. (2018). DEM simulation of bionic subsoilers (tillage depth > 40 cm) with drag reduction and lower soil disturbance characteristics. *Advances in Engineering Software*. no. 119, pp. 30–37. DOI: 10.1016/j.advengsoft.2018.02.001

29. Hang, C., Gao, X., Yuan, M., Huang, Y., Zhu, R. (2018). Discrete element simulations and experiments of soil disturbance as affected by the tine spacing of subsoiler. *Biosystems Engineering*. no. 168, pp. 73–82. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2017.03.008

30. Romanyuk, N., Ednach, V., Nukeshev, S., Troyanovskaya, I., Voinash, S., Kalimullin, M., Sokolova, V. (2023). Improvement of the design of the plow-subsoiler-fertilizer to increase soil fertility. *Journal of Terramechanics*. no. 106, pp. 89–93. DOI: 10.1016/j.tterra.2023.01.001

## Вплив агротехніки та строків сівби за різних погодних умов на врожайність сої Сиром'ятников Ю.М.

Стаття присвячена визначенню оптимальних строків сівби сої за стійкого прогрівання ґрунту, розглянуто обробку стратифікатором ПРСМ-5 та чизельну обробку на фоні передпосівного коткування. З використанням ґрунтообробних агрегатів трьох типів проведено аналіз ефективності різних прийомів основного обробітку на фоні різних агротехнічних прийомів. Оптимальні строки сівби сої визначено за стабільного прогрівання ґрунту до 8–10 °С за обробки стратифікатором ПРСМ-5 та до 10–12 °С за чизельної культивування на фоні передпосівного коткування. Дослідження показали, що щільність ґрунту залежить насамперед від способу основного обробітку. Аналіз показників щільності ґрунту загалом показав, що після обробки стратифікатором ПРСМ-5 вона була дещо меншою і становила в середньому 1,04 г/см<sup>3</sup>, а після чизельної обробки – 1,09 г/см<sup>3</sup>. Аналіз структурного складу ґрунту показав, що найкраща структурна будова ґрунту спостерігалася за обробки стратифікатором ПРСМ-5 завдяки винесенню найбільш агрономічно цінних грудок ґрунту з нижніх шарів на поверхню, при цьому структурний коефіцієнт був високим і сягав 2,36, за чизельної обробки – 2,08. Аналіз запасів продуктивної вологи наприкінці вегетації показав, що під час чизельної обробки вони витрачалися більш раціонально, у фазу повної стиглості після обробки стратифікатором ПРСМ-5 – становили 57 мм, а після обробки чизелем – 69 мм. Отримані експериментальні дані свідчать про те, що за умов сухої погоди найкращий врожай формувалася за обробки стратифікатором ПРСМ-5 у другий строк сівби, за чизельного розпушування – під час першого та передпосівного коткування.

**Ключові слова:** соя, обробіток ґрунту, стратифікатор ПРСМ-5, щільність, структура, урожайність.



Copyright: Syromyatnikov Y. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Syromyatnikov Y.

<https://orcid.org/0000-0001-9502-626X>

УДК 574.5:551.58(477.74)

## Екологічний моніторинг міграції техногенних радіонуклідів між абіотичними компонентами та водяними рослинами екосистеми Канівського водосховища

Скиба В.В. 

Білоцерківський національний аграрний університет

 volly2005@ukr.net

Скиба В.В. Екологічний моніторинг міграції техногенних радіонуклідів між абіотичними компонентами та водяними рослинами екосистеми Канівського водосховища. «Агробіологія», 2023. № 1. С. 196–204.

Skyba V. Ecological monitoring of migration of technogenic radionuclides between abiotic components and aquatic plants in the ecosystem of the Kaniv reservoir. «Agrobiology», 2023. no. 1, pp. 196–204.

Рукопис отримано: 29.04.2023 р.

Прийнято: 13.05.2023 р.

Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-179-1-196-204

Проведені у період з 2011 до 2018 роки дослідження виявили, що середня питома активність радіонуклідів  $^{90}\text{Sr}$  та  $^{137}\text{Cs}$  у вищих водяних рослин (рдесника пронизанолистого, куширу зануреного, очерету звичайного та рогозу вузьколистого) коливається в широкому діапазоні значень. Представлені дослідження показали зменшення рівнів накопичення  $^{137}\text{Cs}$  у гідатофітах протягом досліджуваного періоду. Однак, питома активність  $^{90}\text{Sr}$  у гелофітах, гідатофітах та плейстофітах залишалася стабільною. У 2018 році середня питома активність  $^{90}\text{Sr}$  у рослинах не перевищувала максимальних референтних значень, тимчасом питома активність  $^{137}\text{Cs}$  була значно вищою в порівнянні з референтними значеннями. Загальне радіоактивне забруднення вищих водяних рослин Канівського водосховища переважно формувалося радіонуклідом  $^{137}\text{Cs}$ . Дослідження підтвердили наявність послідовності в розташуванні рослин різних екологічних груп за зростанням питомої активності  $^{90}\text{Sr}$  та  $^{137}\text{Cs}$ : гелофіти < плейстофіти < гідатофіти, що свідчить про рівноважний радіоекологічний стан екосистеми Канівського водосховища.

Протягом періоду 2011–2018 рр. було виявлено, що середня питома активність  $^{90}\text{Sr}$  в надземних органах рдесника пронизанолистого, куширу зануреного, очерету звичайного та рогозу вузьколистого коливалася в діапазоні від 1,5 до 14,0 Бк/кг, а питома активність  $^{137}\text{Cs}$  – від 3,1 до 165 Бк/кг. Також спостерігалась тенденція до зниження рівнів накопичення  $^{137}\text{Cs}$  гідатофітами. Ймовірно, питома активність  $^{137}\text{Cs}$  у гелофітів та  $^{90}\text{Sr}$  у гелофітів та гідатофітів залишалася незмінною.

У 2018 році середня питома активність  $^{90}\text{Sr}$  у вивчених видів рослин не перевищувала максимальних референтних значень післяварійного періоду. Тимчасом питома активність  $^{137}\text{Cs}$  у рдесника пронизанолистого перевищувала максимальні референтні значення в 13 разів, у куширу зануреного, очерету звичайного та рогозу вузьколистого – у 25; 3 та 2 рази відповідно.

За зростанням питомої активності  $^{90}\text{Sr}$  та  $^{137}\text{Cs}$  рослини різних екологічних груп розташовувалися у наступній послідовності: гелофіти < плейстофіти < гідатофіти, що свідчить про рівноважний радіоекологічний стан в екосистемі Канівського водосховища. Радіонуклідне забруднення вищих водяних рослин Канівського водосховища на 75–90 % було сформоване  $^{137}\text{Cs}$ .

**Ключові слова:** активність  $^{90}\text{Sr}$ , активність  $^{137}\text{Cs}$ , радіонукліди, водяні рослини, екологічний моніторинг, Канівське водосховище, накопичення радіонуклідів, референтні значення, екосистема.

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** Проблеми радіоактивного забруднення агроєкосистем, зокрема наслідків надходження радіонуклідів техногенного походження у рибогосподарські водойми, після аварії на ЧАЕС у 1986 р., висвітлені у численних наукових роботах, а саме, доведена здатність вищих водяних рослин швидко реагувати на зміну радіоекологічної ситуації в екосистемі та у значних кількостях накопичувати радіоактивні елементи [5, 8, 12, 14, 15].

Вищим водяним рослинам прісноводних рибогосподарських екосистем притаманне надзвичайне різноманіття морфологічних форм життєдіяльності та контактів з іншими компонентами водойм. Частина видів перебуває у контакті лише з водним середовищем, інші – з водним середовищем та ґрунтом, також є групи, які контактують з водою, ґрунтом і повітрям [6]. У ряді наукових публікацій показано, що занурені вищі водяні рослини можуть слугувати індикаторами радіонуклідного забруднення водних мас, а по співвідношеннях вмісту радіонукліда в рослинах різних екологічних груп можна проводити ретроспективну оцінку надходження радіонукліда в екосистему [2, 4, 10, 11, 6].

Дослідження закономірностей формування радіонуклідного забруднення вищих водяних рослин Дніпровських водосховищ були розпочаті у перші місяці після аварії на ЧАЕС [12, 14], а вагомі узагальнення щодо особливостей накопичення техногенних радіонуклідів рослинами Канівського водосховища проведені на основі результатів за період 1986–2006 рр. [5, 7, 14]. Упродовж наступних 15-ти років радіоекологічні дослідження гідроєкосистеми Канівського водосховища скоротилися, а інформація щодо закономірностей накопичення радіонуклідів рослинами обмежувалася даними про вміст  $^{90}\text{Sr}$  та  $^{137}\text{Cs}$  у рослинах верхньої частини водосховища за період 2010–2012 рр. [10].

Однак, на сьогодні, надзвичайно актуальним питанням є визначення референсних величин радіонуклідного забруднення компонентів водойм України різного призначення, оскільки військовий конфлікт на території нашої держави може спричинити радіаційне забруднення навколишнього природного середовища внаслідок руйнування підприємств ядерного паливного циклу та у випадку застосування ядерної зброї. Канівське водосховище можна віднести до водойм, що перебувають під загрозою радіоактивного забруднення водним шляхом. У водному балансі Канівського водосховища 75 % прибуткової частини забезпечують скиди Київської ГЕС, 20 % – р. Десна. Тому бойові дії на

території зони відчуження можуть призвести до збільшення потоку радіонуклідів не лише до Київського, а також до Канівського водосховища. Крім того, на території басейну р. Десна розташовані Смоленська та Курська АЕС з реакторами типу РБМК, які вважаються недостатньо надійними та застарілими [1], і аварійні ситуації на зазначених об'єктах можуть спричинити радіонуклідне забруднення екосистеми Канівського водосховища, через перенесення водних мас за течією річки Дніпро.

Тому, аналіз інформації щодо вмісту техногенних радіонуклідів у компонентах екосистеми Канівського водосховища за період, який передував початку воєнних дій, сприятиме визначенню референсних рівнів радіоактивного забруднення компонентів водойми та уточненню параметрів багаторічної динаміки радіонуклідів у гідробіонтах.

**Мета дослідження** – визначення закономірностей формування радіонуклідного забруднення вищих водяних рослин Канівського водосховища у віддалений після аварії на ЧАЕС період.

**Матеріал і методи дослідження.** Роботу виконували у 2011–2018 рр. Проби вищих водяних рослин відбирали у період формування максимальної фітомаси (липень–серпень) на мілководних ділянках середньої частини Канівського водосховища у районі м. Ржищів (правий берег) та Бориспільських островів (лівий берег) (рис. 1).

Об'єктами досліджень були вищі водяні рослини, які належать до 3-х основних екологічних груп: 1) занурені (гідатофіти) – рдесник пронизанолістий *P. perfoliatus* L.; водопериця колосиста *Myriophyllum spicatum* L.; елодея канадська *Eloдея canadensis* Michx.; різуха морська *Najas marina* L.; кушир занурений *Ceratophyllum demersum* L.; 2) рослини з плаваючим на поверхні води листям (плейстофіти) – глечики жовті *Nuphar lutea* (L.) Smith.; сальвінія плаваюча *Salvinia natans* (L.) All.; 3) повітряно-водяні (гелофіти) – куга озерна *Scirpus lacustris* L.; очерет звичайний *Phragmites australis* (Cav.) Trin.; рогіз вузьколистий *Typha angustifolia* L.; лепешняк великий *Glyceria maxima* (C. Gartm.).

Проби рослин відбирали відповідно до загальноприйнятих у гідробіологічних та радіоекологічних дослідженнях методик [9]. Питому активність радіонуклідів визначали у надземних органах рослин загальноприйнятими гамма-спектрометричними та радіохімічними методами за допомогою універсального спектрометричного комплексу «УСК Гамма+». Питома активність радіонуклідів наведена у Бк/кг повітряно-сухої маси.

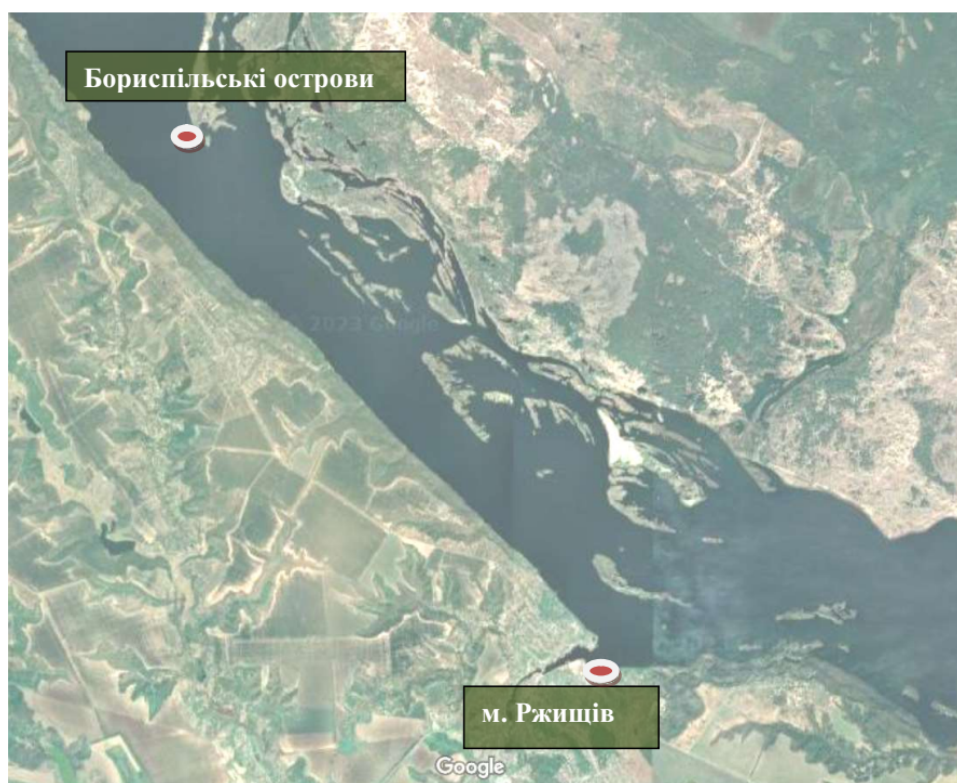


Рис. 1. Точки відбору проб вищих водяних рослин.

**Результати дослідження та обговорення.** Упродовж періоду 2011–2018 рр. визначали  $^{90}\text{Sr}$  та  $^{137}\text{Cs}$  у типових представників двох екологічних груп повітряно-водяних рослин – гідатофітах (рдесник пронизанолистий і кушир занурений) та гелофітах (очерет звичайний і рогіз вузьколистий). Середня питома активність  $^{90}\text{Sr}$  у гідатофітах зареєстрована у діапазоні величин від 7,5 (рдесник пронизанолистий, Бориспільські острови) до 14,0 Бк/кг (кушир занурений, Бориспільські острови), у гелофітах – від 1,5 (рогіз вузьколистий, Бориспільські острови та м. Ржищів) до 4,2 Бк/кг (очерет звичайний, м. Ржищів) (рис. 2).

Із наведених даних видно, що упродовж періоду досліджень вміст  $^{90}\text{Sr}$  у рослинах з правобережних та лівобережних ділянок водосховища вірогідно не відрізнявся і від 2011 до 2018 рр. рівні накопичення  $^{90}\text{Sr}$  у рослинах 4-х видів практично не змінилися.

Середня питома активність  $^{137}\text{Cs}$  у гідатофітах зареєстрована у діапазоні величин від 45 (рдесник пронизанолистий, м. Ржищів) до 165 Бк/кг (кушир занурений, м. Ржищів), у гелофітах – від 3,1 (рогіз вузьколистий, м. Ржищів) до 12,1 Бк/кг (очерет звичайний, Бориспільські острови) (рис. 3).

Результати досліджень показали, що активність  $^{90}\text{Sr}$  та  $^{137}\text{Cs}$  у 4-х видів рослин з правобережних і лівобережних ділянок водосховища вірогідно не відрізнялася.

За період досліджень відзначена тенденція до зменшення рівнів накопичення  $^{137}\text{Cs}$  гідатофітами. Зокрема, у 2011 р. середні за двома точками показники вмісту радіонукліда у рдесника пронизанолистого становили 78, у 2018 р. – 48 Бк/кг, у кушира зануреного – 162 та 94 Бк/кг, відповідно. Водночас, питома активність  $^{137}\text{Cs}$  у гелофітах, так само як і  $^{90}\text{Sr}$  у представників обох екологічних груп, упродовж зазначеного періоду вірогідно не змінилася.

Доречно буде порівняти результати, отримані у віддалений після аварії на ЧАЕС період з даними досліджень рівнів вмісту радіонуклідів у компонентах водних екосистем, які були отримані у період, що передував аварії. У процесі радіоекологічних досліджень річок Прип'ять, Дніпро та Київського водосховища встановлено, що радіонуклідне забруднення вищих водяних рослин зазначених водойм було сформоване  $^{90}\text{Sr}$  та  $^{137}\text{Cs}$  глобального походження, зокрема внесок  $^{90}\text{Sr}$  до сумарної штучної радіоактивності цих гідробіонтів був домінуючим. Питома активність  $^{90}\text{Sr}$  у вищих водяних рослинах



становила 4,4–11,8 Бк/кг,  $^{137}\text{Cs}$  – відповідно 0,3–3,6 Бк/кг [13]. За результатами досліджень вмісту радіонуклідів у гідробіонтах Запорізького водосховища [2] питома активність зазначених радіонуклідів у вищих водяних рослинах цієї водойми вірогідно не відрізнялася від величин, притаманних гідробіонтам Київського водосховища. Вважаємо за можливе прийняти наведені вище величини за референтні для Канівського водосховища у доаварійний період.

Отже, у 2018 р. величина середньої питомої активності  $^{90}\text{Sr}$  у досліджених видах гідаатофітів не перевищувала максимальних референтних значень доаварійного періоду, у гелофітів була меншою. Середня питома активність  $^{137}\text{Cs}$  у рдесника пронизанolistого перевищувала максимальні референтні величини у 13 разів, куширу зануреного, очерету звичайного та рогузу вузьколистого – приблизно у 25; 3 та 2 рази, відповідно.

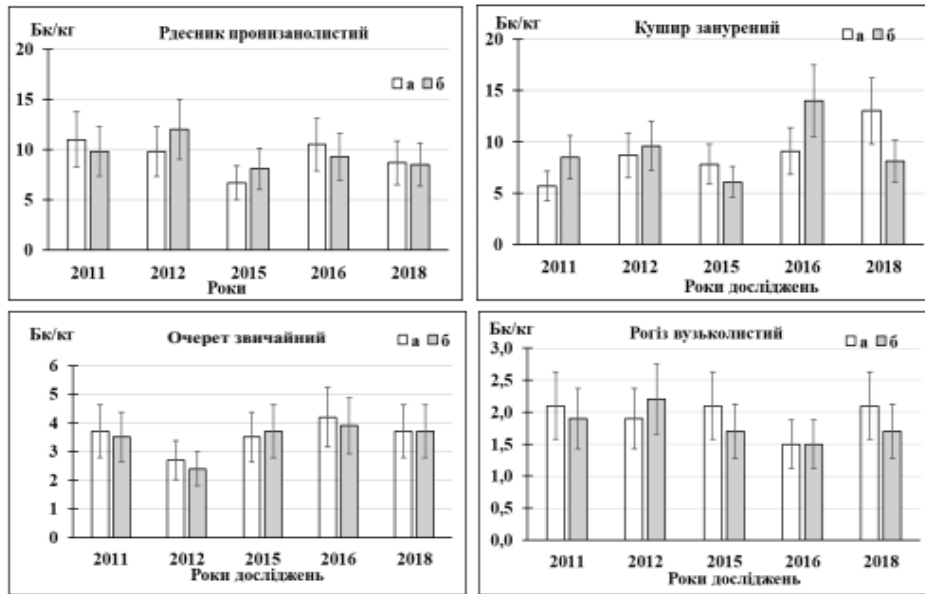


Рис. 2. Питома активність  $^{90}\text{Sr}$  у вищих водяних рослинах на правобережній та лівобережній ділянках Канівського водосховища (а – м. Ржищів, б – Бориспільські острови).

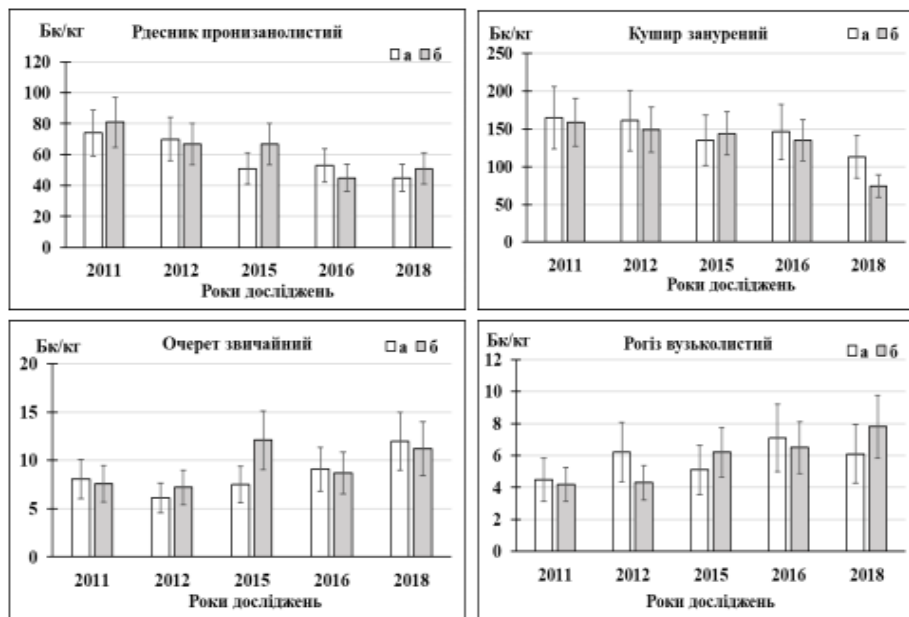


Рис. 3. Питома активність  $^{137}\text{Cs}$  у вищих водяних рослинах на правобережній та лівобережній ділянках Канівського водосховища (а – м. Ржищів, б – Бориспільські острови).

Аналіз результатів досліджень закономірностей формування радіонуклідного забруднення компонентів Канівського водосховища, які наведені у [5, 10, 13], показав, що вміст  $^{90}\text{Sr}$  у вищих водяних рослинах не змінювався упродовж тривалого часу. Зокрема, у 1986 р. його максимальна питома активність у вищих водяних рослинах досягала 400 Бк/кг і до 2003 р. зменшилася до референтних доаварійних величин, тобто упродовж періоду 2003–2018 рр. вміст  $^{90}\text{Sr}$  у вищих водяних рослинах водосховища залишався на одному рівні. Водночас величини питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у рослинах Канівського водосховища поступово зменшувалися.

Також необхідно зазначити, що на час досліджень, на відміну від доаварійного періоду, радіонуклідне забруднення рослин Канівського водосховища було сформоване переважно  $^{137}\text{Cs}$  (рис. 4).

Відомо, що у прісноводних водоймах рівні вмісту радіонуклідів у вищих водяних рослинах різних видів значно відрізняються, що пояснюють різною площею контакту їхніх вегетуючих органів з водним середовищем [11]. Вважається, що у водних екосистемах, які характеризуються рівноважним радіоекологічним станом, за зростанням активності радіонуклідів рослини різних екологічних груп розташовуються у наступній послідовності: гелофіти < плейстофіти < гідатофіти, а пору-

шення такої послідовності може свідчити про надходження радіонуклідів упродовж поточно-го або попереднього вегетаційного сезонів.

З метою визначення особливостей радіонуклідного забруднення рослин Канівського водосховища, що належать до різних екологічних груп, у 2012 р. визначали питому активність  $^{90}\text{Sr}$  та  $^{137}\text{Cs}$  у 12-ти видах рослин (рис. 5), які були відібрані на мілководдях у районі м. Ржищів.

Питома активність  $^{90}\text{Sr}$  у представників групи гелофітів – рогозу вузьколистого, очерету звичайного та лепешняку великого вірогідно не відрізнялася, у кузи озерної була дещо меншою. Вміст  $^{90}\text{Sr}$  у представників групи плейстофітів – глечиків жовтих та сальвінії плаваючої відрізнявся у 2 рази. Серед 5-ти видів, які належать до групи гідатофітів, найвищі рівні накопичення  $^{90}\text{Sr}$  зареєстровані у рдеснику пронизанолистому, куширі зануреному та різусі морській. Середні показники питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у досліджених видів представників групи гелофітів були нижчими, ніж у плейстофітів, а найвищі рівні вмісту зазначеного радіонукліда були характерні для гідатофітів.

Загалом слід зазначити, що на основі співвідношень активності радіонуклідів у рослинах різних екологічних груп Канівського водосховища радіоекологічний стан екосистеми на період досліджень можна характеризувати як рівноважний (рис. 6).

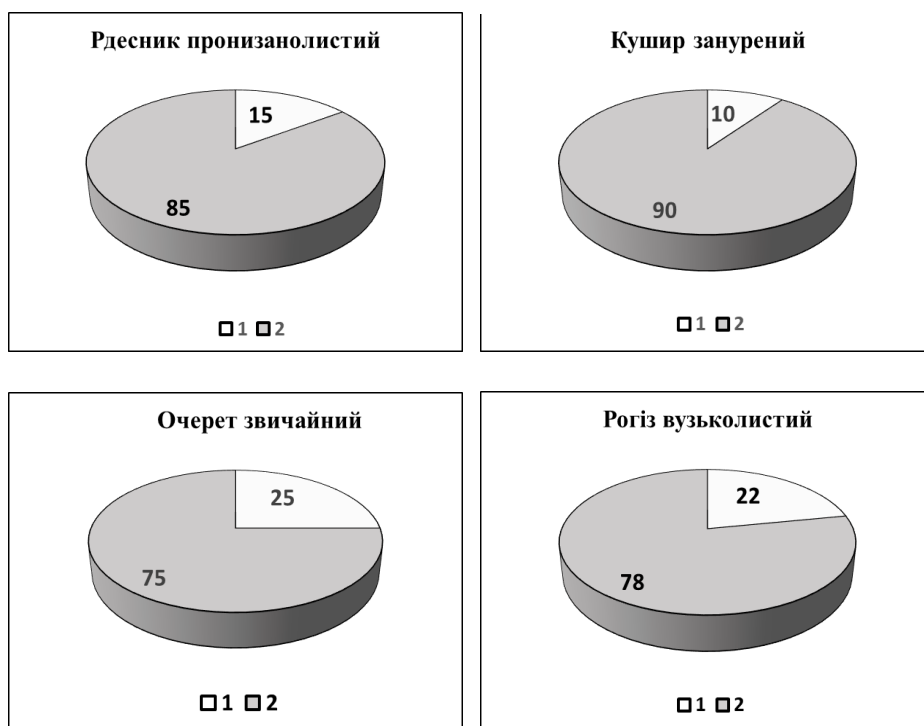


Рис. 4. Внесок  $^{90}\text{Sr}$  (1) та  $^{137}\text{Cs}$  (2) до сумарної активності рослин Канівського водосховища у 2018 р., %.

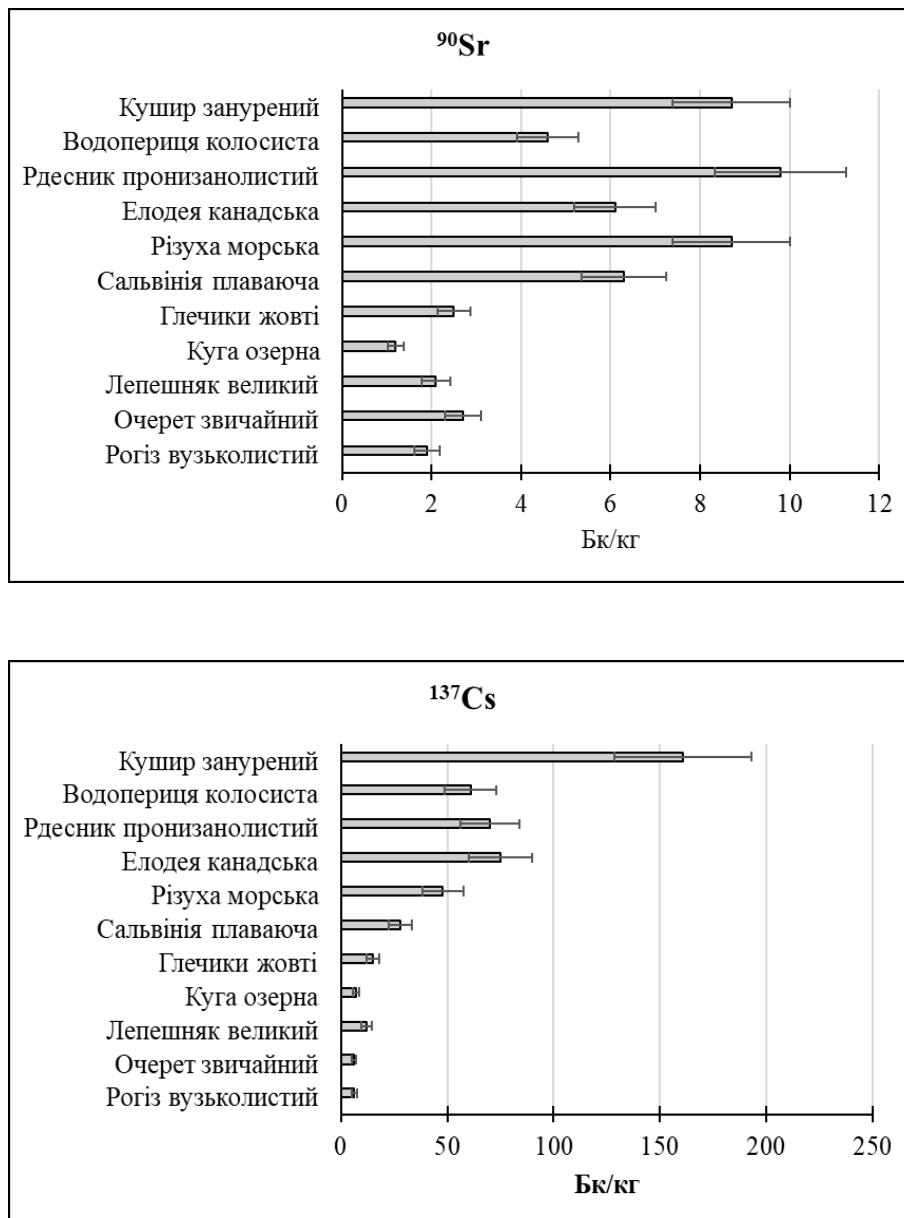


Рис. 5. Питома активність радіонуклідів у різних видах рослин Канівського водосховища, 2012 р.

Крім того, виконаний за даними 2012 р. аналіз видоспецифічності накопичення  $^{90}\text{Sr}$  та  $^{137}\text{Cs}$  вищими водними рослинами дозволив порівняти наші результати з даними, що були одержані у процесі досліджень радіонуклідного забруднення рослин у верхній частині водосховища на території м. Київ нижче гирла р. Десна [10]. Зокрема, за даними співробітників Інституту гідробіології НАН України, у 2010–2012 рр. питома активність  $^{90}\text{Sr}$  у рогозі вузьколистому становила  $2,5 \pm 0,7$ , кузі озерній –  $2,4 \pm 0,9$ , лепешняку великому –  $1,5 \pm 0,5$ , глечиках жовтих –  $2,0 \pm 0,7$ , сальвінії плаваючій –

$4,9 \pm 2,6$ , елодеї канадській –  $5,6 \pm 2,1$ , рдеснику пронизанолистому –  $7,3 \pm 2,5$  Бк/кг,  $^{137}\text{Cs}$  – відповідно  $7,1 \pm 5,4$ ;  $8,7 \pm 1,1$ ;  $11,6 \pm 3,9$ ;  $26,5 \pm 8,2$ ;  $32,6 \pm 5,9$ ;  $69,5 \pm 9,8$ ;  $64,6 \pm 14,5$  Бк/кг. Тобто наведені вище величини вірогідно не відрізнялися від тих, що були притаманні рослинам правобережної та лівобережної ділянок середньої частини Канівського водосховища. Отже, є підстави припустити, що на період досліджень різних ділянок Канівського водосховища, рівні радіонуклідного забруднення у різних видах вищих водних рослин не мали суттєвих розбіжностей.

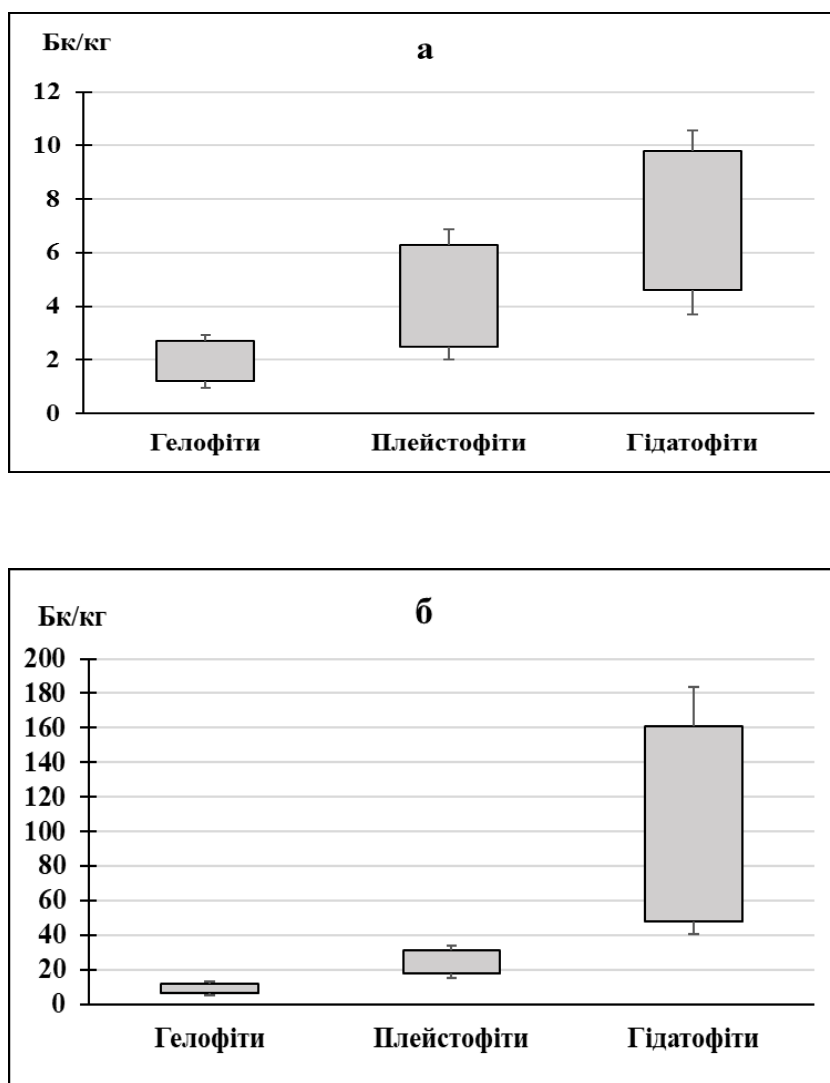


Рис. 6. Діапазони питомої активності  $^{90}\text{Sr}$  (а) та  $^{137}\text{Cs}$  (б) у вищих водяних рослинах різних екологічних груп Канівського водосховища, 2012 р.

**Висновки.** 1. Упродовж періоду 2011–2018 рр. середня питома активність  $^{90}\text{Sr}$  у надземних органах рдесника пронизанолістого, куширу зануреного, очерету звичайного та рогозу вузьколистого зареєстрована у діапазоні величин від 1,5 до 14,0 Бк/кг,  $^{137}\text{Cs}$  – від 3,1 до 165 Бк/кг.

2. За період досліджень відзначена тенденція до зменшення рівнів накопичення  $^{137}\text{Cs}$  гідатофітами. Питома активність  $^{137}\text{Cs}$  у гелофітах та  $^{90}\text{Sr}$  у гелофітах та гідатофітах вірогідно не змінилася.

3. У 2018 р. величина середньої питомої активності  $^{90}\text{Sr}$  у досліджених видах рослин не перевищувала максимальних референтних значень доаварійного періоду. Питома активність  $^{137}\text{Cs}$  у рдесника пронизанолістого перевищу-

вала максимальні референтні величини у 13 разів, куширу зануреного, очерету звичайного та рогозу вузьколистого – у 25; 3 та 2 рази, відповідно.

4. На час досліджень радіонуклідне забруднення вищих водяних рослин Канівського водосховища на 75–90 % було сформоване  $^{137}\text{Cs}$ .

5. За зростанням питомої активності  $^{90}\text{Sr}$  та  $^{137}\text{Cs}$  у рослинах різних екологічних груп відзначається наступна послідовність: гелофіти мають меншу активність порівняно з плейстофітами, а гідатофіти, навпаки, здатні адсорбувати більші концентрації радіонуклідів, що свідчить про рівноважний радіоекологічний стан в екосистемі Канівського водосховища.



## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. 20 років Чорнобильської катастрофи. Погляд у майбутнє: національна доповідь України. Київ: Атіка, 2006. 224 с.
2. Антоненко Т.М. Радиоэкологическое исследование накопления, распределения и миграции цезия-137 в водоемах степной зоны Украины: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.17. Севастополь, 1978. 28 с.
3. Волкова О.М. Метод оцінки радіоекологічного стану водних екосистем за вмістом радіонуклідів у гідробіонтах. Природничий альманах. Біологічні науки. 2006. Вип. 8. С. 7–12.
4. Особенности формирования радионуклидного загрязнения высших водных растений Киевского водохранилища / Е.Н. Волкова и др. Ядерная физика та енергетика. 2012. Т. 13. № 2. С. 160–165.
5. Волкова О.М. Техногенні радіонукліди у гідробіонтах водойм різного типу: дис. ... д-ра біол. наук: 03.00.17. Київ, 2008. 348 с.
6. Дубына Д.В., Шеляг-Сосонко Ю.Р. Принципы классификации высшей водной растительности. Гидробиол. журн. 1989. Т. 25. № 2. С. 9–17.
7. Широкая З.О. Запасы  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в высших водных растениях Каневского водохранилища. Пятнадцать лет Чорнобильської катастрофи. Досвід подолання: тези доп. міжнар. конф. Київ: Чорнобильінтерінформ, 2001. 218 с.
8. Куликов Н.В. Радиоэкология пресноводных растений и животных. Современные проблемы радиобиологии. Атомиздат, Радиоэкология, 1971. Т. 2. С. 367–384.
9. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / за ред. В.Д. Романенка. Київ: ЛОГОС, 2006. 408 с.
10. Пришляк С.П. Радіонуклідне забруднення вищих водяних рослин та роль гелофітів у міграції  $^{137}\text{Cs}$  у прісноводних водоймах: дис. ... канд. біол. наук: 03.00.17. Київ, 2019. 194 с.
11. Пришляк С.П., Беляєв В.В., Волкова О.М., Пархоменко О.О. Особливості накопичення  $^{137}\text{Cs}$  вищими водними рослинами Київського водосховища. Фізичні методи в екології, біології та медицині: матеріали ІV міжнародної конференції. Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка. С. 91–93.
12. Радиоактивное и химическое загрязнение Днепра и его водохранилищ после аварии на чернобыльской АЭС / В.Д. Романенко та ін. Київ: Наукова думка, 1992. 194 с.
13. Радиогеоэкология водных объектов зоны влияния аварии на ЧАЭС / под ред. О.В. Войцеховича. Київ: Чернобыльинтеринформ, 1997. Т. 1. 308 с.
14. Радіонукліди у водних екосистемах України / М.І. Кузьменко та ін. Київ: Чорнобильінтерінформ, 2001. 318 с.
15. Makrophytes as bioindicators of radionuclide contamination in ecosystems of different aquatic bodies of Chernobyl exclusion zone A. Kaglyan. *Equidosimetry – Ecological Standardization and Equidosimetry for Radioecology and Environmental Ecology* / F. Brechignas and G. Desmet (Eds.). Series C: Environmental Security. Dordrecht: Springer, 2005. Vol. 2. P. 79–86.

## REFERENCES

1. 20 rokov Chornobyl'skoi katastrofi [20 years of the Chernobyl disaster]. *Pohlyad u maibutnie: natsional'na dopovid' Ukrainy* [Looking to the future: a national report of Ukraine]. Kyiv, Atika, 2006, 224 p.
2. Antonenko, T.M. (1978). Radioekologicheskoe issledovanie nakopleniya, raspredeleniya i migratsii tseziya-137 v vodoymakh stepnoi zony Ukrainy: atoref. dis. ... kand. biol. nauk: spets. 03.00.17 [Radioecological study of the accumulation, distribution and migration of cesium-137 in water bodies of the steppe zone of Ukraine: abstract of the thesis of the Candidate of Biological Sciences: 03.00.17]. Sevastopol, 28 p.
3. Volkova, O.M. (2006). Metod otsinki radioekologichnogo stanu vodnykh ekosystem za vmistom radionuklidiv u hidrobiontakh [A method of assessing the radioecological state of aquatic ecosystems based on the content of radionuclides in hydrobionts]. *Pryrodnychiy al'manakh. Biologichni nauky* [Natural almanac. Biological sciences]. Issue 8, pp. 7–12.
4. Volkova, E.N., Belyaev, V.V., Pryshlyak, S.P., Parkhomenko, A.A., Karapysch, V.A. (2012). Osobnosti formirovaniya radionuklidnoho zagryazneniya vysshikh vodnykh rastenii Kievskogo vodokhranilishcha [Features of the formation of radionuclide contamination of higher aquatic plants of the Kyiv reservoir]. *Yaderna fizyka ta enerhetika* [Nuclear physics and energy]. Vol. 13, no. 2, pp. 160–165.
5. Volkova, O.M. (2008). Technohenni radionuklidy u hidrobiontakh vodoym riznoho typu: dis. ... d-ra biol. nauk: 03.00.17 [Man-made radionuclides in hydrobionts of different types of reservoirs: Doctor of Biological Sciences dissertation: 03.00.17]. Kyiv, 348 p.
6. Dubyna, D.V., Shelyah-Sosonko, Yu.R. (1989). Printsipy klassifikatsii vyshei vodnoi rastitelnosti [Principles of classification of higher aquatic vegetation]. *Gidrobiol. zhurn* [Hydrobiol. journal]. Vol. 25, no. 2, pp. 9–17.
7. Shyrokaia, Z.O. (2001). Zapasy  $^{90}\text{Sr}$  ta  $^{137}\text{Cs}$  v vysshikh vodnykh rastenyakh Kanevskoho vodokhranilishcha [Reserves of  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$  in higher aquatic plants of the Kanev reservoir]. *Pyatnadtsyat' rokov Chornobyl's'koi katastrofi. Dosvid podolannya: tezy dop. mizhnar. konf.* [Fifteen years of the Chernobyl disaster. The experience of overcoming: theses add. international conf.]. Kyiv, Chornobylinterinform, 218 p.
8. Kulikov, N.V. (1971). Radioekolohiya presnovodnykh rastenii i zhyvotnykh [Radioecology of freshwater plants and animals]. *Sovremennye problemy radiobiologii* [Modern problems of radiobiology]. Atomizdat, Radioecology, Vol. 2, pp. 367–384.
9. Romanenko, V.D. (2006). Metody hidroekologichnykh doslidzhen povershnevikh vod [Methods of hydroecological research of surface waters]. Kyiv, LOGOS, 408 p.
10. Pryshlyak, S.P. (2019). Radionuklidne zabrudnennya vysshikh vodyanykh roslyn ta rol helofitiv u mihratsiyi  $^{137}\text{Cs}$  u prisnovodnykh vodoymakh: dis. ... kand. biol. nauk: 03.00.17 [Radionuclide contamination of higher aquatic plants and the role of helophytes in the migration of  $^{137}\text{Cs}$  in freshwater reservoirs:

Candidate of Biological Sciences thesis: 03.00.17]. Kyiv, 194 p.

11. Pryshlyak, S.P., Belyaev, V.V., Volkova, O.M., Parkhomenko, O.O. (2011). Osoblyvosti nakopychennya  $^{137}\text{Cs}$  vysshymy vodyanymy roslynamy Kyivs'koho vodokhovnyshcha [Features of accumulation of  $^{137}\text{Cs}$  by higher aquatic plants of the Kyiv Reservoir]. Fizychni metody v ekolohii, biologii ta medytsyni: materialy IV mizhnarodnoi konferentsii [Physical methods in ecology, biology and medicine: materials of the 4th international conference]. Lviv, Publishing Center of LNU named after Ivan Franko, pp. 91–93.

12. Romaneko, V.D. (1992). Radioaktivnoe i khimicheskoe zagryaznenie Dnepra i ego vodokhranilishch posle avarii na chernobyl'skoi AES [Radioactive and chemical contamination of the Dnieper and its reservoirs after the accident at the Chernobyl nuclear power plant]. Kyiv, Scientific thought, 194 p.

13. Voitsekovich, O.V. (1997). Radiogeokolohiya vodnykh ob'yektov zony vlianiya avarii na CHAES [Radiogeocology of water bodies in the zone of influence of the Chernobyl accident]. Kyiv, Chernobylinform, Vol. 1, 308 p.

14. Kuz'menko, M.I. (2001). Radionuklidy u vodnykh ekosystemakh Ukrainy [Radionuclides in water ecosystems of Ukraine]. Kyiv, Chornobylinform, 318 p.

15. Brechignas, F., Desmet, G. (2005). Makrophytes as bioindicators of radionuclide contamination in ecosystems of different aquatic bodies of Chernobyl exclusion zone A. Kaglyan. Equidosimetri – Ecological Standardization and Equidosimetry for Radioecology and Environmental Ecology. Series C: Environmental Security. Dordrecht, Springer, Vol. 2, pp. 79–86.

### Ecological monitoring of migration of technogenic radionuclides between abiotic components and aquatic plants in the ecosystem of the Kaniv reservoir

Skyba V.

During the period of 2011–2018, the average specific activity of  $^{90}\text{Sr}$  in aboveground organs of prairie cordgrass, submerged club-rush, common reed, and

narrow-leaved cattail ranged from 1.5 to 14.0 Bq/kg, while  $^{137}\text{Cs}$  ranged from 3.1 to 165 Bq/kg. Over the course of the study, a tendency towards a decrease in  $^{137}\text{Cs}$  accumulation levels by hydrophytes was observed. The specific activity of  $^{137}\text{Cs}$  in helophytes and  $^{90}\text{Sr}$  in helophytes and hydrophytes likely remained unchanged.

In 2018, the average specific activity of  $^{90}\text{Sr}$  in the investigated plant species did not exceed the maximum reference values for the post-accidental period. However, the specific activity of  $^{137}\text{Cs}$  in prairie cordgrass exceeded the maximum reference values by 13 times, while submerged club-rush, common reed, and narrow-leaved cattail exceeded the maximum reference values by 25, 3, and 2 times, respectively.

During the study period, radionuclide contamination of higher aquatic plants in the Kaniv Reservoir was predominantly formed by  $^{137}\text{Cs}$ , accounting for 75–90 % of the contamination.

In terms of increasing specific activity of  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$ , plants from different ecological groups were arranged in the following sequence: gelophytes < pleustophytes < hydrophytes, indicating a balanced radioecological state in the ecosystem of the Kaniv Reservoir.

This study provides insights into the levels of radionuclide activity in aquatic plants of the Kaniv Reservoir over a seven-year period. The observed decrease in  $^{137}\text{Cs}$  accumulation by hydrophytes suggests a potential improvement in the environmental conditions. The findings also highlight the significant contribution of  $^{137}\text{Cs}$  to the overall radionuclide contamination in higher aquatic plants. The sequential distribution of plants based on increasing specific activity of  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$  reflects the radioecological equilibrium within the ecosystem. This information contributes to our understanding of the environmental dynamics and radiation impact in the Kaniv Reservoir ecosystem.

**Key words:**  $^{90}\text{Sr}$  activity,  $^{137}\text{Cs}$  activity, radionuclides, aquatic plants, ecological monitoring, Kaniv Reservoir, radionuclide accumulation, reference values, ecosystem.



Copyright: Скиба В.В. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:  
Скиба В.В.

<https://orcid.org/0000-0002-3605-1147>


## ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 630\*116:582.475(477.4)

## Сучасний стан протиерозійних соснових насаджень Придніпровського Правобережного Лісостепу

Хрик В.М. , Левандовська С.М. 

Білоцерківський національний аграрний університет

 svtmzel@gmail.com

Хрик В.М., Левандовська С.М. Сучасний стан протиерозійних соснових насаджень Придніпровського Правобережного Лісостепу. «Агробіологія», 2023. № 1. С. 205–214.

Khryk V., Levandovska S. The current state of anti-erosion pine plantations of the Dnieper Right Bank Forest Steppe. «Agrbiology», 2023. no. 1, pp. 205–214.

Рукопис отримано: 29.04.2023 р.

Прийнято: 13.05.2023 р.

Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-179-1-205-214

Проаналізовано сучасний стан соснових насаджень, створених на яружно-балкових землях Правобережного Придніпров'я. Встановлено, що найвпливовішими чинниками, які істотно погіршують стан протиерозійних соснових насаджень є ураження *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. і низові пожежі.

За даними 26 пробних площ, які охоплюють типові умови зростання протиерозійних насаджень, обчислено показники санітарного стану. Аналіз показника санітарного стану показав, що насадження належать до категорії ослаблених. На окремих пробних площах, де ураження *H. annosum* поєднується з впливом пожеж, насадження переходять з категорії ослаблених в категорію дуже ослаблених. Дуже ослаблені дерева становлять 21,3 %, їх індекс санітарного стану коливається у межах 2,61–3,21. Маса сухостою, вітровалу, сніголому змінюється у межах від 0,2 до 8,1 % від загального запасу насадження на 1 га. Прямого зв'язку прискореного відпаду дерев сосни звичайної з розповсюдженням шкідників лісу не виявлено.

Найкращий стан протиерозійних насаджень спостерігали в умовах свіжої судіброви за схеми змішування 2рСз1–2рКлг. У свіжих дібровах частку сосни у складі насаджень необхідно зменшити на користь листяних порід.

У процесі формування породного складу деревостану на еродованих землях збільшення частки сосни звичайної понад 6–7 одиниць, і, відповідне зменшення частки супутніх листяних порід призводить до істотного погіршення санітарного стану насадження. З метою запобігання розвитку *H. annosum* необхідно створювати мішані насадження сосни звичайної з введенням листяних порід, які водночас слугуватимуть протипожежним бар'єром.

Ураховуючи високий рівень пожежної небезпеки і широке розповсюдження в соснових насадженнях на еродованих землях Правобережного Придніпров'я *H. annosum*, необхідно застосувати систему профілактичних заходів, спрямованих на запобігання їх негативного впливу.

**Ключові слова:** протиерозійні насадження, яружно-балкові землі, санітарний стан насаджень, *Heterobasidion annosum*, лісові низові пожежі, індекс санітарного стану.

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** Правобережне Придніпров'я є одним з основних регіонів Лісостепу України, на території якого інтенсивність процесів водної ерозії визначена дуже високою та зосереджена переважна більшість малопродуктивних яружно-балкових земель. Незважаючи на значну

кількість протиерозійних насаджень, особливо на яружно-балкових землях, процеси лінійної ерозії у цій зоні продовжують активно розвиватись, в результаті чого утворюються нові й розростаються старі яри. У сучасних ландшафтах Лісостепу яри займають близько 103 тис. га, що свідчить про значне їх поширення [1].

Водна ерозія завдає величезних збитків сільському господарству. Внаслідок водної ерозії безповоротно втрачаються найродючіші шари ґрунту. Гідрофізичні властивості ґрунту різко погіршуються. Щорічні втрати продуктивних земель унаслідок ерозії сягають тисячі км<sup>2</sup>.

Найбільш дієвим заходом запобігання негативному впливу водної ерозії ґрунту є створення протиерозійних насаджень, які регулюють поверхневий стік [2, 3]. Тривалий вітчизняний досвід використання захисних лісових насаджень щодо контролювання ерозії свідчить про можливість поліпшення екологічного стану навколишнього середовища і довкілля [4–13].

Позитивний вплив захисних лісових насаджень на збереження ґрунту відзначають і зарубіжні вчені [14–16]. Заліснення є одним із найважливіших заходів захисту від ерозії ґрунту та опустелювання у Північному Китаї [17–19]. Ефект зменшення негативної дії водної ерозії за допомогою соснових насаджень продемонстровано у дослідженнях Я. Сейса і М. Озалпа [20]. Ерозійні процеси в лісових ґрунтах супроводжуються великими втратами органічної речовини. Соснові насадження сприяють накопичуванню у верхніх шарах ґрунту вмісту органічної речовини [16].

У 60-х роках минулого століття в Україні питання заліснення еродованих сільськогосподарських земель було надзвичайно актуальним. З цією метою було створено спеціалізовані гідролісомеліоративні станції (ГЛМС). Широко відомий досвід з комплексного освоєння еродованих земель Правобережного Придніпров'я Канівською і Ржищівською ГЛМС. Питання заліснення яружно-балкових земель Канівсько-Ржищівського регіону та стану лісових насаджень на них вивчали: С.М. Дударець, В.М. Малюга, М.Ф. Рижков [20], Ю.К. Телешек [22], В.М. Малюга [23], В.М. Хрик [24, 25]. Найпоширенішою породою для заліснення еродованих яружно-балкових земель в Україні виявилась сосна звичайна, яка невибаглива до умов зростання, має високопластичну кореневу систему, що змінює структуру і будову, залежно від ґрунтово-гідрологічних умов.

Ріст і захисні властивості насаджень залежать від стану лісів. Останнім часом спостерігаємо його погіршення у різних регіонах України, що пов'язано зі змінами клімату та антропогенним впливом, тому питання вивчення сучасного стану протиерозійних соснових насаджень у межах Правобережного Придніпров'я залишається актуальним.

**Мета дослідження.** Визначити сучасний стан соснових насаджень на еродованих яружно-балкових земель, виявити вплив біотичних

та абіотичних чинників на зміни стану насаджень і надати рекомендації з підвищення їх біологічної стійкості.

**Матеріал і методи дослідження.** Об'єктом досліджень слугували штучні протиерозійні соснові насадження лісового фонду Ржищівського лісництва філії «Богуславське лісове господарство». Для вивчення стану протиерозійних соснових насаджень у найбільш розповсюджених типах лісорослинних умов (С<sub>2</sub>, рідше – С<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>) було закладено у 2022 році серію із 26 пробних площ, із них 8 – методом кругових ділянок. Лісові культури створені рядами, розташованими у більшості випадків на відстані 2,5–3,0 м один від іншого. Первинний обробіток ґрунту на схилах виконували наорними або врізними терасами. Початкова відстань між сіянцями в ряду – 0,5–1,0 м. Схеми змішування різноманітні: 1) 1 ряд сосни звичайної, 1 ряд клена гостролистого (пробні площі № 10, 11); 2) 2 ряди сосни звичайної, 1 ряд супутніх порід: клена гостролистого (№ 6) або клена-явора (№ 3), ясена зеленого (№ 8, 23) чи 2 ряди супутніх порід: клена гостролистого (№ 9), акації білої (№ 15); 3) 3 ряди сосни звичайної, 1 ряд супутніх порід: клена гостролистого (№ 1, 2, 4, 13, 18, 21, 24, 25, 26) або акації білої (№ 5, 14, 16), ясена зеленого (№ 7, 12), граба (№ 17), свидини криваво-червоної (№ 19); 4) 4 ряди сосни звичайної, 1 ряд клена гостролистого (№ 22) або ясена зеленого (№ 20).

Визначення санітарного стану захисних насаджень проводили на пробних площах, розміщених у типових місцях по всій території еродованих земель. З цією метою використано методіку, затверджену Санітарними правилами в лісах України [26]. Під час переліку дерев на пробних площах виділяли шість категорій стану дерев – здорові, ослаблені, дуже ослаблені, всихаючі та сухостій (свіжий і сухий). За їхнім співвідношенням розраховували загальний показник стану дерев (Ісс – індекс санітарного стану насаджень).

**Результати дослідження та обговорення.** Соснові насадження Ржищівського лісництва філії «Богуславське лісове господарство» ДСПП «Ліси України», найбільша площа яких створена у 60–70-х роках минулого століття на еродованих землях Придніпров'я, на сьогодні перебувають у фазі формування найбільш продуктивних насаджень. Звичайно, стійкість штучних протиерозійних насаджень стосовно більшості негативних чинників зовнішнього середовища істотно знижена у порівнянні зі стійкістю природних насаджень. Належний стан штучних деревостанів, їх життєздатність підтримують завдяки своєчасному проведен-



ню науково обґрунтованих лісгосподарських заходів, які регулюють процеси природного самозрідження, усувають наслідки негативного впливу природних і антропогенних чинників.

На сьогодні протиерозійні насадження досягли віку в діапазоні від 33 до 56 років. Загалом, сучасний склад протиерозійних деревостанів характеризується перевагою за запасом сосни звичайної, частка якої становить 6–10 одиниць. Він сформувався завдяки проведенню рубок освітлення, прочищення та проріджування різної інтенсивності і спрямованості, що призвело до зміни початкового співвідношення порід. Зокрема, у більшості змішаних насаджень із складу випали чи були видалені ясен зелений, акація біла, граб звичайний, чагарники, часто – клен гостролистий. Все це привело до домінування у складі більш продуктивної сосни, однак не завжди сприяло збереженню стійкості деревостанів.

За умовним співвідношенням середньої висоти деревостанів до середнього діаметра розрахований показник напруженості їхнього росту. За цим показником усі вивчені соснові культури належать до категорії стійких, тому що його величина для головної породи не перевищує 100, а це свідчить про раціональне і своєчасне застосування на підприємстві системи заходів із формування продуктивних насаджень.

За інтенсивністю росту сосна майже на всіх пробних площах, завдяки родючості ґрунту, належить до Іа–Іб класів бонітету. Клас бонітету супутніх порід теж високий: клена гостролистого – до І–Іа, клена-явора – І, акації білої – Іа, ясена зеленого – І–ІІ.

Ріст збережених дерев супутніх порід у висоту і за діаметром, здебільшого, відстає від росту сосни. За середньою висотою різниця на кругових площинках становить: для клена гостролистого – 14,5–30,6%, клена-явора – 18,1%, акації білої – 4,2 %, ясена зеленого – 34,7 %, за середнім діаметром, відповідно: для клена гостролистого – 14,4–48,9 %, клена-явора – 16,0 %, акації білої – 4,2 %, ясена зеленого – 34,7 %. Фактична різниця середніх висот сосни і супутніх порід відносно невелика, що дозволяє останнім успішно виконувати підгінну функцію.

На стан протиерозійних насаджень, їхню біологічну стійкість впливає низка природних і антропогенних чинників, дія яких може продовжуватись тривалий час, супроводжуватись негативними наслідками, аж до відмирання дерев, чи, навпаки, дозволяє надалі відновити їх стійкість. Класифікуючи ці ознаки, можна виокремити: кліматичні екстремальні явища (бурі, сніголами, сильні морози); вплив збуд-

ників захворювань і шкідників лісу, диких тварин; господарська діяльність людини (надмірна експлуатація деревної і недеревної продукції лісу, пожежі, рекреаційне навантаження, випас худоби тощо).

На пробних площах виявлено окремі дерева з механічними пошкодженнями коренів і окорінкових частин стовбура під час проведення рубок догляду, проте частка таких дерев не перевищує 1,0–2,0 % від загальної кількості, відповідно не несе загрози розвитку ранових гнилей.

Більш частою причиною відмирання дерев останніми роками стали бурі, шквальні вітри, буреломи, вітровали, сніголами. Наявність таких дерев, часто у значній кількості, відмічена на усіх пробних площах.

Прямого зв'язку прискореного відпаду дерев сосни звичайної з розповсюдженням шкідників лісу виявлено не було. Водночас, у багатьох середньовікових насадженнях зафіксовано дифузні ураження або діючі осередки *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.

Маса сухоостою, вітровалу, сніголому на пробних площах коливається в межах від 0,2 до 8,1 % від загального запасу насаджень на 1 га. Накопичення таких дерев, а також горючих деревних і рослинних залишків призводить до зростання кількості випадків і площ лісових пожеж, які найчастіше виникають поблизу населених пунктів внаслідок необережного поводження місцевого населення з вогнем. Наслідком низових пожеж є вигорання підстилки, опал кори стовбурів сосни до висоти 1,5–3,0 м, і, як наслідок, прискорення руйнування деревостану, особливо коли він уражений *H. annosum*.

Середній індекс санітарного стану дерев на пробних площах становить 2,39, тобто насаджень, незважаючи на їх досить високу стійкість і вчасно проведені дієві лісгосподарські заходи, належать до категорії ослаблених. На деяких пробних площах, де ураження *H. annosum* поєднується з впливом пожеж і кліматичних чинників, насаджень переходять з категорії ослаблених в категорію дуже ослаблених.

Оскільки лісорослинні умови росту і розвитку протиерозійних соснових насаджень у Ржищівському лісництві досить одноманітні, їх вплив на санітарний стан виявлено лише порівнянням ділянок у свіжих судібровах і дібровах. У 38–43-річних соснових культурах, які зростають у кв. 42 і 43 у типі лісу D<sub>2</sub>ГДС (пробні площі № 14–16), індекс санітарного стану дерев становить 2,80, що перевищує середній показник (2,39) на 17,2 %. Відповідно,

в цих умовах істотно зростає частка сухостійних і вітровальних дерев: за кількістю дерев – на 71,9 % ( від 13,9 до 23,9), за запасом – на 81,2 % (від 3,2 до 5,8).

Для визначення кількісних показників впливу найбільш дієвих чинників (за візуальним обстеженням до них віднесені ураження *H. annosum* і низові пожежі різної інтенсивності) на стан штучних протиерозійних соснових насаджень підбирали і порівнювали з числа закладених парні пробні площі, деревостан однієї з яких зазнав помітного впливу цих чинників, а іншої – без відповідних ознак, слугував контролем. Зокрема, для характеристики дії ураження *H. annosum* на стан протиерозійних культур з перевагою сосни підібрані дві пари пробних площ: № 21, 22 та № 25, 26 (табл. 1). Кожна пара пробних площ розташована у сусідніх виділах одного й того ж кварталу, що свідчить про незначну різницю природних умов їх місцезростання. Агротехніка і способи створення лісових культур (первинний обробіток ґрунту, схеми змішування порід, розміщення садивних місць тощо), відповідно, теж не відрізняються.

На пробній площі № 21, деревостан якої сильно уражений *H. annosum*, у 37 років сформувався склад 7Сз1Бп1Клг1Лпд, причому береза і липа відновились природно, переважно, в осередках ураження. У тому ж віці деревостан на пробній площі № 22 має склад 10Сз+ Клг. Оскільки на пробній площі № 21 у 2014 р. було проведено проріджування, у 2018 р. вибірково санітарна рубка – деревостан зріджений (повнота – 0,54), нерівномірний, з наявністю вікон. Навіть після нещодавніх інтенсивних рубок формування і оздоровлення наявна значна частка сухоостою (за запасом – 7,6 % від загального). Середній індекс санітарного стану дерев – 2,66, що свідчить про належність деревостану до категорії дуже ослабленого. Водночас, на пробній площі № 22, де відмічене ураження *H. annosum* поодиноких дерев сосни звичайної, повнота насадження значно вище (0,71), і хоча після проріджування пройшло 7 років, частка сухоостою і бурелому менша (2,2 %), а середній індекс стану дерев – вищий (2,44). Запас деревостану на пробній площі № 22 становить 280 м<sup>3</sup> на 1 га, що на 75 % перевищує запас деревостану на пробній площі № 21.

Таблиця 1 – Вплив ураження *H. annosum* на стан протиерозійних насаджень сосни звичайної

Показник	№ пробної площі			
	21	22	25	26
Місцезнаходження (л-во, квартал, виділ)	Ржищівське, кв. 66, в.6	Ржищівське, кв. 66, вид.7	Ржищівське, кв. 20, вид. 7	Ржищівське, кв. 20, вид. 8
Схема змішування	3рСз1рКлг	3рСз1рКлг	3рСз1рКлг	3рСз1рКлг
Розміщення садивних місць	3,0x0,75 м	3,0x0,75 м	2,5x0,5 м	2,5x0,5 м
Тип лісу	С <sub>2</sub> ГДС	С <sub>2</sub> ГДС	С <sub>2</sub> ГДС	С <sub>2</sub> ГДС
Склад насадження	7Сз1Клг1Бп1Лп	10Сз+Клг	9Сз1Лп+Гз	10Сз, од.Дч
Вік, років	37	37	44	44
Середній діаметр, см	23,0	19,0	22,0	26,0
Середня висота, м	18,1	18,4	15,2	19,3
Повнота	0,54	0,72	0,61	0,76
Клас бонітету	ІА	ІА	ІІ	ІА
Запас, м <sup>3</sup> /га	160	280	90	296
Ураження <i>H. annosum</i>	сильне	дифузне	сильне	дифузне
Інші чинники	не відмічено	низова пожежа 2018 р.	не відмічено	не відмічено
Частка сухоостою, вітровалу за кількістю дерев, %	21,5	13,0	6,0	3,0
за запасом, %	7,6	2,2	1,1	0,3
Середній санітарний індекс стану дерев	2,66	2,44	2,61	2,20
Догляд за деревостаном в останнє 10-річчя	проріджування 2014 р., ВСП 2018 р.	проріджування 2015 р.	ВСП 2017 р.	Проріджування 2014 р.

Ще істотніша відмінність стану насаджень на пробних площах № 25 і 26, де у віці 44 роки сформувались деревостани складом 9Сз1Лпд+Гз і 10Сз,од.Дч. На пробній площі № 25 сильний розвиток осередків ураження *H. annosum* зумовив необхідність термінового проведення у 2017 р. інтенсивної вибіркової санітарної рубки, внаслідок якої повнота деревостану знизилась до 0,61, а запас – до 90 м<sup>3</sup> на 1 га. Не зважаючи на вибірку значної кількості сухостійних дерев, всихання продовжується (кількість сухоостою на час переліку – 1,1 % загального запасу). Середній індекс стану дерев – 2,61. Насадження дуже ослаблене. На контрольній пробній площі № 26, де у 2014 р. було проведено проріджування, стан насаджень задовільний, повнота деревостану становить 0,76, бонітет сосни – Іа (№ 25 – ІІ), частка сухоостою у загальному запасі – незначна (0,3 %), середній індекс санітарного стану дерев – 2,20.

Для вивчення впливу лісових пожеж на стан протиерозійних насаджень штучного походження сосни звичайної були підібрані пари пробних площ № 14, 16 і № 8, 23 (табл. 2). У першому випадку насадження створені у найбагатших за трофністю ґрунту типах лісорослинних умов, в яких сосна не є найкращою породою для вирощування. Акація біла, яка була введена в куль-

тури четвертим рядом, в процесі формування випала або була видалена в результаті рубок. Сформовані чисті соснові деревостани, звичайно, належать до високого ступеня пожежної небезпеки. Особливо це стосується деревостану на пробній площі № 14, у якому неодноразово в останні роки виникали низові пожежі. Його повнота знизилась до 0,54, а на 2019 р. була запланована вибіркова санітарна рубка, переважно для вибірки сухоостою, частка якого за запасом досягає 7,6 %. Насадження належить до категорії дуже ослабленого (індекс санітарного стану дерев – 3,31). У насадженнях на пробній площі № 16 також виникали низові пожежі, проте з меншою інтенсивністю горіння (висота опалу дерев не перевищує 1,0 м, тимчасом на пробній площі № 14 – 2,0–2,5 м).

У насадженнях на пробній площі № 8 пожежа виникла у 2018 р., сухостій вибраний під час вибіркової санітарної рубки 2020 р., повнота становить 0,72, частка сухоостою знизилась до 1,0 % від загального запасу. Ознак пожеж на контрольній площі № 23 не відмічено. Оскільки в останнє десятиріччя лісівничий догляд у насадженні не проводили, частка сухоостою тут більша, ніж на пробній площі № 8. Проте індекс санітарного стану на контролі вищий (2,12), ніж на пробній площі № 8.

Таблиця 2 – Вплив низових пожеж на стан протиерозійних соснових насаджень

Показник	№ пробної площі			
	14	16	8	23
Місцезнаходження (л-во, кв., виділ)	Ржищівське, кв.12, в.4	Ржищівське, кв.43, в.12	Ржищівське, кв.47, в.5	Ржищівське, кв.12, в.1
Схема змішування	3рСз1рАкб	3рСз1рАкб	2рСз1рЯзл	2рСз1рЯзл
Розміщення садивних місць	3,0x0,5 м	3,0x0,5 м	4,0x0,75 м	3,0x0,75 м
Тип лісу	D <sub>1</sub> ГДС	D <sub>1</sub> ГДС	C <sub>1</sub> ГДС	C <sub>1</sub> ГДС
Склад насадження	10Сз	10Сз,од.Дч	10Сз+Язл	10Сз+Язл
Вік, років	38	43	34	34
Середній діаметр, см	21,0	20,0	18,0	21,0
Середня висота, м	17,2	19,0	14,8	17,5
Повнота	0,54	0,82	0,73	0,78
Клас бонітету	Іа	Іа	І	Іа
Запас, м <sup>3</sup> /га	196,7	325,0	200,0	244,0
Пожежі	низові 2018–2019 рр., опал до 2 м	низова 2020 р., опал до 1,0 м	низова 2018 р.	не відмічено
Частка сухоостою, вітровалу за кількістю дерев, %	37,3	13,0	4,9	5,3
за запасом, %	7,6	2,2	1,0	2,1
Середній індекс санітарного стану дерев	3,31	2,44	2,34	2,12
Догляд за деревостаном в останнє 10-річчя	проріджування 2014 р., на 2019 р. – ВСР	-	ВСР 2020 р.	-

Вплив низки інших чинників природного і антропогенного походження завуальований домінуючою дією чинників, аналіз впливу яких на протиерозійні насадження описано вище. Узагальнення даних пробних площ щодо початкових схем змішування порід свідчить, що найкращий санітарний стан насаджень спостерігали за схеми змішування 2 ряди Сз з 1–2 рядами Клг, найгірший – 2–3 рядів Сз з 1–2 рядами Акб (табл. 3).

Проміжне місце займають схеми змішування сосни з кленом-явором, ясенем зеленим, грабом звичайним, свидиною криваво-червоною.

Виявлено залежність санітарного стану насаджень від частки головної породи у його складі (табл. 4).

Дані таблиці 4 свідчать, що зі збільшенням частки сосни з 6 до 9 і, відповідно, зі зменшенням частки супутніх порід всі показники санітарного стану погіршуються.

Ураховуючи дуже високий рівень пожежної небезпеки і широке розповсюджен-

ня в протиерозійних соснових насадженнях Ржищівського лісництва *H. annosum*, варто звернути особливу увагу на своєчасну ліквідацію негативних наслідків дії цих чинників. На жаль, деревина, заготовлена в процесі рубок догляду чи вибіркових санітарних рубок, часто економічно збиткова. Необхідно відмітити й те, що одночасне вирубування усіх відмираючих і сухостійних дерев, як показують дані пробних площ, різко знижує повноту деревостанів, що призводить до несприятливих лісівничих наслідків. Це слід враховувати, проводячи догляд за штучними насадженнями, створеними на еродованих землях. Крім лісівничих завдань відповідного виду рубок на кожному етапі формування, обов'язковим є підтримання і відновлення задовільного санітарного стану насаджень, підвищення рівня життєздатності та стійкості останніх. Відповідно, проводячи інтенсивні санітарні рубки, обов'язково враховувати їх дію на лісове середовище і продуктивність деревостанів.

Таблиця 3 – Санітарний стан протиерозійних соснових насаджень залежно від початкового співвідношення порід

Головна порода		Супутні породи		Показники санітарного стану		
порода	ряди, шт.	порода	ряди, шт.	% сухостою		I <sub>сс</sub>
				за кількістю дерев	за запасом	
Сосна звичайна	1	Клен гостролистий	1	15,2	2,4	2,33
	2	Клен гостролистий	1	2,8	0,6	1,90
	2	Клен-явір	1	14,8	3,3	2,36
	2	Ясен зелений	1	5,1	1,5	2,28
	2	Клен гостролистий	2	0,8	0,2	1,66
	2	Акація біла	2	21,5	7,6	2,66
	3	Клен гостролистий	1	16,1	4,5	2,48
	3	Акація біла	1	21,8	3,9	2,73
	3	Ясен зелений	1	11,3	4,8	2,18
	3	Граб звичайний	1	9,0	1,0	2,26
	3	Свидина криваво-червона	1	13,4	2,3	2,27
	4	Клен гостролистий	1	5,3	1,0	2,01
4	Ясен зелений	1	16,7	1,9	2,35	

Таблиця 4 – Санітарний стан протиерозійних насаджень сосни звичайної залежно від її частки у складі деревостану

Частка породи, одиниць складу		Показники санітарного стану		
сосна	супутні	% сухостою		I <sub>сс</sub>
		за кількістю дерев	за запасом	
6	4	9,8	2,0	2,29
7	3	11,5	5,3	2,42
8	2	18,9	4,5	2,53
9	1	18,1	5,1	2,56



**Висновки.** Найвпливовішими чинниками істотного погіршення санітарного стану соснових культур на еродованих землях Правобережного Придніпров'я є ураження *H. annosum* і низові пожежі.

Створюючи протиерозійні насадження сосни звичайної, необхідно приділяти увагу вибору початкового співвідношення і схем змішування порід. Найкращий стан насаджень в умовах свіжої судіброви спостерігали за схеми змішування 2рС31-2рКлг. У свіжих дібровах частку сосни у складі насаджень необхідно зменшити на користь листяних порід.

У процесі формування породного складу протиерозійних насаджень збільшення частки сосни звичайної понад 6–7 одиниць, і відповідне зменшення частки супутніх листяних порід призводить до істотного погіршення санітарного стану деревостану. З метою запобігання розвитку *H. annosum* необхідно створювати мішані насадження сосни звичайної з введенням листяних порід, які водночас слугуватимуть протипожежним бар'єром.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Малюга В.М., Маурер В.М., Хрик В.М. Природне поновлення сосни звичайної на яружно-балкових землях Придніпров'я. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Лісівництво та декоративне садівництво. 2018. Вип. 288. С. 80–87.
2. Природний механізм захисту схилів ґрунтів від водної ерозії: монографія / М.І. Полупан та ін. Київ, 2011. 142 с.
3. Юхновський В.Ю., Дударець С.М., Малюга В.М., Хрик В.М. Протиерозійні лісові насадження яружно-балкових систем: монографія. Київ, 2013. 512 с.
4. Гладун Г.Б., Гладун Ю.Г. Сучасний стан агролісомеліорації і захисного лісорозведення Харківської області та перспективи їх розвитку. Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області. 2013. Вип. 15. С. 30–38.
5. Крилов Я.І. Агрохімічні властивості ґрунтів протиерозійних насаджень дуба звичайного. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2014. Вип. 198. Ч. 2. С. 173–182.
6. Крилов Я.І. Динаміка снігового покриву і меліоративні властивості протиерозійних насаджень. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2014. Вип. 198. Ч. 1. С. 127–131.
7. Крилов Я.І. Меліоративні властивості протиерозійних насаджень Жашківщини. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2013. Вип. 187. Ч. 2. С. 118–123.
8. Крилов Я.І. Особливості росту дуба звичайного в протиерозійних насадженнях яружно-балкових систем Жашківщини. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2015. Вип. 216 (1). С. 154–159. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau\\_lis\\_2015\\_216\(1\)\\_24](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_lis_2015_216(1)_24)
9. Криницький Г.Т., Іваницький С.М. Фітомеліоративні насадження на еродованих землях Західного Поділля: ріст, життєвість, ґрунтоутворна роль. Науковий вісник Національного аграрного університету. 2004. Вип. 71. С. 199–208.
10. Малюга В.М. Лісомеліоративна роль протиерозійних насаджень. Перспективи розвитку екосистемного менеджменту у лісовому комплексі та садово-парковому господарстві: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (18–19 квітня 2019 року). Київ, 2019. С. 65–66.
11. Малюга В.М., Дударець С.М. Лісівничо-меліоративні властивості сосни звичайної та їх використання у протиерозійних насадженнях. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2015. Вип. 219. С. 168–175.
12. Малюга В.М., Дударець С.М. Особливості використання дуба звичайного у протиерозійних лісових насадженнях. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2014. Вип. 198. Ч. 2. С. 190–197.
13. Erosion control properties of self-seeded forests that appeared in forestless areas of ravine-gully systems / V. Maliuha et al. Forestry Studies. Metsanduslikud Uurimused. 2022. Vol. 77. P. 56–66. DOI: 10.2478/fsmu-2022-0012
14. Influence of change of forest floor cover percentage on overland flow rate on beech forest slopes Ishikawa / H. Hu et al. Journal of the Japanese Forestry Society. 2012. Vol. 94. Iss. 4. P. 167–174.
15. Effects of cropland abandonment and afforestation on soil redistribution in a small Mediterranean mountain catchment / M. Khorchani et al. International Soil and Water Conservation Research. 2023. Vol. 11, Iss. 2. P. 339–352. DOI: 10.1016/j.iswcr.2022.10.001
16. Manna L., Tarabini M., Gomez F., Rostagno C.M. Changes in soil organic matter associated with afforestation affect erosion processes: The case of erodible volcanic soils from Patagonia. 2021. Geoderma 403(3–4):115265. DOI: 10.1016/j.geoderma.2021.115265
17. Revegetation in China's Loess Plateau is approaching sustainable water resource limits / Xet Feng et al. Nat. Clim. Change. 2016. P. 1019–1022.
18. Estimating the effect of *Pinus massoniana* Lamb plots on soil and water conservation during rainfall events using vegetation fractional coverage / Z.-J. Gu et al. Catena. 2013. Vol. 109. P. 225–233.
19. Trade-off between vegetation type, soil erosion control and surface water in global semi-arid regions: a meta-analysis / G.-L. Wu et al. J. Appl. Ecol. 2020. 57 (5). P. 875–885.
20. Seyis Y., Özalp M. Erzincan'da erozyona duyarlı sahalardaki sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ağaçlandırma çalışmalarının başarı/büyüme oranları ile BUROR teraslama işlemlerinin bazı toprak

parametreleri üzerinde etkilerinin araştırılması. AÇÜ Orman Fak Derg. 2022. 23(2). P. 184–197. DOI: 10.17474/artvinofd.1134683

21. Дударець С.М., Малюга В.М., Рижков М.Ф. Захисні лісові насадження на еродованих землях Канівщини. Лісівнича наука та освіта: стан та перспективи розвитку. Київ, 1997. С. 209–212.

22. Телешек Ю.К., Замлілий В.В., Метешоп І.М. Методичні вказівки до технології створення лісомеліоративних насаджень на яружно-балкових землях Середнього Придніпров'я. Харків, 1986. 76 с.

23. Малюга В.М. Основні положення теорії відновлення нормального екологічного стану еродованих територій на прикладі засвоєння яружно-балкових систем. Науковий вісник Національного аграрного університету. Лісівництво. 2004. Вип. 70. С. 219–228.

24. Хрик В.М. Протиерозійні властивості соснових насаджень на яружно-балкових системах центральної частини Придніпровського Правобережного Лісостепу: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.03.01. Київ, 2011. 22 с.

25. Fractional composition and formation of forest litter in scots pine plantations on ravine-gully systems and the plain of the Central part of Ukraine / V. Yukhnovskiy et al. Forestry ideas. 2021. Vol. 27. No 1 (61). P. 89–100.

26. Санітарні правила в лісах України: Постанова Кабінету Міністрів України № 555 від 27.07.1995 р. (в ред. Постанови КМ України від 26.10.2016 р. № 756). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-95-%D0%BF#Text>

## REFERENCES

1. Maliuha, V.M., Maurer, V.M., Khryk, V.M. (2018). Pryrodne ponovlennia sosny zvychnoi na yaruzhno-balkovykh zemliakh Prydniprov'ia [Natural regeneration of Scots pine on the timber-beamed lands of the Dnieper region]. Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Lisivnytstvo ta dekoratyvne sadivnytstvo [Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine. Forestry and decorative horticulture]. Issue 288, pp. 80–87.

2. Polupan, M.I., Baliuk, S.A., Solovei, V.B., Velychko, V.A., Volkov, P.O. (2011). Pryrodnyi mekhanizm zakhystu shkylovykh gruntiv vid vodnoi erozii: monohrafiia [Natural mechanism of protection of slope soils from water erosion: monograph]. Kyiv, 142 p.

3. Yukhnovskiy, V.Yu., Dudarets, S.M., Maliuha, V.M., Khryk, V.M. (2013). Protyeroziini lisovi nasadzhennia yaruzhno-balkovykh system: monohrafiia [Proterozoic forest plantations of rafter-beam systems]. Kyiv, 512 p.

4. Hladun, H.B., Hladun, Yu.H. (2013). Suchasnyi stan ahrolisomeliatsii i zakhysnoho lisorozvedennia Kharkivskoi oblasti ta perspektyvy yikh rozvytku [The current state of agroforestry and protective afforestation in the Kharkiv region and prospects for their development]. Visnyk TsNZ APV Kharkivskoi oblasti [Bulletin of the Center for APV of the Kharkiv region]. Issue 15, pp. 30–38.

5. Krylov, Ya.I. (2014). Ahrokhimichni vlastyvoli gruntiv protyeroziinykh nasadzhennia duba zvychnoho [Agrochemical properties of soils of anti-erosion plantations of common oak]. Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy [Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine]. Vol. 198 (2), pp. 173–182.

6. Krylov, Ya.I. (2014). Dynamika snihovoho pokryvu i melioratyvni vlastyvoli protyeroziinykh nasadzhennia [Dynamics of snow cover and remedial properties of anti-erosion plantings]. Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy [Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine]. Vol. 198 (1), pp. 127–131.

7. Krylov, Ya.I. (2013). Melioratyvni vlastyvoli protyeroziinykh nasadzhennia Zhashkivshchyny [Ameiorative properties of anti-erosion plantations of the Zhashkiv region]. Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy [Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine]. Vol. 187 (2), pp. 118–123.

8. Krylov, Ya.I. (2015). Osoblyvosti rostu duba zvychnoho v protyeroziinykh nasadzhenniakh yaruzhno-balkovykh system Zhashkivshchyny [Peculiarities of oak growth in anti-erosion plantations of rafter-beam systems in the Zhashkiv region]. Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy [Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine]. Vol. 216 (1), pp. 154–159. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau\\_lis\\_2015\\_216\(1\)\\_24](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_lis_2015_216(1)_24)

9. Krynytskyi, H.T., Ivanytskyi, S.M. (2004). Fitomelioryvni nasadzhennia na erodovanykh zemliakh Zakhidnoho Podillia: rist, zhyttievist, gruntotvorna rol [Phytomelioryvni plantings on eroded lands of Western Podillia: growth, vitality, soil-forming role]. Naukovyi visnyk Natsionalnoho ahrarynoho universytetu [Scientific Bulletin of the National Agrarian University]. Vol. 71, pp. 199–208.

10. Maliuha, V.M. (2019). Lisomelioryvna rol protyeroziinykh nasadzhennia [Forest reclamation role of anti-erosion plantations]. Perspektyvy rozvytku ekosystemnoho menedzhmentu u lisovomu kompleksi ta sadovo-parkovomu hospodarstvi: materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii [Prospects for the development of ecosystem management in the forest complex and horticulture: materials of the International Scientific and Practical Conference]. Kyiv, pp. 65–66.

11. Maliuha, V.M., Dudarets, S.M. (2015). Lisivnycho-melioryvni vlastyvoli sosny zvychnoi ta yikh vykorystannia u protyeroziinykh nasadzhenniakh [Forestry and reclamation properties of Scots pine and their use in anti-erosion plantations]. Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy [Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine]. Vol. 219, pp. 168–175.

12. Maliuha, V.M., Dudarets, S.M. (2014). Oso- blyvosti vykorystannia duba zvychnoho u protyero- ziinykh lisovykh nasadzhenniakh [Peculiarities of us- ing common oak in anti-erosion forest plantations]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresur- siv i pryrodokorystuvannia Ukrainy* [Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine]. Vol. 198 (2), pp. 190–197.

13. Maliuha, V., Khryk, V., Yukhnovskiy, V., Mind- er, V., Levandovska S., Kimeichuk, I., Brovko, F., Urli- uk, Y. (2022). Erosion control properties of self-seeded forests that appeared in forestless areas of ravine-gully systems. *Forestry Studies. Metsanduslikud Uurimused*. Vol. 77, pp. 56–66. DOI: 10.2478/fsmu-2022-0012

14. Hu, H., Shiraki, Y., Wakahara, K., Biligetu, T., Uchiyama, Y. (2012). Influence of change of forest floor cover percentage on overland flow rate on beech forest slopes Ishikawa. *Journal of the Japanese Forestry Society*. Vol. 94, Issue 4, pp. 167–174.

15. Khorchani, M., Gaspar, L., Nadal-Romero, E., Arnaez, J., Lasanta, T., Navas, A. (2023). Effects of cropland abandonment and afforestation on soil re- distribution in a small Mediterranean mountain catch- ment. *International Soil and Water Conservation Re- search*. Vol. 11, Issue 2, pp. 339–352. DOI: 10.1016/j. iswcr.2022.10.001

16. Manna, L., Tarabini, M., Gomez, F., Rostag- no, C.M. (2021). Changes in soil organic matter as- sociated with afforestation affect erosion processes: The case of erodible volcanic soils from Patagonia. *Geoderma* 403(3–4):115265. DOI: 10.1016/j.geoder- ma.2021.115265

17. Feng, X., Fu, B., Piao, S., Wang, S., Ciais, P., Zeng, Z. (2016). Revegetation in China's Loess Plateau is approaching sustainable water resource limits. *Nat. Clim. Change*, pp. 1019–1022.

18. Gu, Z.-J., Wu, X.-X., Zhou, F., Luo, H., Shi, X.-Zh., Yu, D.-Sh. (2013). Estimating the effect of *Pinus massoniana* Lamb plots on soil and water conser- vation during rainfall events using vegetation fractional coverage. *Catena*, Vol. 109, pp. 225–233.

19. Wu, G.-L., Liu, Y.-F., Cui, Z., Liu, Y.u., Shi, Z.-H., Yin, R., Kardol, P., Cheng, L. (2020). Trade-off between vegetation type, soil erosion control and sur- face water in global semi-arid regions: a meta-analysis. *J. Appl. Ecol.* Vol. 57 (5), pp. 875–885.

20. Seyis, Y., Özalp, M. (2022). Erzincan'da erozyo- na duyarlı sahalardaki sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ağaçlandırma çalışmalarının başarı/büyüme oranları ile BUROR teraslama işlemlerinin bazı toprak parametre- leri üzerindeki etkilerinin araştırılması. *AÇÜ Orman Fak Derg.* Vol. 23 (2), pp. 184–197. DOI: 10.17474/artvi- nofd.1134683

21. Dudarets, S.M., Maliuha, V.M., Ryzhkov, M.F. (1997). Zakhysni lisovi nasadzhennia na erodovanykh zemliakh Kanivshchyny [Protective forest plantations on the eroded lands of the Kaniv region]. *Lisivnycha nauka ta osvita: stan ta perspektyvy rozvytku* [Forest science and education: state and prospects of develop- ment]. Kyiv, pp. 209–212.

22. Teleshchuk, Yu.K., Zamlilyi, V.V., Metoshop, I.M. (1986). *Metodychni vkazivky do tekhnolohii stvorennia*

lisomelioryativnykh nasadzhennia na yaruzhno-balkovykh zemliakh Serednoho Prydniprov'ia [Methodical guide- lines for the technology of creating forest amelioration plantations on the timber and log lands of the Middle Dnieper region]. Kharkiv, 76 p.

23. Maliuha, V.M. (2004). Osnovni polozhennia teorii vidnovlennia normalnoho ekolohichnoho stanu erodovanykh terytorii na prykladi zasvoiennia yaruzhno-balkovykh system [The main provisions of the theory of restoration of the normal ecological state of eroded territories on the example of the assimilation of truss-beam systems]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Lisivnytstvo* [Scientific Bulle- tin of the National Agrarian University. Forestry]. Vol. 70, pp. 219–228.

24. Khryk, V.M. (2011). *Protyeroziini vlastyvyosti sosnovykh nasadzhennia na yaruzhno-balkovykh syste- makh tsentralnoi chastyny Prydniprovskoho Pravo- berezhnoho Lisostepu: avtoref. dys. ... kand. s.-h. nauk: 06.03.01* [Anti-erosion properties of pine plan- tations on rafter-beam systems of the central part of the Dnieper Right Bank Forest Steppe: abstract of the dissertation of the candidate of agricultural sciences: 06.03.01]. Kyiv, 22 p.

25. Yukhnovskiy, V., Maliuha, V., Khryk, V., Min- der, V., Kimeichuk, I., Raduchych, M., Rasenchuk, A., Brovko, F. (2021). Fractional composition and for- mation of forest litter in scots pine plantations on ra- vine-gully systems and the plain of the Central part of Ukraine. *Forestry ideas*. Vol. 27, no. 1 (61), pp. 89–100.

26. Sanitarni pravyla v lisakh Ukrainy: Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy № 555 vid 27.07.1995 r. (v red. Postanovy KM Ukrainy vid 26.10.2016 r. № 756) [Sanitary regulations in the forests of Ukraine. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 555 dated 27.07.1995 (as amended by Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 756 dated 26.10.2016)]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-95-%D0%BF#Text>

### The current state of anti-erosion pine planta- tions of the Dnieper Right Bank Forest Steppe

Khryk V., Levandovska S.

The current state of pine plantations created on the timber-beamed lands of the Right Bank Dnieper region is analyzed. It has been established that the most influ- ential factors that significantly impair the condition of anti-erosion pine plantations are *Heterobasidion anno- sum* (Fr.) Bref. and grass fires.

Based on the data of 26 test areas, which cover typical conditions of growth of anti-erosion planta- tions, indicators of sanitary condition were calculat- ed. The analysis of the sanitary condition indicator showed that the plantations belong to the category of weakened. In separate test areas, where the damage of *H. annosum* is combined with the impact of fires, the plantations go from the category of weakened to the category of very weakened. Very weakened trees make up 21,3 %, their sanitary condition index ranges from 2,61 to 3,21. The mass of dry matter, windfall, and broken snow varies from 0,2 to 8,1 % of the total stock of plantations per 1 ha. No direct connection be-

tween the accelerated fall of Scots pine trees and the spread of forest pests was found.

The best condition of anti-erosion plantings was observed in conditions of fresh sudibrow under mixing schemes 2rSz1–2rKlg. In fresh forests, the share of pine in the composition of plantations must be reduced in favor of deciduous species.

In the process of formation of the species composition of the tree stand on eroded lands, an increase in the share of Scots pine by more than 6–7 units, and a corresponding decrease in the share of accompanying deciduous species leads to a significant deterioration

in the sanitary condition of the plantation. In order to prevent the development of *H. annosum*, it is necessary to create mixed plantations of Scots pine with the introduction of deciduous species, which at the same time will act as a fire barrier.

Considering the high level of fire danger and the wide distribution of *H. annosum* in pine plantations on the eroded lands of the Right Bank Dnieper region, it is necessary to apply a system of preventive measures aimed at preventing their negative impact.

**Key words:** anti-erosion plantations, plowed-beam lands, sanitary state of plantations, *Heterobasidion annosum*, forest lowland fires, index of sanitary state.



Copyright: Хрик В.М., Левандовська С.М. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Хрик В.М.

Левандовська С.М.

<https://orcid.org/0000-0003-1912-3476>

<https://orcid.org/0000-0002-8485-6134>




## САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 582.091/.097:657.371:712.253-047.44(477.41)

## Підсумки інвентаризації дендрофлори та оцінка стану насаджень парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва «Томилівський»

Роговський С.В. , Ішук Л.П. , Струтинська Ю.В. , Ярмола М.А., Круцілов А.І.

Білоцерківський національний аграрний університет

 E-mail: naukaspg@gmail.com

Роговський С.В., Ішук Л.П., Струтинська Ю.В., Ярмола М.А., Круцілов А.І. Підсумки інвентаризації дендрофлори та оцінка стану насаджень парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва «Томилівський». «Агробіологія», 2023. № 1. С. 215–229.

Rogovskyi S., Ishchuk L., Strutyńska Y., Yarmola M., Krutysilov A. Results of the dendroflora inventory and assessment of the plantations of the Tomylivskyi Park, a monument of landscape art. «Агробіологія», 2023. no. 1, pp. 215–229.

Рукопис отримано: 19.04.2023 р.  
Прийнято: 03.05.2023 р.  
Затверджено до друку: 25.05.2023 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2023-179-1-215-229

Проведено ландшафтну оцінку та встановлено інтегральну цінність насаджень парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва місцевого значення «Томилівський». Відповідно до інтегральної оцінки насадження I і III виділів парку віднесені до категорії особливо цінних, а II і IV виділів – до категорії обмежено цінних, що пояснюється наявністю дещо більшої кількості дерев заселених омелою, сухостійних і суховершинних, а також поширенням самосіву інвазійних видів. Ландшафт парку відповідає першій стадії рекреаційної дигресії, оскільки площа доріг, доріжок і майданчиків займає менше 5 % його території. Висока сумарна рекреаційна оцінка парку-пам'ятки «Томилівський» дозволяє віднести його до найвищого першого класу за показником рекреації.

Таксономічний склад парку-пам'ятки представлений 76 видами. Встановлено, що до відділу *Pinophyta* належать 8 видів, що об'єднані в один клас, один підклас, два порядки, дві родини та 5 родів. До відділу *Magnoliophyta* належать 64 види, 2 гібриди, 2 культивари, які об'єднані у 47 родів, 22 родини, 19 порядків, 6 підкласів і 1 клас.

У результаті інвентаризації встановлено, що на сьогодні на території парку-пам'ятки «Томилівський» знаходяться 2446 деревних рослин, з яких 596 дерева, 1843 кущі, а 7 рослин мають життєву форму дерево-кущ. Середній вік зелених насаджень на території парку становить приблизно 60–70 років. Перші дерева були висаджені у 1940 році. Серед дерев найбільш поширені *Robinia pseudoacacia* L. – 96 шт., *Ulmus caprifolia* L. – 72, *Tilia platyphyllos* Scop. – 56, *Celtis occidentalis* L. – 38, *Corylus colurna* L. – 37, *Acer platanoides* L. – 36 шт., що загалом становить 56 % від загальної кількості дерев виявлених на території парку. Видаленню підлягають 77 екземплярів сухостійних та суховершинних дерев, що всихають і втратили декоративність. Санітарної обрізки потребують 87 дерев, що становить 14,5 % від загальної кількості дерев у парку. Основними причинами погіршення санітарного стану дерев у складі насаджень парку-пам'ятки є заселення *Viscum album* L.; зміна кліматичних умов, зокрема, зменшення кількості опадів та зменшення запасів вологи в ґрунті, що призвело до випадання з насаджень *Betula pendula*, *Juglans cinerea* L.; надмірна загущеність дерев та конкуренція між ними за світло, вологу та елементи мінерального живлення, що впливає на їх ослаблення та ураження шкідниками (*Picea abies* (L.) H. Karst., *Buxus sempervirens* L.).

**Ключові слова:** ландшафтний аналіз, інтегральна оцінка, стадії дигресії, таксономічний склад, довговічність, санітарний стан, інтродуценти, інвазійні види, рекреаційна цінність.

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** У сучасних умовах дендропарки, як осередки біологічного різноманіття деревних рослин набувають вагомого значення, що пояснюється змінами клімату та посиленням уваги до природної інфраструктури в усьому світі [1, 13, 24, 30, 35, 36, 41]. Культивування видів та культиварів дерев і кущів дозволяє краще вивчити їх біологічні й екологічні особливості, фітоценотичну взаємодію та стійкість до мінливих абіотичних і біотичних чинників. В Україні близько 500 дендропарків мають статус пам'яток садово-паркового мистецтва, що дає цим об'єктам охоронний статус та підвищує вимоги до їх охорони і збереження [12, 28]. Реконструкція таких об'єктів потребує ретельного вивчення їх історичних і природних особливостей та передбачає проведення досліджень методами ландшафтної таксації, а на невеликих за площею об'єктах інвентаризації з суцільним переліком дерев та кущів виявлених на території. Результати таких досліджень дають уявлення про таксономічний склад, вікову структуру, санітарний стан і розміри дерев та кущів, особливості їх розміщення і фітоценотичної взаємодії. Аналіз отриманих даних дає змогу встановити найбільш цінні компоненти насадження, що підлягають обов'язковому збереженню в процесі реконструкції, а також виокремити малоцінні, що підлягають видаленню [7, 50, 57].

У сучасних наукових публікаціях значну увагу приділяють зеленим насадженням як основі природної екологічної структури сучасних поселень [18–20]. Головними функціями деревних насаджень різного типу в містах є пом'якшення екстремальних кліматичних умов [14, 38], створення умов для рекреації [23, 36, 56], поліпшення фізичного і психологічного здоров'я населення [32], збереження біологічного різноманіття [15, 21, 37, 53, 54]. Серед різних видів багаторічних зелених насаджень, які іноді називають міськими лісами, особливе значення мають дендрологічні парки та парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва, які крім перерахованих вище функцій мають значне наукове, пізнавальне та естетичне значення [29, 31, 40].

В Україні накопичений значний досвід реконструкції дендропарків та парків-пам'яток, який висвітлений в ряді наукових публікацій [2, 23, 28, 44, 45, 46]. Водночас встановлено, що відсутність даних стосовно складу і стану дендрофлори парків та науково розроблених і реалізованих заходів щодо догляду та цілеспрямованих реконструктивних заходів є однією із головних причин деградації багатьох

дендропарків та руйнування пам'яток садово-паркового мистецтва [44].

Під час обстеження садово-паркових об'єкта виявляють цінні дендрологічні екземпляри, які заслуговують на зарахування до списку природоохоронних об'єктів [3, 17, 39, 52]. Найчастіше об'єктами охорони стають старовікові дерева, які виділяються діаметром стовбура.

Під час реконструкції садово-паркового об'єкта слід видалити мертві сухостійні дерева, а також хворі суховершинні, аварійні, сильно заселені омелою або іншими шкідливими організмами дерева та кущі, які втратили декоративність. Саме для цього проводять інвентаризацію насаджень та ландшафтну таксацію [44]. Отримані дані є основою для проведення санітарних і ландшафтних рубань. С.В. Роговський, А.І. Кушнір [44] рекомендують ландшафтні рубки проводити поетапно – спочатку видаляти сухостійні та суховершинні і пригнічені, фаунні дерева, а потім проводити обрізку дерев, в кронах яких є сухі гілки, ознаки заселення омелою білою, обрізати нижні гілки для поліпшення освітлення під наметом дерев. Остаточне формування крон завершувати після відростання молодих пагонів на раніше обрізаних деревах.

**Метою дослідження** є підведення підсумків інвентаризації насаджень парку, аналіз дендрофлори, розробка проєктних пропозицій щодо реконструкції парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва «Томирівський». Об'єкт дослідження – парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва місцевого значення «Томирівський». Предмет дослідження – вивчення складу, стану та локалітету деревних рослин, як головного компонента ландшафту парку-пам'ятки, таксономічний, флористичний та екологічний аналіз дендрофлори парку, ландшафтна оцінка окремих виділів та визначення цінності насаджень, що на них зростають з метою розробки заходів пов'язаних із реконструкцією насаджень, включаючи проведення санітарних і ландшафтних рубань і обрізувань.

**Матеріал і методи дослідження.** «Томирівський» парк площею 2,4 га закладений у 1940 р. та оголошений рішенням виконавчого комітету Київської обласної ради народних депутатів від 28.02.1972 р. № 118. парком-пам'яткою садово-паркового мистецтва місцевого значення. Розташований парк за 3 км на південь від м. Біла Церква в межах філії ДП «Білоцерківське лісове господарство», Томирівське лісництво – кв. 77 вид. 20, кв. 79 вид. 4.

Ландшафтний аналіз території парку проводили відповідно до рекомендацій Л.І. Рубцова [48], Ю.О. Клименка [25]. Дендрологічну цінність ландшафтів визначали за методикою

Н.В. Гатальської [6]. Щільність насаджень аналізували за державними будівельними нормами [10, 11] та довідником з благоустрою [27]. Формування садово-паркових об'єктів аналізували за методикою І.В. Вітюк [5]. Інтегральну оцінку насаджень у виділах парку проводили за методикою С.В. Роговського та ін. [46]. Згідно з цією методикою насадження підлягають повній заміні якщо кількість балів становить 10–15. За суми балів 16–22 – цінність насаджень низька, однак їх можна використовувати як основу майбутніх композицій після проведення ландшафтно-реконструктивних рубань та підсадки нових рослин, 23–32 бали – цінність насаджень обмежена, вони потребують вибіркового санітарно-оздоровчих заходів та підсадки дерев і кущів; 33–41 – насадження цінні, однак потребують формувальних обрізок та незначної оптимізації; 42–50 – насадження особливо цінні, потребують охорони і систематичного догляду.

Таксономічний склад насаджень парку-пам'ятки «Томилівський» аналізували за довідниками з дендрофлори [8, 9, 52]. Інвентаризацію насаджень парку-пам'ятки проводили восени 2022 року за загальноприйнятими методиками відповідно до Закону України «Про природно-заповідний фонд України» [12] та Інструкції з технічної інвентаризації насаджень [16]. Санітарний стан аналізували відповідно до Санітарних правил в лісах України [49]. Рекреаційне навантаження вивчали за рекомендаціями щодо визначення максимального рекреаційного навантаження природних комплексів і об'єктів у межах природно-заповідного фонду України [33]. Пропозиції щодо поліпшення естетичної та екологічної якості ландшафтів парку розробляли керуючись рекомендаціями Н.О. Олексійченко, С.М. Підховної [36], І.В. Ключова [26], Е. Ronnblom [47]. Під час добору рослин керувались каталогом німецької фірми Bruns Pflancen [4].

**Результати дослідження та обговорення.** До початку робіт з інвентаризації провели ландшафтний аналіз території парку-пам'ятки

«Томилівський». Оскільки рельєф території парку рівнинний, а ухил поверхні не перевищує 1 %, то він практично не впливає на ерозійні процеси, формування різних типів ґрунтів та на ріст і розвиток рослин. Ґрунт на відносно невеликій території парку однорідний і представлений чорноземом опідзоленим. Дослідження агрохімічного складу ґрунту показали, що із збільшенням глибини відбору зразків кислотність ґрунту зменшується і наближається до нейтральної, а вміст гумусу, розчинних форм азоту, фосфору та калію зменшується (табл. 1).

Природних чинників, які б впливали на рівень освітлення території – таких як експозиція схилу, або затінення високими будівлями на території дендропарку немає. Основним чинником, який впливає на рівень освітлення території є дерева, які затіняють територію та пригнічують ріст і розвиток рослин надґрунтового покриву й самосіву деревних видів.

На території дендропарку виділено ділянку відкритого простору, що охоплює близько 10 % території уздовж центральної алеї парку, ділянки напіввідкритого простору – 39 % території і ділянки закритого простору – 51 % території. Враховуючи рівень освітлення під наметом дерев та видовий склад на території виділу, розділили територію парку-пам'ятки «Томилівський» на чотири окремих виділи та провели інтегральну оцінку цінності насаджень (табл. 2).

Як показав підрахунок балів за 10 показниками на кожному із чотирьох виділів, які розділені доріжками, інтегральні оцінки виявилися досить близькими і коливаються від 29 до 34 балів. Відповідно до методики С.В. Роговського [42, 43], насадження у I і III виділах віднесені до категорії особливо цінних, а насадження у II і IV виділах – до категорії обмежено цінних, що пояснюється наявністю дещо більшої кількості дерев заселених омелою, сухостійних і суховершинних, а також поширенням самосіву інвазійних видів.

Аналіз території за видами користування наведено в таблиці 3.

Таблиця 1 – Агрохімічні показники ґрунту на території дендропарку за результатами агрохімічного аналізу 2022 р.

Глибина відбору зразка, м	Гумус, %	Кислотність, рН	Азот легко-гідролізований, мг/100 г	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/100 г	K <sub>2</sub> O, мг/100 г
0–20	2,73	5,8	10,1	8,1	11,6
20–40	2,67	5,9	10,2	7,9	10,9
40–60	2,34	6,1	8,7	6,8	10,2
50–80	2,12	6,3	8,5	6,7	9,4
80–100	1,87	6,4	7,4	5,8	8,6

Таблиця 2 – Результати інтегрального визначення цінності насаджень на виділах парку-пам'ятки «Томилівський»

№ п/п	Критерії оцінювання	Оцінка насаджень виділу, бал			
		I	II	III	IV
1	Відповідність фітоценотичної структури насаджень корінним асоціаціям та типології природних місць зростання	4	3	3	3
2	Багатство видового складу насаджень	3	4	3	3
3	Вікова структура насаджень	4	4	4	4
4	Санітарний стан насаджень	2	3	3	2
5	Архітектоніка насаджень	3	3	4	3
6	Контрастність компонентів насаджень	4	3	3	3
7	Гармонія компонентів насаджень	4	3	3	3
8	Конфігурація ділянок, груп та куртин	3	4	3	3
9	Гра світла і тіні	4	4	4	3
10	Ритм у розташуванні компонентів	3	2	3	2
	Всього, балів	34	33	33	29

Таблиця 3 – Баланс території парку-пам'ятки «Томилівський»

№ п/п	Назва території або її призначення	Площа, м <sup>2</sup>	У % до загальної площі об'єкта
1	Територія під доріжками, майданчиками, дорогами	980	4,06
1.1	дорога з покриттям із асфальту	620	
1.2	доріжки з покращеним покриттям	360	
1.3	доріжки з ґрунтовим покриттям	120	
2	Площа під зеленими насадженнями	22980	95,28
2.1	живоплоти і бордюри	710	
2.2	під деревами і кущами	18430	
2.3	під газоном	3640	
3	Під будівлями і МАФами	20	0,8
3.1	утилітарного призначення (садові лави, урни)	20	
3.2	декоративного призначення	-	
	Всього	24120	100,00

Найбільша частка території парку-пам'ятки «Томилівський» зайнята під зеленими насадженнями – 95,28 %. На території садово-паркового об'єкта відсутні будівлі, водойми та МАФі декоративного призначення. Під садовими лавами зайнято всього 20 м<sup>2</sup>, а під дорогами, доріжками і майданчиками – 4,06 % площі. Така структура садово-паркового об'єкта не сприяє його відвідуваності, і в процесі реконструкції, яка назріла, необхідно суттєво розширити площу доріжок з покращеним покриттям. Бажано було б збільшити кількість МАФів утилітарного призначення, встановити нові садові лави та сміттєві урни, а також встановити ряд скульптур, виготовлених із дерева, та збудувати альтанку. Аналогічні проблеми спостерігаються під час вивчення стану насаджень парку у с. Іванівка на Уманщині [55].

Відповідно до стадій рекреаційної дегресії ландшафт парку відповідає першій стадії рекреаційної дигресії, оскільки площа доріг, доріжок і майданчиків займає менше 5 % його території (коефіцієнт рекреації – 0,05). Трав'яний покрив парку незайманий, підстилка не порушена, підріст, підлісок, трав'яний покрив відповідають типу лісорослинних умов – D1-D2.

Рекреаційна оцінка цього парку є похідною від таких трьох складових: естетичної, пішохідної доступності та додаткової оцінки.

Під час визначення естетичної оцінки зазвичай враховують такі показники як вологість екоотопу, склад насаджень та вік дерев. Усі складові дозволяють віднести парк-пам'ятку «Томилівський» до 2 класу естетичної оцінки, оскільки вік дерев становить 50–80 років, у складі насадження виявлено більше 10 видів,



а лісорослинні умови за вологістю є сухими і свіжими. Парк належать до першого класу пішохідної доступності, оскільки має невелику площу, розділений на виділи пішохідними доріжками і розташований поряд з автомобільною дорогою М04. Під час визначення класу додаткової оцінки враховуємо, що дендропарк належить до об'єктів природно-заповідного фонду України, а саме має статус парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва, тому він матиме перший бал додаткової оцінки. Отже, сумарна рекреаційна оцінка дендропарку «Томилівський» становитиме 4 бали, тобто це перший клас з високою рекреаційною оцінкою. Висока рекреаційна оцінка парку-пам'ятки обумовлена географічним розташуванням дендропарку, адже до м. Біла Церква всього 3 км, до с. Шкарівка 0,5 км, поруч проходить дорога з твердим покриттям та є місце для стоянки автомобілів. Потенційно парк-пам'ятка «Томилівський» – важливий об'єкт для рекреації жителів Білоцерківської громади, враховуючи породний склад та вік його насаджень. Однак для розширення рекреаційних та пізнавальних можливостей цього садово-паркового об'єкта необхідно провести його реконструкцію, розширити пропускну здатність, покращити умови для відвідувачів та посилити інформативність об'єкта.

Результатами інвентаризації встановлено, що на сьогодні на території парку-пам'ятки «Томилівський» знаходиться 2446 деревних рослин, з яких 596 дерев, 1843 кущі, а 7 рослин мають життєву форму дерево-кущ. Всього на території дендропарку під час інвентаризації виявлено 76 видів деревних рослин, з яких два види дерев потребують додаткового вивчення в літній період.

Така насиченість території парку деревами та кущами, враховуючи вік цих насаджень, є надмірною. Адже згідно з ДБН Б2.2.12-2019 під час створення парків на їх території рекомендують в зоні Лісостепу розмішувати до 200 дерев та 2000 кущів на 1 га [11]. Натомість маємо у парку 235 дерев та 1768 кущів. Втім ці дані зміняться після проведення санітарних рубань – видалення сухостійних та суховершинних дерев, що всихають і втратили декоративність, таких дерев виявлено 77 екземплярів.

Найбільшою кількістю особин характеризується *Buxus sempervirens* L. – 1520 шт., *Spirea vanhouttei* (Briot) Zab. – 187 шт., *Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt. – 56 шт. Якщо перші два види висаджені відповідно в бордюрах вздовж доріжок і в живоplotі, то *M. aquifolium* поширилась самосійно й утворила невеличкі кутурини на території парку.

Серед дерев найбільш поширені наступні види: *Robinia pseudoacacia* L. – 96 шт., *Ulmus caprifolia* L. – 72, *Tilia platyphyllos* Scop. – 56, *Celtis occidentalis* L. – 38, *Corylus colurna* L. – 37, *Acer platanoides* L. – 36 шт. Всього до цих шести видів належать 335 екземплярів дерев, що становить 56 % від загальної кількості дерев виявлених на території парку. Варто зазначити, що мертвих і всихаючих дерев серед цих видів найбільше – 60 штук з 77 виділених для рубань. Встановлено, що після видалення некондиційних дерев на одному гектарі території парку буде 212 дерев. Це також надмірна у порівнянні з нормативною кількістю, особливо якщо врахувати вік дерев, що ростуть у дендропарку та їх розміри. Тому, враховуючи самосійне походження та значну кількість особин деяких інвазійних видів, необхідно видалити частину здорових, але малоцінних особин таких видів як *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus carpinifolia*, *Acer platanoides*, *Juglans mandshurica* Maxim., щоб звільнити площу для посадки більш цінних видів.

Відповідно до Санітарних правил в лісах України [49] під час інвентаризації усі дерева були поділені на п'ять категорій санітарного стану (рис 1.).

Якщо дерева першої і другої категорій санітарного стану здорові та мають високі декоративні якості, то дерева третьої категорії ослаблені, менш декоративні, часто заселені *Viscum album* L. Слід враховувати, що це значна частина деревних рослин – 256 екземплярів (10,5 % від загальної кількості деревних рослин). Зазвичай рослини, які в процесі інвентаризації були віднесені до третьої категорії санітарного стану потребують значної обрізки крони, видалення сухих, зламаних, а також гілок заселених *V. album*. Окремі екземпляри цієї категорії, особливо якщо вони поширилися самосійно, варто видалити. Санітарну обрізку необхідно провести на 87 деревах, що становить 14,5 % від загальної кількості дерев у парку.

Для поліпшення рівня освітлення і зменшення конкуренції між деревами, а також для покращання естетичного сприйняття парку-пам'ятки рекомендуємо провести ландшафтну обрізку майже усіх крон дерев. Зокрема пропонуємо обрізати нижні засохлі та пригнічені гілки, сформувати штамп більшості стовбурів дерев на висоті 4–6 м, а подекуди і вище. Здійснення цієї операції не потребує отримання спеціальних дозволів, але дозволить отримати значний декоративний ефект – зросте проглядність парку, виникнуть сприятливі умови для формування живого надґрунтового покриву. Така практика поширена в парках європейських країн.



Рис. 1. Розподіл деревних рослин за категоріями санітарного стану:

\*I категорія – здорові, добре розвинуті дерева; II – здорові, але ослаблені, пригнічені дерева; III – сильно пригнічені, частково заселені омелою дерева без ознак всихання; IV – суховерхні дерева, що відмирають, а також сильно заселені омелою з проявами заселення на стовбурі і скелетних гілках; V – сухостійні мертві дерева.

Основною причиною погіршення санітарного стану дерев у складі насаджень дендропарку є заселення *Viscum album* L. Ця рослина-напівпаразит активно поширюється на таких видах як *Robinia pseudoacacia*, *Acer platanoides*, *Celtis occidentalis*, *Tilia cordata* Mill., *Acer pseudoplatanus*. Заселення *Viscum album* є основною причиною загибелі дерев перерахованих вище видів. Рослина напівпаразит активно використовує накопичені деревом пластичні речовини, перехоплює воду, пригнічує ріст і розвиток дерев. Тому термінова обрізка гілок заселених омелою, як на деревах, що ростуть на території парку, так і на прилеглих територіях, недопущення плодоношення і розселення цього напівпаразитного виду є обов'язковою умовою збереження здоров'я насаджень парку-пам'ятки. Варто зазначити, що перші ознаки паразитування *Viscum album* відмічені на таких видах як *Fraxinus lanceolata* Borkh. і *Juglans mandshurica*. Рідше заселені омелою білою *Tilia platyphyllos* Skor., *Crataegus laevigata* (Poirk.) DC. та *Crataegus*

*submolis* L., *Cornus mas* L., *Ulmus caprifolia*. Слід зауважити, що перераховані вище види є основними паркоутвірними породами цього парку. За межами парку на Білоцерківщині відмічені випадки заселення *Viscum album* дерев *Betula pendula* Roth., *Fraxinus exelsior* L., *Malus sylvestris* Mill., *Populus alba*, *Syringa vulgaris* L., *Aesculus hippocastanum* L. Тому контролювання *Viscum album* є одним з найважливіших завдань для збереження цього парку-пам'ятки.

Другою причиною погіршення санітарного стану насаджень є зміна кліматичних умов, а саме зменшення кількості опадів та зменшення запасів вологи в ґрунті. Ймовірно, саме це є причиною випадання з насаджень дерев таких видів як *Betula pendula*, *Juglans cinerea* L. та ослаблення дерев *Picea abies* (L.) H. Karst.

На життєздатність дерев впливає також надмірна загушеність дерев і конкуренція між ними за світло, вологу та елементи мінерального живлення. Ослаблені дерева стають легкою здобиччю шкідників та хвороб.

Зокрема на ряді дерев виявлені ознаки заселення стовбурними шкідниками, грибами трутовиками.

Загрозою для *Buxus sempervirens*, що висаджений у парку кілька років тому, є *Cydalima perspectalis* Walker. Цей шкідник, що проник у Європу з Китаю на початку 2000-х років, здатен знищити кущі самшиту за лічені дні, тому варто своєчасно проводити профілактичні обприскування інсектицидами системної дії (Актелік, Анжіо, Маршал, Нурел Д, Конфідор Максі). Обробку розпочинають на початку травня і повторюють через кожні 20 днів до закінчення вегетації.

Такі ж загрози є для *Aesculus hippocastanum*, який у парках України масово пошкоджується *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic [55].

Виконання перерахованих вище заходів та розкорчовування пнів дозволить створити сприятливі умови для збагачення складу дендрофлори парку новими видами й культиварами.

Аналіз записів у журналі висадки рослин на території парку-пам'ятки показав, починаючи з 1940 року, коли на цій території були висаджені перші дерева, за весь період функціонування парку висаджено близько 300 видів та культиварів деревних рослин. В силу різних причин на сьогодні збереглося 76 видів та культиварів. Найбільш цінними деревами для парку є ряд екзотів, зокрема, *Lirodendron tulipifera* L. – 4 екз., *Gymnocladus dioica* (L.) C. Koch – 6 екз., *Fagus sylvatica* L. – 1 екз., *Abies nordmanniana* (Stev.) Spach. – 1 екз., *Tilia mongolica* Maxim. – 1 екз., *Phellodendron amurense* Rupr. – 11 екз., *Celtis occidentalis* – 36 екз., *Gleditsia triacanthos* L. – 3 екз., *Betula maximowicziana* Regel – 1 екз. Враховуючи вік, розміри та декоративність цих екзотичних видів, принаймні найкращі екземпляри, цілком заслуговують присвоєння статусу пам'ятки природи місцевого значення. З часом на цей статус зможуть претендувати окремі дерева *Quercus robur* L., *Aesculus hippocastanum*,

*Quercus petraea* Liebl., *Juglans mandshurica*, *Juglans nigra* L., *Juglans cinerea* L., *Corylus colurna* L., *Styphnolobium japonicum* (L.) Schott., *Juniperus virginiana* L., *Catalpa speciosa* Warder ex Engelm., адже через 15–30 років цим рослинам буде понад 100 років.

Таксономічний аналіз складу дендрофлори парку-пам'ятки показує, що до відділу *Pinophyta* належать 8 видів, що об'єднані в один клас, один підклас, два порядки, дві родини та 5 родів. До відділу *Magnoliophyta* належать 64 види, 2 гібриди, 2 культивари, які об'єднані у 47 родів, 22 родини, 19 порядків, 6 підкласів і 1 клас.

Найбільшим різноманіттям видів характеризується родина *Rosaceae* – 9 родів і 10 видів. Родина *Fabaceae* включає 7 родів і 7 видів, родини *Aceraceae*, *Ulmaceae*, *Juglandaceae* об'єднують по 4 види одного роду, а родина *Fagaceae* – два роди, 4 види і один культивар. Родини *Pinaceae* і *Oleaceae* представлені 3 родами і 4 видами. Решта родин включають переважно один, рідше два роди, в яких один, зрідка два види.

Слід зазначити, що дендрофлора парку значною мірою сформована із інтродукованих видів. Із 76 встановлених під час інвентаризації видів 51 – інтродуценти і лише 25 представники автохтонної флори. Результати аналізу розподілу видів дерев, що виявлені на території парку-пам'ятки «Томилівський» за флористичними областями наведено в таблиці 4. На сьогодні в парку найбільше представлені види деревних рослин, природні ареали яких знаходяться в Циркумбореальній флористичній області – 38 видів, або 51,3 %.

Атлантично-Північноамериканська область в дендропарку представлена 17 видами або 23,0 %. Досить поширені види із Східно-азіатської флористичної області – 15 видів або 20,3 %. Представників інших флористичних областей значно менше.

Таблиця 4 – Розподіл природних ареалів видів деревних рослин парку за флористичними областями

№ п/п	Флористичні області землі	Кількість видів	В % до загальної кількості видів
1	Циркумбореальна область	38	51,3
2	Східноазіатська область (Японо-Китайська)	15	20,3
3	Атлантично-Північноамериканська область	17	23,0
4	Середземноморська	1	1,4
5	Ірано-Туранська	3	4
	Всього	74	100

Результати аналізу складу дендрофлори дендропарку за життєвими формами показані на діаграмі (рис. 2.). Як видно з діаграми, життєву форму дерева мають 596 деревних рослин, життєву форму кущ – 1843 рослини, і проміжну дерево-кущ – 7 рослин. Подібні результати щодо життєвих форм були також отримані під час інвентаризації дендрофлори парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва місцевого значення «Парк інституту ім. В.П. Філатова» в Одесі [34].

Аналіз дерев за силою росту показав, що до дерев, які мають висоту понад 25 м і за О.М. Калніченко [22] є деревами першої величини, належать 12 видів, до дерев другої величини (H=20 м) – 42 види, до дерев третьої величини (H=15 м) – 12 видів.

Аналіз дендрофлори парку за швидкістю росту показав, що до групи дуже швидкорослих видів слід віднести 16 видів, до групи швидкорослих – 31, до групи помірнорослих – 18, дуже повільнорослих – 11 видів дерев та кущів.

Середній вік зелених насаджень на території дендропарку становить приблизно 60–70 років, адже перші дерева були висаджені у 1940 році. Значна кількість дерев буда висаджена з 1946 до 1955 рр. Дуже довговічними видами в складі дендрофлори парку є *Quercus robur*, *Fagus sylvatica*, *Pinus sylvestris* L., *Tilia platyphyllos* Scop., *Abies nordmanniana*, *Buxus sempervirens*. Довговічними видами є: *Tilia cordata*, *Fraxinus excelsior*, *Styphnolobium japonicum*, *Picea pungens* Enge, *Ulmus laevis* Pall, *Ulmus glabra* Huds., *Ulmus caprifolia*, *Populus alba* L., *Juglans nigra*, *Juglans cinerea*, *Juglans regia* L., *Celtis occidentalis*, *Cornus mas* L., *Acer pseudoplatanus*, *Acer platanoides*. Вида-

ми із середньою довговічністю є: *Lirodendron tulipifera*, *Gleditsia triacanthos*, *Aesculus hippocastanum*, *Pyrus communis* L., *Carpinus betulus* L., *Corylus colurna*, *Prunus avium* L., *Acer campestre* L. До недовговічних слід віднести *Sorbus aucuparia* L., *Salix matsudana* Koidz.

Парк отримав статус парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва місцевого значення у 1972 році. Протягом останніх десятиліть значних посадок чи доповнення насаджень не проводили, проте з'явилось чимало самосійних дерев таких видів як *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus caprifolia*, *Tilia platyphyllos* і *Tilia cordata*, *Acer platanoides*. Л.І. Рубцов [48] вважав, що найбільш небажані зміни в ландшафт парку вносить самосів деяких місцевих та інтродукованих видів. Це відбувається внаслідок послаблення догляду, насамперед коли заростають галявини. На його думку під час реконструкції самосійні дерева слід видаляти, на вивільнених місцях створювати композиції з бажаних видів або формувати галявини з барвистими узліссями. Декоративні кущі, які внаслідок старіння втрачали декоративність він рекомендував саджати на пені.

Місцевим пасічником була самовільно висаджена алея з *Robinia pseudoacacia*, яка не становить цінності для парку-пам'ятки, а через утворення кореневої порості та самосіву цей інвазійний вид заборонений до використання в лісовому господарстві [51]. Також не рекомендуємо використовувати *Acer sachrinum* L., як недовговічне дерево схильне до заселення *Viscum album* на Білоцерківщині. Небажаними видами у дендропарку є також американський клен *Acer negundo* L. та *Ailantus altissima* (Mill.) Swingle, які належать до інвазійних видів [51].

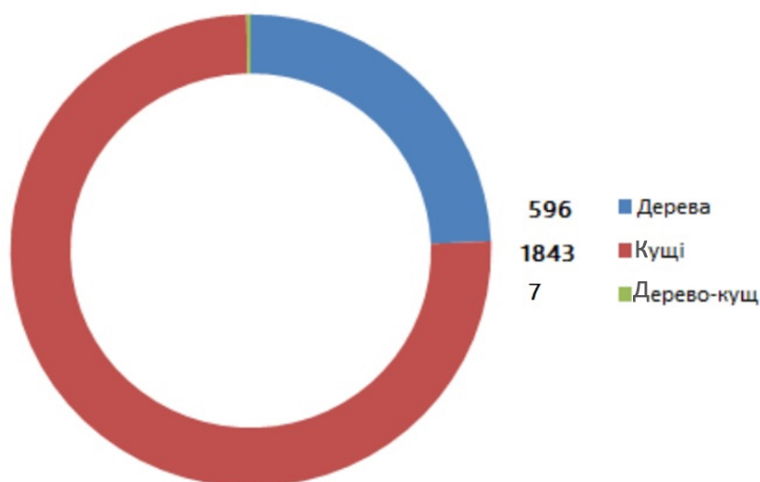


Рис. 2. Розподіл видів дендрофлори парку-пам'ятки «Томилівський» за життєвими формами.



Як встановлено в процесі інвентаризації, у дендропарку наявна незначна кількість хвойних дерев та кущів, ця група потребує значного розширення асортименту, для того щоб збагатити та покращити декоративність композицій парку, особливо в зимовий період року. Крім того для парку-пам'ятки важливо мати в своїх колекціях якомога більшу кількість видів та культиварів, що дасть можливість вивчати їх біологічні і екологічні особливості та декоративні якості. Особливо це важливо, якщо врахувати, що базовий розсадник Білоцерківської філії ДП "Ліси України" активно вирощує декоративні саджанці, зокрема культивари хвойних видів, які користуються підвищеним попитом. Поповнення колекції парку-пам'ятки цінними культиварами хвойних видів дало б можливість оцінити їх біоекологічні особливості та декоративні якості, а дерева та кущі можна було б використовувати як маточники для заготівлі репродуктивного матеріалу для потреб розсадника.

Основним принципом створення садово-паркових композицій під час реконструкції дендропарку є систематичний, а саме посадка рослин родовими комплексами. З цією метою пропонують сформувані групи дерев із видів і культиварів родів: *Pinus* L., *Picea* A. Dsetr., *Abies* Mill., *Chamaecyparis* Spach., *Thuja* L., *Juniperus* L., *Magnolia* L., а також поповнити колекції родин *Fabaceae* Lindl., *Rosaceae* Juss., *Junglandaceae* Lindl., *Aceraceae* Lindl.. Завдяки поєднанню у композиціях хвойних і листяних видів, використанню декоративно-листяних та гарноквітучих культиварів плануємо створити мальовничі та мінливі декоративні пейзажні картини.

Видалення ряду низькодекоративних і самосійних дерев, обрізка нижніх гілок суттєво покращать рівень освітлення під кронами дерев і створить умови для розвитку надґрунтового покриву. Для посилення декоративності паркових пейзажів передбачено висадку великими куртинами *Vinca minor* L., *Convallaria majalis* L., *Hedera helix* L., *Parthenocissus quinquefolia* L., *Galanthus nivalis* L., а вздовж прогулянкових доріжок запланована посадка невеликих груп *Hosta sieboldii* (Paxton) J.W. Ingram і *Hosta × Fortunei*, *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott та інших тіншовитривалих трав'янистих видів. На деяких більш освітлених ділянках доцільно вирівняти поверхню ґрунту, знищити бур'яни та посіяти газон, вибираючи травосуміш із невибагливих та тіншовитривалих злакових трав.

Для формування узлісь, підбивання груп дерев доречно використати культивари *Juniperus sabina* L., *Juniperus media*, *Juniperus*

*horizontalis*, *Cotoneaster horizontalis* Decne., *Cotoneaster adpressus* Bois., *Spiraea japonica* L., *Spiraea × cinerea*, *Euonymus fortunei*.

Більшість рослин, що ростуть у парку, за потребою у родючості ґрунту мезотрофи. Тобто, це рослини, які є помірно вибагливими до наявності поживних речовин у ґрунті. Тому і в асортименті, що рекомендований для оптимізації насаджень переважають мезотрофи. Важливо, не лише видалити непотрібні рослини, а замінити їх новим асортиментом видів, що здатні рости, не втрачаючи декоративності, в умовах затінення і жорсткої конкуренції за вологу та елементи живлення з дорослими деревами. Щоб зменшити конкуренцію дерев, що уже десятки років ростуть у парку і мають потужну кореневу систему, доцільно новостворені насадження відділити від дорослих дерев траншеями, за допомогою яких буде змога обмежити поширення їх коренів та зменшити конкуруючий вплив. Викопані екскаватором траншеї необхідно засипати родючим ґрунтом, збагаченим добривами та рясно полити. Це сприятиме відновленню пошкоджених коренів, а згодом стане джерелом мінерального живлення для висаджених рослин.

Під час реконструкції більш ретельно слід підійти до підбору садивного матеріалу, забезпечити його якісне викопування, транспортування і посадку в оптимальні строки. Більшість дерев і кущів слід висаджувати із закритою кореневою системою. Післясадивний догляд, що передбачає регулярне і якісне зволоження кореневмісного шару ґрунту, прополювання пристовбурних кругів, мають проводити вчасно і якісно кваліфіковані працівники.

**Висновки.** «Томилівський» парк площею 2,4 га закладений у 1940, а статус парку-пам'ятки отримав у 1972 р. Впродовж цього періоду флора парку проходила тривалу трансформацію, частина видів донині не збереглась.

Відповідно до інтегральної оцінки насадження I і III виділів парку віднесені до категорії особливо цінних, а II і IV виділів – до категорії обмежено цінних, що пояснюється наявністю дещо більшої кількості дерев заселених омелою, сухостійних і суховершинних, а також поширенням самосіву інвазійних видів.

Ландшафт парку відповідає першій стадії рекреаційної дигресії, а сумарна рекреаційна оцінка парку-пам'ятки "Томилівський" дозволяє віднести його до найвищого першого класу за показником рекреації.

Таксономічний склад парку-пам'ятки представлений 76 видами. Встановлено, що до відділу *Pinophyta* належать 8 видів, що об'єднані в один клас, один підклас, два порядки, дві

родини та 5 родів. До відділу *Magnoliophyta* належать 64 види, 2 гібриди, 2 культивари, які об'єднані у 47 родів, 22 родини, 19 порядків, 6 підкласів і 1 клас.

У результаті інвентаризації встановлено, що на сьогодні на території парку-пам'ятки «Томилівський» знаходяться 2446 деревних рослини, з яких 596 дерева, 1843 кущі, а 7 рослин мають життєву форму дерево-кущ. Середній вік зелених насаджень на території парку становить приблизно 60–70 років. Серед дерев найбільш поширені *Robinia pseudoacacia* L. – 96 шт., *Ulmus caprifolia* L. – 72, *Tilia platyphyllos* Scop. – 56, *Celtis occidentalis* L. – 38, *Corylus colurna* L. – 37, *Acer platanoides* L. – 36 шт., що загалом становить 56 % від загальної кількості дерев виявлених на території парку.

Видаленню підлягають 77 екземплярів сухостійних та суховершинних дерев, що всихають і втратили декоративність. Санітарної обрізки потребують 87 дерев, що становить 14,5 % від загальної кількості дерев у парку.

Основними причинами погіршення санітарного стану дерев у складі насаджень парку-пам'ятки є заселення *Viscum album* L.; зміна кліматичних умов, зокрема, зменшення кількості опадів та зменшення запасів вологи в ґрунті; надмірна загущеність дерев та конкуренція між ними за світло, вологу й елементи мінерального живлення, що впливає на їх ослаблення та ураження шкідниками.

Підвищити декоративність у парку допоможуть групи дерев із видів і культиварів родів *Pinus* L., *Picea* A. Dsetr., *Abies* Mill., *Chamaecyparis* Spach., *Thuja* L., *Juniperus* L., *Magnolia* L., сформовані узлісся з вічнозелених хвойних і гарноквітучих листяних кущів та об'ємні куртини тіньовитривалих трав'яних багаторічників на галявинах під наметом дерев і кущів.

Підвищити рекреаційну привабливість об'єкта необхідно за допомогою розширення площі доріжок з покращеним покриттям, збільшенням кількості МАФів утилітарного призначення, встановленням нових садових лав та сміттєвих урн, а також встановленням ряду скульптур, виготовлених із дерева, та альтанки.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Alexandra J., Norman B. The city as forest integrating living infrastructure, climate conditioning and urban forestry in Canberra. Australia. Sustainable Earth. 2020. Vol. 3. No 10. DOI: 10.1186/s42055-020-00032-3
2. Бессонова В.П., Іванченко О.Є. Видове багатство дендрофлори та естетичне оцінювання фітоценозів парку смт Магдалинівка. Науковий вісник НЛТУ України. 2020. № 30(1). С. 25–32.

3. Boreiko V.E. The esthetic of ancient trees. Humanitarian Ecological Journal. 2010. No 2. P. 37–38.
4. Bruns Pflancen: Catalog of garden plants 2018–2019. 2018. 1207 p.
5. Вітюк І.В. Методика формування садово-паркових об'єктів. URL: <http://inmad.vntu.edu.ua/portal/static/BC76F672-A170-4F81-B0DE-B37C89817B0E.pdf>
6. Гатальська Н.В. Методика визначення дендрологічної цінності та рівня збереженості ландшафтних об'єктів на прикладі парків-пам'яток садово-паркового мистецтва на території Центральнопридніпровської височинної області. Науковий вісник НЛТУ України. 2015. Вип. 25.6. С. 36–43.
7. Григора І.М., Соломаха В.А. Основи фітоценології. Київ: Фітосоціоцентр, 2000. 240 с.
8. Дендрофлора України: дикорослі і культивовані дерева та кущі. Покритонасінні / за ред. М.А. Кохна. Київ: Фітосоціоцентр, 2002. Ч. 1. 448 с.
9. Дендрофлора України: дикорослі й культивовані дерева і кущі. Покритонасінні / за ред. М.А. Кохна, Н.М. Трофименко. Київ: Фітосоціоцентр, 2005. Ч. 2. 716 с.
10. Державні Будівельні Норми України Б.2.2-5:2011. Благоустрій територій. Київ: Укрбудінформ, 2012. 44 с.
11. Державні Будівельні Норми України Б.2.2-12:2019. Планування і забудова територій. URL: [https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/b\\_2\\_2\\_12/1-1-0-1802](https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/b_2_2_12/1-1-0-1802)
12. Про природно-заповідний фонд України: Закон України. Відомості Верховної Ради України. 1992. № 34. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12#Text/>
13. Frantzeskaki N., Bush J. Governance of nature-based solutions through intermediaries for urban transitions A case study from Melbourne, Australia. Urban Forestry & Urban Greening. 2021. Vol. 64. P. 127–262.
14. Nature-based solutions for urban climate change adaptation: linking science, policy, and practice communities for evidence-based decision-making' / N. Frantzeskaki et al. BioScience. 2019. Vol. 69 (6). P. 455–466.
15. Examining the policy needs for implementing nature-based solutions in cities: Findings from town-wide transdisciplinary experiences in Glasgow (UK), Genk (Belgium) and Poznań (Poland) / N. Frantzeskaki et al. Land Use Policy. 2020. Vol. 96. P. 1–22. DOI: 10.1016/j.landusepol.2020.104688.
16. Інструкція з інвентаризації зелених насаджень в населених пунктах України: затверджена наказом Державного комітету з будівництва, архітектури та житлової політики України. № 226 від 24.12.2001. Київ, 2001. 17 с.
17. Іщук Л.П. До проблеми збереження вікових тополь. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Лісівництво та декоративне садівництво. 2015. Вип. 229. С. 250–259.
18. Іщук Л.П., Діденко І.П., Іщук Г.П., Миронюк Т.М. Перспективи використання аборигенної

флори у сталих ландшафтах урбанізованих просторів України. Грааль науки. 2022. № 12. С. 242–249.

19. Ishchuk L., Ishchuk H. Principles of Permaculture in landscape design. Ethnobotanical traditions in agronomy, pharmacy and garden design: proceedings of the Sixth International Scientific Conference, dedicated to the Year of Indomitability of Ukraine. Uman, 2023. P. 128–136.

20. Іщук Л.П., Іщук Г.П. Перспективи використання аборигенної флори в озелененні урбанізованих просторів. Актуальні проблеми, шляхи та перспективи розвитку ландшафтної архітектури, садово-паркового господарства, урбоекології та фітомеліорації: матеріали міжнародної наукової конференції. Біла Церква, 2021. С. 38–40.

21. Cities are hotspots for threatened species / C. Ives et al. *Global Ecology and Biogeography*. 2016. Vol. 25 (1). P. 117–126.

22. Калініченко О.А. Декоративна дендрологія. Київ: Вища шк., 2003. 199 с.

23. Кілінська К.Й., Скутар Т., Лопушняк Л., Паламар Д. Парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва Чернівецької області – об'єкти рекреаційного природокористування. *Географія та туризм*. 2013. Вип. 25. С. 138–151.

24. Building biodiversity into the urban fabric: A case study in applying Biodiversity Sensitive Urban Design (BSUD) / H. Kirk et al. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2021. Vol. 62. P. 1–14. DOI: 10.1016/j.ufug.2021.127176.

25. Клименко Ю.О. Використання класифікації садово-паркових ландшафтів Л.І. Рубцова в проєктній роботі (на прикладі частини центральної зони паку «Феофанія» у Києві). *Наукові доповіді НУ-БіП*. 2010. № 4(20). URL: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2010-4/10kuarfp.pdf>

26. Клюева І.В. Ландшафтний дизайн. Харків: Веста, 2010. 160 с.

27. Коваленко С.В. Благоустрій міст та населених пунктів: інформаційно-аналітичний збірник. Київ: Мін-во будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006. 80 с.

28. Косаревська Р.О. Засади реставраційно-відновних робіт пам'яток садово-паркового мистецтва. Сучасні проблеми архітектури та містобудування. 2014. Вип. 35. С. 35–45.

29. Кузнецов С.І., Клименко Ю.О. Біологічні та фітомеліоративні засади паркознавства і ландшафтного дизайну. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2003. Вип. 13.5. С. 317–320.

30. Макаренко М.Б., Кириллова Ю.Г. Сучасні особливості розвитку національних природних парків України. Проблеми регіоналістики: минуле, сучасне, майбутнє: матеріали Науково-практичної Інтернетконференції. Київ, 2017. С. 284–287.

31. Масальський В.П., Кузнецов С.І. Аборигенна дендрофлора покритонасінних – основа паркобудування в Лісостепу України. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. Т. 28. № 8. С. 14–18. DOI: 10.15421/40280802

32. McDonald R., Beatley T., Elmqvist T. The green soul of the concrete jungle: the urban century,

the urban psychological penalty, and the role of nature. *Sustainable Earth*. 2018. Vol. 1. No 3. DOI: 10.1186/s42055-018-0002-5.

33. Методичні рекомендації щодо визначення максимального рекреаційного навантаження природних комплексів і об'єктів у межах природно-заповідного фонду України за зонально-регіональним розподілом. Державна служба заповідної справи Мінкоресурсів України, Науковий центр заповідної справи Мінкоресурсів України. Київ, 2003. 43 с.

34. Немерцалов В.В., Коломійчук В.П., Васильєва Т.В. Сучасний стан дендрофлори парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва місцевого значення «Парк інституту ім. В.П. Філатова». *Вісник Одеського національного університету. Біологія*. 2021. Т. 26. (№1 (48) 21. С. 55–70. DOI: 10.18524/2077-1746.2021.1(48).232845

35. Cities should respond to the biodiversity extinction crisis / C. Oke et al. *Urban Sustainability*. 2021. Vol. 1. No 11. DOI: 10.1038/s42949-020-00010-w.

36. Олексійченко Н.О., Підховна С.М. Ретроспективний аналіз формування парків-пам'яток садово-паркового мистецтва Тернопільщини. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2019. Т. 29. № 5. С. 17–21.

37. The global urban tree inventory: a database of the diverse tree flora that inhabits the worlds cities / A. Ossola et al. *Global Ecology and Biogeography*. 2020. Vol. 29. P. 1907–1914.

38. Small vegetated patches greatly reduce urban surface temperature during a summer heatwave in Adelaide / A. Ossola et al. *Landscape and Urban Planning. Australia*, 2021. Vol. 209. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2021.104046.

39. Парнікоза І.Ю. Вікові дерева на заплаві Дніпра в межах м. Києва. URL: <http://www.myslenedrevo.com.ua/uk/sci/kyiv/islands/nature.html>.

40. Pišová S., Tokarieva O., Sendonin S. The experience of preserving ancient trees in Vienna, Austria. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*. 2023. Vol. 14(2). URL: <https://forestscience.com.ua/en/journals/tom-14-2-2023/dosvid-zbyeryezhyennya-vikov-ikh-dyeryev-u-m-vidni-avstriya>

41. Решетюк О.В. Перспективи використання парків природно-заповідного фонду Буковини для збагачення її біорізноманіття. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2017. Т. 27. № 10. С. 42–50.

42. Роговський С. В. Аналіз складу і стану дендрофлори парку с. Крюківщина Києво-Святошинського району Київської області. *Агробіологія*. 2018. № 2. С. 79–89.

43. Роговський С.В. Сучасні проблеми створення і утримання зелених насаджень у населених пунктах України. *Науковий вісник. НЛТУ України*. 2019, Т. 29. №1. С. 9–16. DOI: 10.15421/40290101

44. Роговський С.В., Кушнір А.І. Організація ландшафтних рубок у старовинних парках та ботанічних садах України. *Науковий вісник НАУ*. 2006. № 96. С. 292–299.

45. Роговський С.В., Масальський В.П. Дендрофлора сучасного парку та її роль у формуванні сакральномеморіального ландшафту.



Науковий вісник. НЛТУ України. 2023. Т. 33. № 2. С. 14–24.

46. Роговський С.В., Олешко О.Г., Струтинська Ю.В., Колотніцька А.В. Сучасні проблеми інвентаризації рослин у міських насадженнях і досвід їх вирішення. Науковий вісник НЛТУ України. 2021. Т. 31. № 5. С. 60–66. DOI: 10.36930/40310509

47. Ronnblom E. Pielegnacja Ogrodu: praktyczne porady na cały rok wiosna-lato-jeseien-zima. Krakow: Wydawnictwo REA-SJ, 2019. 272 p.

48. Рубцов Л.І. Деревя і кущі в ландшафтній архітектурі: довідник. Київ: Наукова думка, 1977. 272 с.

49. Санітарні правила в лісах України: затверджені постановою Кабінету Міністрів України від 27 липня 1995 р. № 555 ( в редакції постанови Кабінету Міністрів України від 26 жовтня 2016 р. № 756). Київ, 2016. 22 с.

50. Соснова Н.С. Садибні парки ХІХ століття – уособлення ландшафтної культури краю в минулому. Науковий вісник НЛТУ України. 2013. Вип. 23.9. С. 8287.

51. Стрілець Р. Міндовкілля затвердило перелік чужорідних видів дерев, заборонених у відтворенні лісів. URL: <https://mepr.gov.ua/mindovkilliya-zatverdilo-perelik-chuzhoridnyh-vydiv-derev-zabronenyh-u-vidtvorenni-lisiv/>

52. Сударікова Ю. Екзотичні дерева, кущі та ліани в ландшафтах України. Київ: Наш формат, 2013. 336 с.

53. Conservation of urban biodiversity: a national summary of local actions. Report prepared by the Clean Air and Urban Landscapes Hub / C. Threlfall et al. Melborn, 2019. 49 p.

54. United Nations Environment Programme. Making Peace with Nature: A scientific blueprint to tackle the climate, biodiversity and pollution emergencies. Nairobi, 2021. URL: <https://www.unep.org/resources/making-peace-nature/>.

55. Оптимізація сучасного стану парку с. Іванівка Уманського району та проект його реконструкції / В.П. Шлапак та ін. Науковий вісник НЛТУ України. 2018. Вип. 28.6. С. 47–51.

56. Шульга В. Використання пам'яток садово-паркового мистецтва як об'єктів екологічного туризму (на прикладі Сумської обл.). Вісник Львівського університету. 2010. Вип. 38. С. 371–378.

57. Царик Л., Позняк І. Рациональне природокористування і охорона природи. Наукові записки. 2016. № 1. С. 263–270.

## REFERENCES

1. Alexandra, J., Norman, B. (2020). The city as forest integrating living infrastructure, climate conditioning and urban forestry in Canberra, Australia. Sustainable Earth. Vol. 3, no. 10. DOI: 10.1186/s42055-020-00032-3

2. Bessonova, V.P., Ivanchenko, O.Ye. (2020). Vy-dove bahatstvo dendroflory ta estetychne otsiniuvannia fitosenoziv parku smt Mahdalynivka [Species richness of dendroflora and aesthetic evaluation of phytocenoses

of the park of the town of Magdalinivka]. Naukovyj visnyk NLTU Ukrainy [Scientific bulletin of NLTU of Ukraine], no. 30 (1), pp. 25–32.

3. Boreiko, V.E. (2010). Estetyka vikovykh derev [The esthetic of ancient trees]. Humanitarno-ekolo-hichnyjzhurnal[HumanitarianEcologicalJournal],no.2, pp. 37–38.

4. Bruns Pflancen: Catalog of garden plants 2018–2019. 1207 p.

5. Vitiuk, I.V. Metodyka formuvannia sadovo-par-kovykh ob'ektiv [Methodology for the formation of garden and park objects]. Available at: <http://inmad.vntu.edu.ua/portal/static/BC76F672-A170-4F81-B0DE-B37C89817B0E.pdf>

6. Hatal's'ka, N.V. (2015) Metodyka vyznachen-nia dendrolohichnoi tsinnosti ta rivnia zberezhenosti landshaftnykh ob'ektiv na prykladi parkiv-pam'iatok sadovo-parkovoho mystetstva na terytorii tsentral'no-prydniprov'skoi vysochynnoi oblasti [The method of determining the dendrological value and the level of preservation of landscape objects on the example of parks-monuments of horticultural art in the territory of the Central Dnieper Upland Region.] Naukovyj visnyk NLTU of Ukraine [Scientific bulletin of NLTU of Ukraine]. Vol. 25.6, pp. 36–43.

7. Hryhora, I.M., Solomakha, V.A. (2000). Oso-novy fitosenolohii [Basics of phytocenology]. Kyiv, Fitosotsiotsentr, 240 p.

8. Dendroflora Ukrainy: dykorosli i kul'tyvovani dereva ta kuschi [Dendroflora of Ukraine: wild and cultivated trees and bushes]. Pokrytonasinni [Angio-sperms]. Kyiv, Fitosotsiotsentr, 2002, Part 1, 448 p.

9. Dendroflora Ukrainy: dykorosli i kul'tyvovani dereva ta kuschi [Dendroflora of Ukraine: wild and cultivated trees and bushes]. Pokrytonasinni [Angio-sperms]. Kyiv, Fitosotsiotsentr, 2005, Part 2, 716 p.

10. Derzhavni Budivel'ni Normy Ukrainy B.2.2-5:2011. Blahoustrij terytorij. [State Building Standards of Ukraine B.2.2-5:2011. Improvement of territories]. Kyiv, Ukrbudinform, 2012, 44 p.

11. Derzhavni Budivel'ni Normy Ukrainy B.2.2-12:2019. [State Building Standards of Ukraine B.2.2-12:2019. Planning and development of territories]. Available at: [https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/b\\_2\\_2\\_12/1-1-0-1802](https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/b_2_2_12/1-1-0-1802)

12. Pro pryrodno-zapovidnyj fond Ukrainy: Zakon Ukrainy [On the Nature Reserve Fund of Ukraine: Law of Ukraine]. Verkhovna Rada information, no. 34. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12#Text/>

13. Frantzeskaki, N., Bush, J. (2021). Govern-ance of nature-based solutions through intermedi-aries for urban transitions A case study from Melbourne, Astralia. Urban Forestry & Urban Greening. Vol. 64, pp. 127–262.

14. Frantzeskaki, N., McPhearson, T., Collier, J. M., Kendal, D., Bulkeley, H., Dumitru, A., Walsh, C., Noble, K., Wyk, E., Ordóñez, C., Oke, C., Pintér, L. (2019). 'Nature-based solutions for urban climate change adaptation: linking science, policy, and prac-tice communities for evidence-based decision-making'. BioScience. Vol. 69 (6), pp. 455–466.



15. Frantzeskaki, N., Vandergert, P., Connop, S., Schipper, K., Zwierzchowska, I., Collier, M., Lodder, M. (2020). Examining the policy needs for implementing nature-based solutions in cities: Findings from town-wide transdisciplinary experiences in Glasgow (UK), Genk (Belgium) and Poznań (Poland). *Land Use Policy*. Vol. 96, pp. 1–22. DOI: 10.1016/j.landusepol.2020.104688.
16. Інструкція з інвентаризації зелених насаджень в населених пунктах України. Затверджена наказом Державного комітету з будівництва, архітектури та житлової політики України. № 226 від 24.12.2001 [Instructions on the inventory of green spaces in populated areas of Ukraine. Approved by order of the State Committee on Construction, Architecture and Housing Policy of Ukraine. No. 226 dated 24.12.2001]. Kyiv, 2001, 17 p.
17. Ishchuk, L.P. (2015). До проблеми збереження вікових топів [To the problem of preserving ancient poplars]. *Naukovyj visnyk Natsional'noho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy. Lisivnytstvo ta dekoratyvne sadivnytstvo* [Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine. Forestry and decorative horticulture]. Issue 229, pp. 250–259.
18. Ishchuk, L.P., Didenko, I.P., Ishchuk, H.P., Myroniuk, T.M. (2022). Perspektyvy vykorystannia aboryhennoi flory u stalykh landshaftakh urbanizovanykh prostoriv Ukrainy [Prospects for the use of aboriginal flora in sustainable landscapes of urban areas of Ukraine]. *Hraal' nauky* [The grail of science]. no. 12, pp. 242–249.
19. Ishchuk, L., Ishchuk, H. (2023). Principles of Permaculture in landscape design. Ethnobotanical traditions in agronomy, pharmacy and garden design: proceedings of the Sixth International Scientific Conference, dedicated to the Year of Indomitability of Ukraine (July 5–8, 2023, Uman ). Uman, pp. 128–136.
20. Ishchuk, L.P., Ishchuk, H.P. (2021). Perspektyvy vykorystannia aboryhennoi flory v ozelenenni urbanizovanykh prostoriv [Prospects for the use of aboriginal flora in the landscaping of urbanized spaces]. *Aktual'ni problemy, shliakhy ta perspektyvy rozvytku landshaftnoi arkhitektury, sadovo-parkovoho hospodarstva, urboekologii ta fitomelioratsii: materialy mizhnarodnoi naukovoï konferentsii* [Actual problems, ways and prospects of the development of landscape architecture, horticulture, urban ecology and phytoremediation: materials of the international scientific conference]. Bila Tserkva, pp. 38–40.
21. Ives, C., Lentini, P., Threlfall, C., Ikin, K., Shanahan, D., Garrard, G., Kendal, D. (2016). Cities are hotspots for threatened species. *Global Ecology and Biogeography*. Vol. 25 (1), pp. 117–126.
22. Kalinichenko, O.A. (2003). *Dekoratyvna dendrolohiia* [Decorative dendrology]. Kyiv, Higher school of publishing houses, 199 p.
23. Kilins'ka, K.J., Skutar, T., Lopushniak, L., Palamar, D. (2013). Parky-pam'iatky sadovo-parkovoho mystetstva Chernivets'koi oblasti – ob'iekty rekreatsijnoho pryrodokorystuvannya [Parks-monuments of horticultural art of Chernivtsi region – objects of recreational nature use]. *Heohrafiia ta turyzm* [Geography and tourism]. Issue 25, pp. 138–151.
24. Kirk, H., Garrard, G., Croeser, T., Backstrom, A., Berthon, K., Furlong, C., Hurley, J., Thomas, F., Webb, A., Bekessy, S. (2021). Building biodiversity into the urban fabric: A case study in applying Biodiversity Sensitive Urban Design (BSUD). *Urban Forestry & Urban Greening*. Vol. 62, pp. 1–14. DOI: 10.1016/j.ufug.2021.127176.
25. Klymenko, Yu.O. (2010). *Vykorystannia klasyfikatsii sadovo-parkovykh landshaftiv L.I. Rubtsova v proektnij robot (na prykladi chastyny tsentral'noi zony paku «Feofaniia» u Kyievi)* [Using the classification of garden and park landscapes L.I. Rubtsov in the project work (on the example of a part of the central zone of the "Feofania" park in Kyiv)]. *Naukovi dopovidi NUBiP* [Scientific reports of NUBiP]. no. 4 (20). Available at: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2010-4/10kyapfp.pdf>
26. Kliuieva, I.V. (2010). *Landshaftnyj dizajn* [Landscaping]. Kharkiv, Vesta, 160 p.
27. Kovalenko, S.V. (2006). *Blahoustrij mist ta naselenykh punktiv: informatsijno-analitychnyj zbirnyk* [Development of cities and settlements: informational and analytical collection]. Kyiv, Ministry of Construction, Architecture and Housing and Communal Services of Ukraine, 80 p.
28. Kosarevs'ka, R.O. (2014). *Zasady restavratsijno-vidnovnykh robot pam'iatok sadovo-parkovoho mystetstva* [Principles of restoration and restoration of monuments of garden and park art.] *Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannya* [Modern problems of architecture and urban planning]. Vol. 35, pp. 35–45.
29. Kuznietsov, S.I., Klimenko, Yu.O. (2003). *Biologichni ta fitomelioratyvni zasady parkoznavstvo i landshaftnoho dizajnu* [Biological and phytoremedial principles of park science and landscape design]. *Naukovyj visnyk NLTU of Ukraine* [Scientific bulletin of NLTU of Ukraine]. no. 13.5, pp. 317–320.
30. Makarenko, M.B., Kyrillova, Yu.H. (2017). *Suchasni osoblyvosti rozvytku natsional'nykh pryrodnykh parkiv Ukrainy* [Modern features of the development of national natural parks of Ukraine]. *Problemy rehionalistyky: mynule, suchasne, majbutnie: materialy Naukovo-praktychnoi Internetkonferentsii* [Problems of regionalism: past, present, future: materials of the Scientific and Practical Internet Conference]. Kyiv, pp. 284–287.
31. Masal'skyj, V.P., Kuznietsov, S.I. (2018). *Aboryhenna dendroflora pokrytonasinnykh – osnova parkobuduvannya v Lisostepu Ukrainy* [Aboriginal dendroflora of angiosperms is the basis of park construction in the Forest-Steppe of Ukraine]. *Naukovyj visnyk NLTU Ukrainy* [Scientific bulletin of NLTU of Ukraine]. Vol. 28, no. 8, pp. 14–18. DOI: 10.15421/40280802
32. McDonald, R., Beatley, T., Elmqvist, T. (2018). The green soul of the concrete jungle: the urban century, the urban psychological penalty, and the role of nature. *Sustainable Earth*. Vol. 1, no. 3. DOI: 10.1186/s42055-018-0002-5.
33. *Metodychni rekomendatsii schodo vyznachennia maksymal'noho rekreatsijnoho navantazhen-*

nia pryrodnykh kompleksiv i ob'ektiv u mezhakh pryrodno-zapovidnoho fondu Ukrainy za zonal'no-regional'nym rozpodilom [Methodological recommendations for determining the maximum recreational load of natural complexes and objects within the nature reserve fund of Ukraine according to zonal and regional distribution]. Derzhavna sluzhba zapovidnoi spravy Minekoresursiv Ukrainy, Naukovy tse ntr zapovidnoi spravy Minekoresursiv Ukrainy [State Service of Protected Affairs of the Ministry of Natural Resources of Ukraine, Scientific Center of Protected Affairs of the Ministry of Natural Resources of Ukraine]. Kyiv, 2003, 43 p.

34. Nemertsalov, V.V., Kolomijchuk, V.P., Vasil'ieva, T.V. (2021). Suchasny stan dendroflory parka-pam'iatky sadovo-parkovoho mystetstva mistsevoho znachennia «Park instytutu im. V.P. Filatova». [The current state of the dendroflora of the park-monument of horticultural art of local importance "Park of the Institute named after V.P. Filatova"]. Visnyk Odes'koho natsional'noho universytetu. Biologhiia [Bulletin of Odessa National University. Biology]. Vol. 26, no. 1 (48) 21, pp. 55–70. DOI: 10.18524/2077-1746.2021.1(48).232845

35. Oke, C., Bekessy, S., Frantzeskaki, N., Bush, J., Harrison, L., Grenfell, M., Hartigan, M., Gawler, S., Callow, D., Elmqvist, T., Garrard, G., Fitzsimons, J., Cotter, B. (2021). Cities should respond to the biodiversity extinction crisis. *npj Urban Sustainability*. Vol. 1, no. 11. DOI: 10.1038/s42949-020-00010-w.

36. Oleksijchenko, N.O., Pidkhovna, S.M. (2019). Retrospektyvnyj analiz formuvannia parkiv-pam'iatok sadovo-parkovoho mystetstva Ternopil'schyny [Retrospective analysis of the formation of parks-monuments of garden and park art in Ternopil region]. Naukovy visnyk NLTU Ukrainy [Scientific bulletin of NLTU of Ukraine]. Vol. 29, no. 5, pp. 17–21.

37. Ossola, A., Hoepfner, J., Burley, H., Gallagher, R., Beaumont, L. Leishman, M. (2020). The global urban tree inventory: a database of the diverse tree flora that inhabits the worlds cities. *Global Ecology and Biogeography*. Vol. 29, pp. 1907–1914.

38. Ossola, A., Jenerette, G., McGrath, A., Chow, W., Hughes, L., Leishman, M. (2021). Small vegetated patches greatly reduce urban surface temperature during a summer heatwave in Adelaide, Australia. *Landscape and Urban Planning*. Vol. 209. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2021.104046.

39. Parnikoza, I.Yu. Vikovi dereva na zaplavi Dnipra v mezhakh m. Kyieva [Old trees on the Dnieper floodplain within the city of Kyiv]. Available at: <http://www.myslenedrevo.com.ua/uk/sci/kyiv/islands/nature.html>.

40. Píšová, S., Tokarieva, O., Sendonin, S. (2023). The experience of preserving ancient trees in Vienna, Austria. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*. Vol. 14(2). Available at: <https://forestscience.com.ua/en/journals/tom-14-2-2023/dosvid-zbyerye-zhyennya-vikovikh-dyeryev-u-m-vidni-avstriya>

41. Resheteiuk, O.V. (2017). Perspektyvy vykozystannia parkiv pryrodno-zapovidnoho fondu Bukovyny dlia zbahachennia ii bioriznomanittia [Prospects for using the parks of the nature reserve fund of Bukovina to enrich its biodiversity]. *Naukovy*

visnyk NLTU Ukrainy [Scientific bulletin of NLTU of Ukraine]. Vol. 27, no. 10, pp. 42–50.

42. Rohovs'kyj, S.V. (2018). Analiz skladu i stanu dendroflory parku s. Kriukivshchyna Kyievo-Sviatoshyn'skoho rajonu Kyivs'koi oblasti [Analysis of the composition and condition of the dendroflora of the village park. Kryukivshchyna of Kyiv-Svyatoshyn district of Kyiv region]. *Ahrobiologhiia [Agrobiology]*. no. 2, pp. 79–89.

43. Rohovs'kyj, S.V. (2019). Suchasni problemy stvorennia i utrymannia zelenykh nasadzen' u naselenykh punktakh Ukrainy [Modern problems of creating and maintaining green spaces in populated areas of Ukraine]. *Naukovy visnyk NLTU Ukrainy [Scientific bulletin of NLTU of Ukraine]*. Vol. 29, no. 1, pp. 9–16. DOI: 10.15421/40290101

44. Rohovs'kyj, S.V., Kushnir, A.I. (2006). Orhanizatsiia landshaftnykh rubok u starovynnykh parkakh ta botanichnykh sadakh Ukrainy [Organization of landscape felling in ancient parks and botanical gardens of Ukraine]. *Naukovy visnyk NAU [Scientific bulletin of NAU]*. no. 96, pp. 292–299.

45. Rohovs'kyj, S.V., Masal's'kyj, V.P. (2023). Dendroflora suchasnoho parku ta ii rol' u formuvanni sakral'no-memorial'noho landshaftu [The dendroflora of the modern park and its role in the formation of the sacral-memorial landscape]. *Naukovy visnyk NLTU Ukrainy [Scientific bulletin of NLTU of Ukraine]*. Vol. 33, no. 2, pp. 14–24.

46. Rohovs'kyj, S.V., Oleshko, O.H., Strutyns'ka, Yu.V., Kolotnits'ka, A.V. (2021). Suchasni problemy inventaryzatsii roslyn u mis'kykh nasadzhenniakh i dosvid ikh vyrishennia [Modern problems of plant inventory in urban plantations and experience in solving them]. *Naukovy visnyk NLTU Ukrainy [Scientific bulletin of NLTU of Ukraine]*. Vol. 31, no. 5, pp. 60–66. DOI: 10.36930/40310509

47. Ronnblom, E. (2019). *Pielegnacja Ogrodu: praktyczne porady na caly rok wiosna-lato-jeseien-zima*. Krakow, Wydawnictwo REA-SJ, 272 p.

48. Rubtsov, L.I. (1977). *Dereva i kuschi v landshaftnij arkhitekturi: dovidnyk [Trees and bushes in landscape architecture]*. Kyiv, Scientific thought publishing house, 272 p.

49. Sanitarni pravyla v lisakh Ukrainy: zatverdzeni postanovoiu Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 27 lypnia 1995 r. № 555 (v redaktsii postanovy Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 26 zhovtnia 2016 r. № 756) [Sanitary regulations in the forests of Ukraine: approved by the resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated July 27, 1995. No. 555 (as amended by Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of October 26, 2016 No. 756)]. Kyiv, 2016, 22 p.

50. Sosnova, N.S. (2013). Sadybni parky XIX stolittia – uosoblennia landshaftnoi kul'tury kraiu v mynulomu [Manor parks of the 19th century are the personification of the landscape culture of the region in the past]. *Naukovy visnyk NLTU Ukrainy [Scientific bulletin of NLTU of Ukraine]*. Vol. 23.9, pp. 82–87.

51. Strilets', R. (2023). Mindovkillia zatverdylu perelik chuzhoridnykh vydiv derev, zaboronenykh u vidtvorenni lisiv [Mindovkillia approved the list

of alien species of trees prohibited in reforestation]. Available at: <https://mepr.gov.ua/mindovkillya-zatverdilo-perelik-chuzhoridnyh-vydiv-derev-zabononyh-u-vidtvorenni-lisiv/>

52. Sudarikova, Yu. (2013). Ekzotychni dereva, kuschi ta liany v landshaftakh Ukrainy [Exotic trees, bushes and vines in the landscapes of Ukraine]. Kyiv, Our format publishing house, 336 p.

53. Threlfall, C., Soanes, K., Ramalho, C., Aiyer, A., Parris, K., Maller, C. (2019). Conservation of urban biodiversity: a national summary of local actions. Report prepared by the Clean Air and Urban Landscapes Hub. Melbourne, 49 p.

54. United Nations Environment Programme. Making Peace with Nature: A scientific blueprint to tackle the climate, biodiversity and pollution emergencies. Nairobi, 2021. Available at: <https://www.unep.org/resources/making-peace-nature/>.

55. Shlapak, V.P., Kodzhebash, A.V., Kozachenko, I.V. (2018). Otsiniuvannia suchasnoho stanu parku sela Ivanivka Umans'koho rajonu ta proekt johu rekonstruktsii [Assessment of the current state of the Ivanivka village park in the Uman district and its reconstruction project]. Naukovyj visnyk NLTU Ukrainy [Scientific bulletin of NLTU of Ukraine]. Vol. 28, no. 6, pp. 47–51.

56. Shul'ha, V. (2010). Vykorystannia pam'iatok sadovo-parkovoho mystetstva iak ob'ektiv ekolohichnoho turyzmu (na prykladi Sums'koi obl.) [The use of monuments of garden and park art as objects of ecological tourism (on the example of the Sumy region)]. Visnyk L'vis'koho universytetu [Bulletin of Lviv University]. Issue 38, pp. 371–378.

57. Tsaryk, L., Pozniak, I. (2016). Ratsional'ne pryrodokorystuvannia i okhorona pryrody [Rational nature use and nature protection.] Naukovi zapysky [Proceedings]. no. 1, pp. 263–270.

#### Results of the dendroflora inventory and assessment of the plantations of the Tomylivskyi Park, a monument of landscape art

Rogovskyi S., Ishchuk L., Strutynska Y., Yarmola M., Krutysilov A.

A landscape assessment was carried out and the integral value of the plantations of the Tomylivskyi Park-Monument of Landscape Art of local importance was determined. According to the integral assessment,

the plantations of the park's I and III sections are classified as particularly valuable, and II and IV sections as of limited value, which is explained by the presence of a slightly larger number of mistletoe-infested, dead and dry-top trees, as well as the spread of self-sowing invasive species. The landscape of the park corresponds to the first stage of recreational digression, as the area of roads, paths and grounds occupies less than 5 % of its territory. The high total recreational score of the Tomylivskyi Park-Monument allows it to be classified as the highest first class in terms of recreation.

The taxonomic composition of the park-monument is represented by 76 species. It has been established that the *Pinophyta* division includes 8 species grouped into one class, one subclass, two orders, two families and 5 genera. The *Magnoliophyta* division includes 64 species, 2 hybrids, 2 cultivars, which are grouped into 47 genera, 22 families, 19 orders, 6 subclasses and 1 class.

As a result of the inventory, it was established that currently there are 2446 woody plants on the territory of the Tomylivskyi Park-Monument, of which 596 are trees, 1843 are shrubs, and 7 plants have a tree-shrub life form. The average age of the greenery in the park is approximately 60–70 years. The first trees were planted in 1940. Among the trees, the most common are *Robinia pseudoacacia* L. – 96, *Ulmus caprifolia* L. – 72, *Tilia platyphyllos* Scop. – 56, *Celtis occidentalis* L. – 38, *Corylus colurna* L. – 37, *Acer platanoides* L. – 36, which is 56 % of the total number of trees found in the park. 77 specimens of dead and dry-top trees that are drying out and have lost their decorative effect are to be removed. Sanitary pruning is required for 87 trees, which is 14.5 % of the total number of trees in the park. The main reasons for the deterioration of the sanitary condition of the trees in the plantations of the park are the invasion of *Viscum album* L.; changes in climatic conditions, in particular, a decrease in precipitation and a decrease in soil moisture reserves, which led to the loss of *Betula pendula*, *Juglans cinerea* L.; excessive tree density and competition between trees for light, moisture and mineral nutrients, which affects their weakening and pest damage (*Picea abies* (L.) H. Karst, *Buxus sempervirens* L.).

**Key words:** landscape analysis, integral assessment, stages of degradation, taxonomic composition, durability, sanitary condition, introductions, invasive species, recreational value.



Copyright: Роговський С.В. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Роговський С.В.

Іщук Л.П.

Струтинська Ю.В.

<https://orcid.org/0000-0002-3047-0324>

<https://orcid.org/0000-0003-2150-0672>

<https://orcid.org/0000-0002-1859-5802>

*Наукове видання*

## **АГРОБІОЛОГІЯ**

*Збірник наукових праць*

**№ 1 (179) 2023**

*Редактор* О.О. Грушко  
*Комп'ютерне верстання:* В.С. Мельник

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації

**КВ № 15168-3740Р** від 03.03.2009 р.

Формат 60<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Ум.др.арк. 26,7. Тираж 300.

Підписано до друку 25.05.2023 р.

Видавець і виготовлювач:

Білоцерківський національний аграрний університет,

09117, Біла Церква, Соборна площа, 8/1, тел. 33-11-01,

e-mail: redakciaviddil@ukr.net

Свідоцтво внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру

видавців, виготовників і розповсюджувачів видавничої продукції

№ 3984 ДК від 17.02.2011 р.