

АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ

3 • 2021



КИЇВ • 2021

EDITORIAL BOARD

Editor-in-chief

FURDYCHKO O., Doctor of Economic and Agricultural Science, Professor,
Full member of NAAS

Executive Secretary

SHUMYHAI I., Candidate of Agricultural Science

BUSHTRUK M. , <i>Candidate of Agricultural Science, Docent (Ukraine)</i>	SYMOCHKO L. , <i>Candidate of Biological Science, Docent (Ukraine)</i>
VOVK N. , <i>Doctor of Agricultural Science, Prof. (Ukraine)</i>	SYCHOV M. , <i>Doctor of Agricultural Science, Prof. (Ukraine)</i>
GUDKOV I. , <i>Doctor of Biological Science, Prof., Full member of NAAS (Ukraine)</i>	SOLOMAKHA V. , <i>Doctor of Biological Science, Prof. (Ukraine)</i>
DEMYANYUK O. , <i>Doctor of Agricultural Science, Prof., Corresponding member of NAAS (Ukraine)</i>	TARARIKO O. , <i>Doctor of Agricultural Science, Prof., Full member of NAAS (Ukraine)</i>
DREBOT O. , <i>Doctor of Economic Science, Prof., Full member of NAAS (Ukraine)</i>	TERTYCHNA O. , <i>Doctor of Biological Science, Senior Researcher (Ukraine)</i>
YEHOROVA T. , <i>Doctor of Agricultural Science, Senior Researcher (Ukraine)</i>	TKACH Y. , <i>Candidate of Biological Science, Senior Researcher (Ukraine)</i>
KONISHCHUK V. , <i>Doctor of Biological Science, Prof. (Ukraine)</i>	CHOBOTKO G. , <i>Doctor of Biological Science, Prof. (Ukraine)</i>
KOPIY L. , <i>Doctor of Agricultural Science, Prof. (Ukraine)</i>	SHERSTOBOEVA O. , <i>Doctor of Agricultural Science, Prof. (Ukraine)</i>
KOSTENKO S. , <i>Doctor of Biological Science, Prof. (Ukraine)</i>	SHERSHUN M. , <i>Doctor of Economic Science, Senior Researcher (Ukraine)</i>
LESOVOY N. , <i>Doctor of Agricultural Science, Prof. (Ukraine)</i>	SHKURATOV O. , <i>Doctor of Economic Science, Prof. (Ukraine)</i>
MUDRAK O. , <i>Doctor of Agricultural Science, Prof. (Ukraine)</i>	YUKHNOVSKYI V. , <i>Doctor of Agricultural Science, Prof. (Ukraine)</i>
NAGORNIUK O. , <i>Candidate of Agricultural Science, Docent (Ukraine)</i>	WALAT W. , <i>Doctor of Humanities Science, Prof. (Poland)</i>
PALAPA N. , <i>Doctor of Agricultural Science, Senior Researcher (Ukraine)</i>	SOBCZYK V. , <i>Doctor of Agricultural Science, Prof. (Poland)</i>
PARFENYUK A. , <i>Doctor of Biological Science, Prof. (Ukraine)</i>	URUSHADZE T. , <i>Doctor of Biological Science, Prof. (Georgia)</i>

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор

ФУРДИЧКО О.І., доктор економічних і сільськогосподарських наук,
професор, академік НААН

Відповідальний секретар

ШУМИГАЙ І.В., кандидат сільськогосподарських наук

- | | |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| БУШТРУК М.В. ,
канд. с.-г. наук, доцент (Біла Церква) | СИМОЧКО Л.Ю. ,
канд. біол. наук, доцент (Ужгород) |
| ВОВК Н.І. ,
д-р с.-г. наук, проф. (Київ) | СИЧОВ М.Ю. ,
д-р с.-г. наук, проф. (Київ) |
| ГУДКОВ І.М. ,
д-р біол. наук, проф., акад. НААН (Київ) | СОЛОМАХА В.А. ,
д-р біол. наук, проф. (Київ) |
| ДЕМ'ЯНЮК О.С. ,
д-р с.-г. наук, проф., чл.-кор. НААН (Київ) | ТАРАРІКО О.Г. ,
д-р с.-г. наук, проф., акад. НААН (Київ) |
| ДРЕБОТ О.І. ,
д-р екон. наук, проф., акад. НААН (Київ) | ТЕРТИЧНА О.В. ,
д-р біол. наук, старш. наук. співроб. (Київ) |
| ЕГОРОВА Т.М. ,
д-р с.-г. наук, доцент (Київ) | ТКАЧ Є.Д. ,
канд. біол. наук, ст. досл. (Київ) |
| КОНЩУК В.В. ,
д-р біол. наук, проф. (Київ) | ЧОБОТЬКО Г.М. ,
д-р біол. наук, проф. (Київ) |
| КОПІЙ Л.І. ,
д-р с.-г. наук, проф. (Львів) | ШЕРСТОБОЄВА О.В. ,
д-р с.-г. наук, проф. (Київ) |
| КОСТЕНКО С.О. ,
д-р біол. наук, проф. (Київ) | ШЕРШУН М.Х. ,
д-р екон. наук, доцент (Київ) |
| ЛСОВИЙ М.М. ,
д-р с.-г. наук, проф. (Київ) | ШКУРАТОВ О.І. ,
д-р екон. наук, проф. (Київ) |
| МУДРАК О.В. ,
д-р с.-г. наук, проф. (Вінниця) | ЮХНОВСЬКИЙ В.Ю. ,
д-р с.-г. наук, проф. (Київ) |
| НАГОРНЮК О.М. ,
канд. с.-г. наук, доцент (Київ) | ВАЛАТ В. ,
д-р педаг. наук, проф. (Республіка Польща) |
| ПАЛАПА Н.В. ,
д-р с.-г. наук, старш. наук. співроб. (Київ) | СОБЧИК В. ,
д-р с.-г. наук, проф. (Республіка Польща) |
| ПАРФЕНЮК А.І. ,
д-р біол. наук, проф. (Київ) | УРУШАДЗЕ Т.Ф. ,
д-р біол. наук, проф. (Грузія) |

- Тараріко О.Г., Ільєнко Т.В., Кучма Т.Л., Білокінь О.А.**
Ерозія ґрунтів як чинник опустелювання агроландшафтів України
- Дребот О.І., Бабікова К.О.**
Удосконалення еколого-економічного механізму управління рекреаційного туризму в контексті євроінтеграції
- Шерстобоева О.В., Крижанівський А.Б., Крижко А.І.**
Екологічні переваги застосування мікробіометоду в інтегрованій системі захисту рослин
- Ковальчук В.П., Войтович О.П.**
Визначення засоленості ґрунтів Інгулецької зрошувальної системи за супутниковими даними у системі управлінських заходів із хімічної меліорації
- Жукова Я.Ф., Дмитренко О.В., Петрищенко С.С., Литвиненко Н.М., Кирильчук А.М., Павліченко А.І.**
Антибіотики в ґрунті та їх вплив на ґрунтову мікробіоту
- Тертична О.В., Селінний М.М., Рябуха Г.І., Єременко Н.О., Бутурлим Д.А.**
Оцінювання ефективності взаємодії хімічних та біологічних препаратів за передпосівної обробки сої
- Демидов О.А., Правдзіва І.В., Гудзенко В.М., Дем'янюк О.С., Василенко Н.В.**
Мінливість маси 1000 зерен генотипів пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.) залежно від екологічних і агротехнічних чинників
- Терновий Ю.В., Городиська І.М., Ліщук А.М., Драга М.В., Вдовиченко А.В.**
Вплив біологічних препаратів на урожайність та посівні якості гороху посівного (*Pisum sativum* L.) за органічного насінництва
- 6 **Tarariko O., Ilienکو T., Kuchma T., Bilokin O.**
Soil erosion as a factor of desertification of agrolandscapes in Ukraine
- 17 **Drebot O., Babikova K.**
Improvement of ecological and economic mechanism of recreational tourism management in the context of European integration
- 27 **Sherstoboeva O., Krzyhanivsky A., Kryzhko A.**
Ecological advantages of using microbiomethod in an integrated plant protection system
- 33 **Kovalchuk V., Voitovych O.**
Using multispectral images to determine the salinity of soils in Ingulets irrigation system in the justification of management measures for chemical reclamation
- 44 **Zhukova Y., Dmytrenko O., Petryshchenko S., Lytvynenko N., Kyrylchuk A., Pavlichenko A.**
Antibiotics in the soil and their effect on the soil microbiot
- 54 **Tertychna O., Selinny M., Ryabukha G., Yeremenko N., Buturlim D.**
Evaluation the efficiency of chemical and biological preparations of interaction for preseed treatment of soybean
- 61 **Demydov O., Pravdziva I., Hudzenko V., Demyanyuk O., Vasylenko N.**
Variability in 1000 kernel weight of winter bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes depending on ecological and agrotechnical factors
- 72 **Ternovyi Yu., Horodyska I., Lishchuk A., Draga M., Vdovychenko A.**
Influence of biological preparations on yield and sowing qualities of peas (*Pisum sativum* L.) for organic seed production

**Гудзенко В.М., Дем'янюк О.С.,
Поліщук Т.П., Бабій О.О.,
Лисенко А.А.**

Ідентифікація генетичних джерел підвищеного та стабільного рівня прояву маси 1000 зерен ячменю ярого (*Hordeum vulgare* L.)

**Шевчик В.Л., Тимочко І.Я.,
Соломаха І.В.**

Вплив лісотехнічних заходів на відтворення раритетного фіторізноманіття в лісових екосистемах Лісостепу України

**Мороз В.В., Стасюк Н.М.,
Тимошенко Л.М.**

Особливості росту, розвитку та клімато-стабілізувальне значення соснових насаджень Українських Карпат

Лазар О.Д.

Особливості насіннюшення клонів сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) на клоново-насінневих плантаціях у Рівненській обл.

**Егоров О.В., Жидок Н.П.,
Грищенко О.М., Шабанова І.І.**

Вплив добрив на показники родючості дерново-підзолистих ґрунтів та продуктивність короткоротаційних сівозмін Полісся

Осадча Ю.В.

Репродуктивна функція курей за дії технологічного стресора

ЮВІЛЕЇ

О.Г. Тараріку – 85 років

А.І. Парфенюк – 70 років

Реферати

Відомості про авторів

Правила для авторів

82 **Hudzenko V., Demyanyuk O.,
Polishchuk T., Babii O.,
Lysenko A.**

Identification of spring barley genetic sources of increased and stable 1000 kernel weight performance (*Hordeum vulgare* L.)

91 **Shevchyk V., Tymochko I.,
Solomakha I.**

Influence of forest technical measures on the reproduction of rare phytodiversity in forest ecosystems of the Forest Steppe of Ukraine

98 **Moroz V., Stasyuk N.,
Tymoshenko L.**

Peculiarities of growth, development and climate-stabilizing significance of pine plantations of the Ukrainian Carpathians

108 **Lazar O.**

Peculiarities in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) clones seeding on CSP (Cloning seed plantation) in western Polissya of Rivne region

119 **Egorov A., Zhidok N.,
Gryshchenko E., Shabanova I.**

Influence of using fertilizers on fertility indices of sod-podzolic soils and productivity of short-term crop rotation of Polissya

127 **Osadcha Yu.**

Hen reproductive function under the influence of technological stressor

JUBILEE

135 O. Tararico – 85

138 A. Parfenyuk – 70

139 Abstract

147 Information about the authors

149 Rules for authors

ЕРОЗІЯ ҐРУНТІВ ЯК ЧИННИК ОПУСТЕЛЮВАННЯ АГРОЛАНДШАФТІВ УКРАЇНИ

О.Г. Тараріко, Т.В. Ільєнко, Т.Л. Кучма, О.А. Білокінь

Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: tarariko@ukr.net; ORCID: 0000-0002-5132-0157
e-mail: tilienko@gmail.com; ORCID: 0000-0001-5406-5449
e-mail: tanyakuchma@gmail.com; ORCID: 0000-0002-9328-5919
e-mail: belokon.lena@ukr.net

Наведено опис типової структури агроландшафтів України та найпоширеніших деградаційних процесів. Масштабними серед процесів деградації ґрунтів є водна і вітрова ерозії, що супроводжується падінням родючості ґрунтів, втратами вологи на поверхневий стік, забрудненням атмосферного повітря, поверхневих вод та деградацією малих річок. Проаналізовано площі посіву основних культур за 1990–2020 рр. у розрізі адміністративних областей за даними Державної служби статистики України, а також динаміку середньої суми температур за вегетаційний період у 1982–2019 рр. за супутниковими даними. Супутникові дані Sentinel-5P були використані для аналізу поширення масштабної пилової бурі у зоні Полісся у квітні 2020 р. У результаті потепління клімату та економічних чинників значно збільшилась площа посівів кукурудзи та соняшнику, що за посилення зливого характеру опадів, а також вітрового режиму в результаті змін клімату, створило умови для інтенсифікації водної і вітрової ерозії в агроландшафтах. Типовим для умов Полісся є локальний прояв вітрової ерозії переважно на пересушених торф'яниках та зв'язно-піщаних ґрунтах. Однак навесні 2020 р. вперше спостерігалась масштабна пилова буря на території Українського і Білоруського Полісся на площі близько 3,5 млн га. Збільшення ризиків прояву ерозійних явищ унаслідок змін клімату та сучасної сільськогосподарської діяльності потребує удосконалення не лише державної системи управління земельними ресурсами, але й більш досконалої системи агроєкологічного моніторингу, науково-методичного та інформаційно-консультативного забезпечення регіональних органів управління, землевласників і землекористувачів. З метою реалізації державної політики та координації робіт із питань раціонального використання і охорони ґрунтів, боротьби з їх опустелюванням та деградацією, а також адаптації систем землекористування до змін клімату запропоновано на базі існуючих профільних підрозділів центральних і регіональних органів управління в системі Міністерства аграрної політики та продовольства України створити орган «Моніторингу, землеустрою та охорони ґрунтів».

Ключові слова: деградація ґрунтів, водна ерозія, вітрова ерозія, пилова буря, клімат, структура посівних площ, ландшафтна структура.

ВСТУП

Формування різних типів агроландшафтів залежить від кліматичних умов, зокрема від співвідношення тепла і вологи, рельєфу, особливостей ґрунтового покриву та спеціалізації господарської діяльності. Розвиток процесів опустелювання, які нині спостерігаються в агроландшафтах, пов'язані переважно зі змінами їх гідротермічного режиму, який може погіршуватись у процесі потепління клімату, що

зумовлює до збільшення ризиків розвитку посушливих явищ та зниження продуктивності агроєкосистем. Ювілейною 70-ю сесією Генеральної Асамблеї ООН на період до 2030 р. прийнято 17 Цілей та 169 завдань, спрямованих на усунення основних системних перешкод на шляху до збалансованого розвитку. Зокрема, Ціллю 2 передбачено сприяти збалансованому розвитку сільського господарства, а Ціллю 15 забезпечити захист і відновлення наземних екосистем, у т.ч. боротись з опустелюванням, припинити процес деградації

земель та розпочати процес їх відновлення. Відповідно ці завдання задекларовані в Цілях сталого розвитку України на період до 2030 р., затверджених Указом Президента України за № 722/2019 від 30 вересня 2019 р.

Мета досліджень — визначити вплив змін клімату на ерозійну деградацію агроландшафтів в умовах сучасної сільськогосподарської практики.

З метою об'єднання міжнародних зусиль із подолання глобальних процесів деградації земель було прийнято Конвенцію ООН про боротьбу з опустелюванням (КБО), у рамках якої розглядається деградація земель під впливом господарської діяльності та природні чинники. В Україні з метою виконання взятих зобов'язань із реалізації положень КБО було прийнято Національну Концепцію нейтрального рівня деградації земель (затверджену КМУ 23.10.2014 р. № 1024-р.) та відповідно розроблено План дій з реалізації її положень (затверджений КМУ 30.03.2016 р. № 271-р.).

Досягнення нейтрального рівня земель потребує наукового обґрунтування та удосконалення інтегрованого управління в агроландшафтах земельними, водними, лісовими і біологічними ресурсами. Особливої актуальності це питання набуває в умовах потепління клімату, яке супроводжується збільшенням ерозійно небезпечних опадів зливого характеру, значним розширенням площ посіву кукурудзи та сояшнику й навпаки зменшенням посівних площ кормових культур і особливо багаторічних трав. У результаті спостерігається деґуміфікація ґрунтів, зниженням їх проти-ерозійної стійкості і як наслідок зростання ризиків неконтрольованого розвитку водної й вітрової ерозій в агроландшафтах. У цих умовах досягнення Цілей сталого розвитку сільського господарського, його адаптація до змін клімату, боротьба з опустелюванням та досягнення нейтрального рівня деградації ґрунтів ускладнюються недосконалістю сучасного державного управління у сфері земельних відносин, здійснення агроекологічного моніторингу та контролю, що є особливо актуальним

в умовах зростаючого агротехногенного тиску на агроландшафти та децентралізації державного управління.

Необхідно мати на увазі, що близько половини площ земель сільськогосподарського призначення розміщено на схилах, а загальна площа сільськогосподарських угідь, які зазнають впливу водної ерозії, за різними оцінками становить близько 13–14 млн га, в т.ч. до 32% орних земель. Крім того, вітрова ерозія (дефляція) в окремі роки, переважно в зоні Степу, а наразі і в зоні Полісся, може проявлятися на площі до 20 млн га [1]. У результаті цих негативних процесів не лише знижується родючість ґрунтів та продуктивність агро-екосистеми, але й погіршується екологічний стан агроландшафтів, зокрема забруднюються й замулюються продуктами ерозії такий важливий їх елемент, як малі річки. Тому в умовах децентралізації управління земельними ресурсами, інтенсифікації землекористування, підсилення зливого характеру опадів та вітряного режиму внаслідок змін клімату, актуальним завданням є формування ерозійно стійкої структури сільськогосподарських ландшафтів та їх адаптації до змін клімату в умовах сучасної сільськогосподарської практики.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Сучасні методи моніторингу екологічного та ресурсного стану агроландшафтів доволі широко використовують переваги та потенціал супутникового дистанційного зондування. Більшість сучасних досліджень зосереджено на виявленні змін у системах землекористування, ландшафтного різноманіття, визначенні деградаційних процесів, опустелюванні, ерозії ґрунтового покриву, деґуміфікації та виснаженні родючості ґрунтів. Значна кількість досліджень із цих питань присвячено різним підходам моніторингу та більш повної реалізації можливостей супутникового дистанційного зондування [2; 3].

Одним із найпоширеніших методів просторової оцінки ерозійної деградації ґрунтів є модель USLE (Universal Soil Loss Equa-

tion — Універсальне рівняння втрат ґрунту) та її модифікована версія RUSLE (revised USLE), за допомогою яких визначають щорічні втрати ґрунту, враховуючи характер опадів, тип ґрунту, рельєфу та спосіб землекористування, тобто агротехнічний чинник [4; 5]. Важливим у цьому відношенні є отримання характеристики більшості цих показників за результатами супутникового знімання території конкретного агроландшафту або землекористування. Щодо моніторингу ерозійно деградованих агроландшафтів, то використовуються різні індекси, отримані за матеріалами супутникової зйомки (M. Lanfredi et al., 2015; Sepehr et al., 2007; Spilanis et al., 2008 та ін.).

Українськими дослідниками проводилась кількісна оцінка ерозійного розчленування території України за індексом інтенсивності ерозійного розчленування рельєфу (ER), значення якого дає можливість виділяти потенційно небезпечні ділянки ерозійних процесів [6]. Дослідження ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» показали, що за аналізом спектральних характеристик із високою точністю можна оцінювати такі параметри ґрунту, як вміст гумусу. У 1999 р. Шатохінім А.В., Ачасовим А.Б. та Ліндіним М.О. було запропоновано технологію аерокосмічного контролю за гумусованістю ґрунтів. Одночасно розробляли оновлену методологію ґрунтового картографування на засадах використання матеріалів ДЗЗ, яка дістала логічне завершення в 2005 р. у вигляді методики «Коригування ґрунтового картографічних матеріалів за допомогою космічної зйомки». Цікавими у цьому відношенні є результати досліджень Т.Ю. Биндич щодо діагностики та параметризації латеральної неоднорідності ґрунтів на основі даних багатоспектрального космічного сканування [7]. Взагалі публікації останніх років свідчать про те, що питання оцінки ерозійної деградації ґрунтів, як чинника опустелювання агроландшафтів в умовах змін клімату, залишаються актуальними і потребують подальшого науково-методичного опрацювання, у т. ч. з використанням супутникових даних.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Використано статистичну звітність про площі посіву основних культур за роками в розрізі адміністративних областей Державної служби статистики України за 2007–2020 рр., узагальнено та проаналізовано наявну інформацію щодо деградаційних процесів в агроландшафтах. Просторове поширення пилової бурі визначалось за даними супутникових знімків Sentinel-5P UV Aerosol Index, що містить інформацію про концентрацію аерозолів (дрібнодисперсного пилу). Супутник Sentinel-5P був запущений 13 жовтня 2018 р., з приладом TROPospheric Monitoring Instrument (TROPOMI) з метою проведення вимірювань атмосфери з високою просторово-часовою роздільною здатністю, які використовуються для оцінювання якості повітря, озонного та ультрафіолетового випромінювання, а також моніторингу й прогнозування клімату.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Сучасна типова структура агроландшафтів України в усіх трьох основних природно-кліматичних зонах — Полісся, Лісостепу і Степу характеризується високою розораністю, інтенсивною сільськогосподарською діяльністю, занадто високим рівнем насиченості сівозмін інтенсивними просапними культурами, що визначає високий ризик розвитку ерозійних процесів, втрату екологічної стійкості агроландшафтів та деградацію важливого їх елементу — малих річок (*рис. 1*).

Нині понад 40% орних земель розташовано на схилах, що за посилення зливого характеру опадів, які нині спостерігаються, високої розораності агроландшафтів та насиченості сівозмін просапними культурами і навпаки зменшення площ посіву кормових культур, значно підвищує небезпеку прояву ерозійних процесів. Так, наприклад за останні 30 років у структурі опадів у східних регіонах зростає кількість ерозійно небезпечних злив понад 40 мм та дощів за добу у кількості 65 мм, що збільшило ерозійні втрати ґрунту на 42% [8].



Рис. 1. Структура агроландшафтів території України та найбільш розповсюджені деградаційні процеси, % від загальної площі [1; 9; 10]

Унаслідок потепління клімату (рис. 2) та достатніх умов зволоження у зоні Полісся, створились умови для вирощування таких культур, як кукурудзи і соняшнику.

У результаті зросла інтенсифікація використання земельних ресурсів та трансформації агроландшафтів у напрямку збільшення їх розораності та небезпеки прояву ерозійних процесів. Повільне нарощування навесні біомаси кукурудзи та соняшнику, за посилення зливого характеру опадів та вітряного режиму, низька протиерозійна стійкість дерново-підзолистих ґрунтів створюють умови для розвитку як водної, так і вітрової ерозії ґрунтів. Це саме стосується зональних особливостей лісостепової зони з більш складним рельєфом та

переважно чорноземним типом ґрунтів, де продовжується нарощування агротехнологічного тиску на агроландшафти шляхом збільшення площ посіву соняшнику та кукурудзи.

Втрата ґрунту на схилах обумовлюється багатьма чинниками, які в різних співвідношеннях поєднуються у просторі і часі. Основними серед них є геоморфологія місцевості, інтенсивність опадів, протиерозійна стійкість ґрунтів, насиченість сівозмін пропасними культурами, а також технології обробітку ґрунту. Враховуючи доволі складну взаємодію всіх вище перерахованих чинників, представлені дані (табл.) щодо ерозійних втрат ґрунту та вмісту гумусу в різних типах ґрунтів, можуть значно

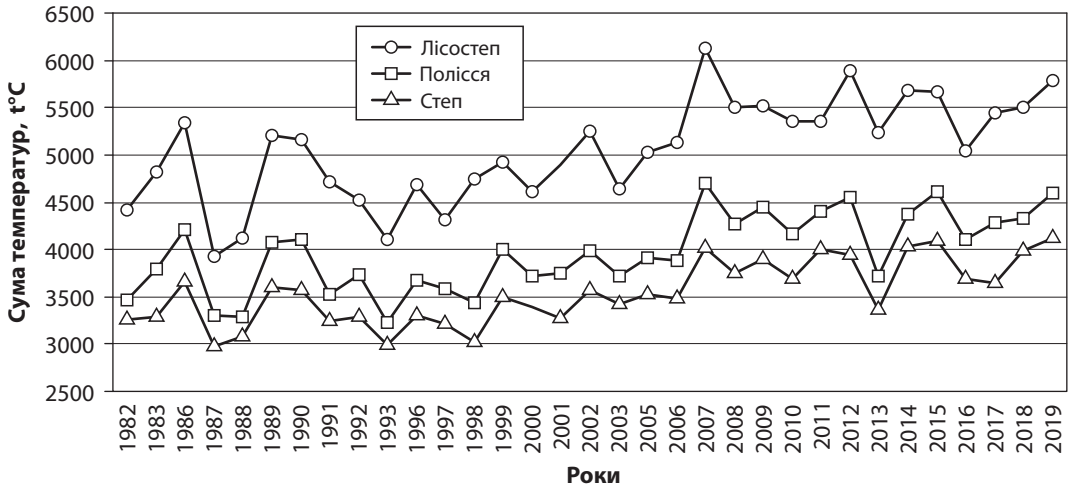


Рис. 2. Динаміка середньої суми температур за вегетацію у природно-кліматичних зонах України за супутниковими даними NOAA (1982–2019 рр.)

збільшуватись або зменшуватись залежно від умов окремих років та агротехнологій, порівняно з середньобагаторічними. Однак, якщо перерахувати ці показники на площу земель, які піддаються ерозії, то втрати родючого шару ґрунту, гумусу та поживних елементів значно перевищують їх кількість, яка вноситься з органічними і мінеральними добривами. Отже, краще запровадити систему протиерозійних за-

ходів, ніж компенсувати ерозійні втрати родючого шару ґрунту за рахунок досить дорогих промислових ресурсів.

Як видно з таблиці, найбільші ризики ерозійних втрат родючого шару ґрунту та гумусу характерні для чорноземних типів ґрунтів, на яких переважно і здійснюється сучасна інтенсивна сільськогосподарська діяльність. Отже, саме чорноземні ґрунти потребують особливої уваги з їх охорони та

Змив ґрунту з відкритої поверхні схилів (т/га) та зниження вмісту гумусу залежно від їх еродованості, % [8; 11]

Ґрунти	Змив ґрунту, т/га				Ступінь еродованості ґрунту та вміст гумусу, %			
	0–1°	1–3°	3–5° *	>5° **	не еродовані	слабо	середньо**	сильно**
Дерново-підзолистий	0<5	5–7	10–15	15–20	1,2–1,5	1,0–1,1	0,6–0,7	0,3–0,4
Сірий підзолистий	6–8	10–15	15–20	35–70	1,5–3,2	1,3–2,5	0,7–1,3	0,3–0,5
Чорнозем звичайний	10–15	15–20	20–30	40–70	4,0–4,2	3,8–4,0	2,8–3,2	1,5–1,7
Чорнозем південний	15–16	16–30	30–35	50–90	2,2–3,0	1,9–2,5	1,5–2,0	1,0–1,2
Каштановий	12–15	15–20	30–35	50–90	2,4–3,0	2,0–2,5	1,5–2,0	1,0–1,2

Примітка: * – зерно-трав'яні сівозміни без просапних культур (соняшник, кукурудза, буряк цукровий); ** – орні землі, що підлягають консервації.

застосування протиерозійних заходів у сучасних агроландшафтах. Актуальним у цьому відношенні є формування їх контурної організації з урахуванням рельєфу, особливостей ґрунтового покриву, структури посівних площ, необхідності консервації деградованих ґрунтів та охорони малих річок [12].

На території України в напрямку з півночі на південь закономірно зменшується вологозабезпечення і навпаки збільшується надходження тепла у вигляді сонячної енергії. У зоні Полісся надходження вологи значно більше за випаровування, що може в окремі роки спричинити навіть до перезволоження. У лісостеповій зоні вологи з опадами надходить на рівні її випаровування, а у зоні Степу випаровування значно перевищує кількість опадів, що зумовлює до поширення процесів опустелювання та високого ризику прояву катастрофічних пилових бур на великих територіях. В останні 30 років ця закономірність майже не змінилась, а збільшення опадів у деяких регіонах у процесі змін клімату має нестійкий характер [13]. Однак за рахунок підвищення температури, і як наслідок збільшення втрат на випаровування, спостерігається тенденція до зменшення вологозабезпечення агроєкосистем та збільшення ризиків опустелювання, що особливо характерно для зони Степу. Отже, підвищення температури та вітрового режиму, збільшення втрат вологи

на непродуктивне фізичне випаровування та поверхневий стік, а також надмірне насичення сівозмін просапними культурами, є чинниками, які збільшують ризики прояву як водної, так і вітрової ерозій.

На *рис. 2* представлені супутникові дані про підвищення температури в межах природно-кліматичних зон за останні 38 років. Як бачимо, темп підвищення температури помітно прискорився у всіх природно-кліматичних зонах, починаючи з 2000 року, що особливо характерно для степової зони, де сума температур вегетаційного періоду до 2019 р. перевищила 5500°C, а в окремі роки, наприклад посушливі 2007 і 2012 рр., вона піднімалась до 6000°C. Аграрне виробництво України доволі швидко відреагувало на потепління клімату шляхом пересування посівів кукурудзи та соняшнику на північ в зону Полісся з достатніми умовами вологозабезпечення. В результаті, впродовж 1990–2020 рр. посівні площі кукурудзи і соняшнику в цій природно-кліматичній зоні збільшились, а в зоні Степу, починаючи з 2012 р., в зв'язку з посиленням посушливості й високим ризиком недобору врожаю, площі посіву цієї культури скоротились і наразі вона вирощується переважно тільки в умовах зрошення. Що стосується соняшнику, то в зоні Степу площа посіву стабілізувалась на рівні 3,5–3,7 млн га, а в Лісостепу та Поліссі з року в рік продовжує збільшуватись (*рис. 3*).

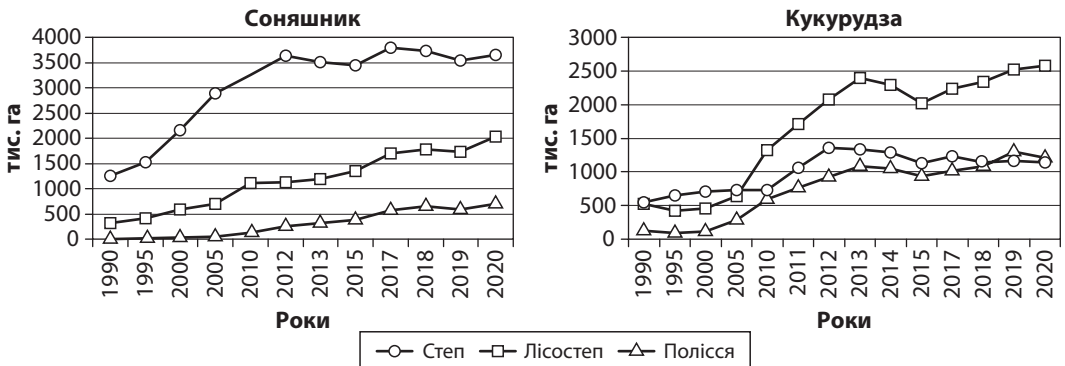


Рис. 3. Динаміка посівних площ кукурудзи та соняшнику на території Полісся, Лісостепу та Степу України за 1990–2020 рр., тис. га

Необхідно зауважити, що технології вирощування кукурудзи та соняшнику вимагають досить інтенсивних технологічних операцій з обробітку ґрунту, що призводить до прискореної мінералізації його органічної речовини, розпорошення і як наслідок зниження протиерозійної стійкості до дії зливових опадів та вітру [14]. Крім того, як кукурудза, так і соняшник доволі повільно навесні і у першій половині літа формують листову поверхню, що за умови зменшення в сівозмінах площ посіву кормових культур і особливо багаторічних трав, створює небезпеку прояву як водної, так і вітрової ерозії. Як наслідок, за припинення застосування протиерозійних заходів, яке спостерігається в останні роки, збільшуються ризики інтенсифікації як водної, так і вітрової ерозії, які є ознаками процесів опустелювання. При зливах розмір краплин дощу досягає 4 мм, їх кінетична енергія руйнує ґрунтові агрегати, особливо на посівах кукурудзи та соняшнику, що зменшує водопроникність ґрунту, створює умови для швидкого заповнення мікрорельєфу. Внаслідок цього, формується поверхневий стік та змив ґрунту, який на посівах просапних культур при зливах може досягти 80–100 т/га.

Зростає також імовірність прояву вітрової ерозії, що пов'язано зі збільшенням у поверхневому шарі ерозійно небезпечних часток ґрунту розміром менше 1 мм, які утворюються за передпосівного обробітку ґрунту під просапні культури.

Індикатором негативної дії водної і вітрової ерозії на екологічний стан агроландшафтів є не лише зниження врожайності культур, але й високий ступінь деградації малих річок та зменшення водності, що нині спостерігається. Наразі їх налічується понад 63 тис., які за даними Інституту водних проблем і меліорації НААН містять основні запаси прісних вод та формують 60% сумарних водних ресурсів України [15]. Тому так важливо забезпечити захист ґрунтів від ерозії в агроландшафтах не тільки з точки зору охорони родючості ґрунтів та підтримання продуктивності агроєкосистем, але й для охорони ма-

лих річок від забруднення продуктами ерозії.

Таке небезпечне явище як пилова буря на території України спостерігається періодично на площі до 15–20 млн га переважно в зоні Степу, а локально на окремих полях і сівозмінах залежно від рельєфу, рівня їх захищеності лісомеліоративними заходами, проявляється щороку. В окремі малосніжні роки дефляція може досить інтенсивно проявлятися і в зимовий період. Так, наприклад у 2011 р. на території Херсонської обл. за швидкості вітру 12–15 м/с при зимових опадах у вигляді льодової крупи, яка діяла на поверхню мерзлого ґрунту як абразивний матеріал, спостерігався доволі значний підйом часток ґрунту та їх перенос у вигляді пилу на значні відстані [14]. Масштабна пилова буря спостерігалась у 2007 р. на території Херсонської, Запорізької, Одеської та інших південних областей. Просторове поширення цього небезпечного явища простежувалось у просторі та часі на супутникових знімках [16].

Однак навесні 2020 р. незвичайна пилова буря охопила Українське і Білоруське Полісся. За даними супутникових знімків Sentinel-5P UV Aerosol Index, що містить інформацію про концентрацію аерозолів (дрібнодисперсного пилу) встановлено, що територія масштабного прояву дефляції поверхні ґрунту охопила площу до 3,5 млн га (рис. 4).

На опрацьованому супутниковому знімку (див. рис. 4) виділяється територія з дуже високою концентрацією аерозолей, яку можна характеризувати як епіцентр пилової бурі на межі Київської і Житомирської обл. на площі близько 88,0 тис. га. Як видно на знімку, така доволі масштабна пилова буря в зоні Українського і Білоруського Полісся, імовірно, була спричинена, насамперед, дефіцитом вологи навесні 2020 р., передпосівним обробітком, який сприяв розпушенню поверхні ґрунту, за надто високою для умов Полісся розораністю сільськогосподарських угідь, низькою протиерозійною стійкістю дерново-підзолистих ґрунтів, а також поривчастим вітром зі швидкістю до 20–22 м/с. Останнім

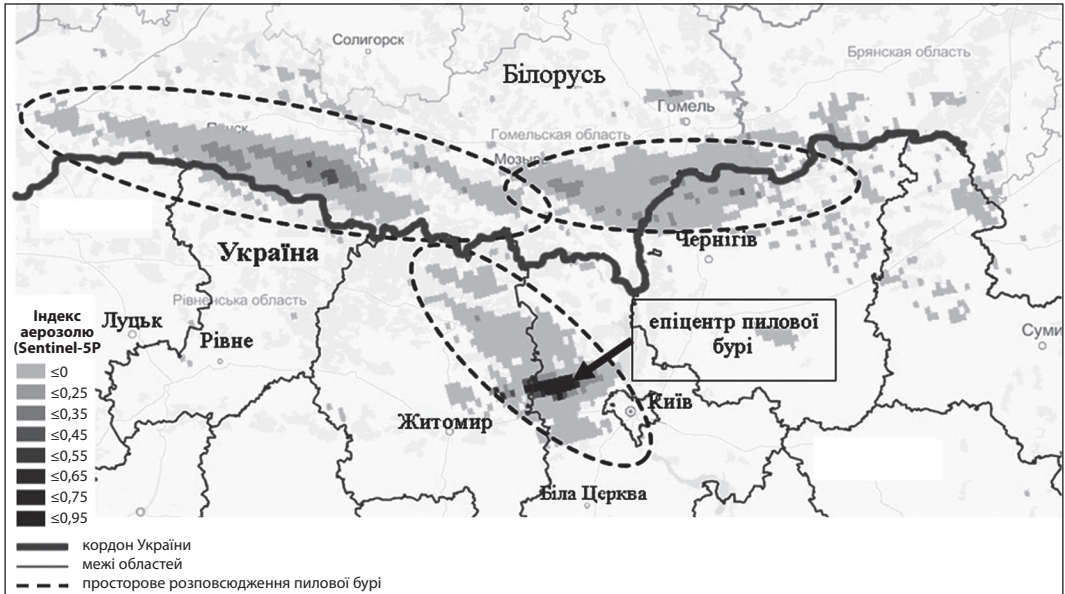


Рис. 4. Поширення пилової бурі на території Українського і Білоруського Полісся за даними супутника Sentinel-5P UV Aerosol Index (16.04.2020 р.)

часом навесні в зоні Полісся збільшилась кількість років із посушливою весною, що підвищує ризик прояву вітрової ерозії, навіть на територіях, де вона раніше проявлялась локально тільки на пересушених торфових та глинисто-піщаних ґрунтах. Такі масштабні пилові бурі мають низку негативних економічних та екологічних наслідків у вигляді пошкодження посівів і забруднення повітря частками ґрунту, в якому містяться хімічні добрива та пестициди, що зумовлює не лише втрати ресурсів, але й зниження врожайності культур та зростання ризиків для здоров'я населення.

Зростання ризиків прояву водної і вітрової ерозій в агроландшафтах у природно-кліматичних зонах Полісся, Лісостепу і Степу потребує удосконалення їх структури шляхом зниження розораності, нормування структури посівних площ та запровадження системи протиерозійних заходів. Необхідно відзначити, що удосконалення в процесі земельної реформи системи землекористування зменшило розораність від 59,9 до 53,9%, та підвищило лісистість від 14,1 до 17,6% [17]. Однак зміни клімату,

більш інтенсивне використання природного потенціалу агроландшафтів, зростання ризиків опустелювання та деградації ґрунтів, потребують запровадження більш ефективної системи інтегрованого управління земельними, водними і біологічними ресурсами агросфери.

Важливим елементом підвищення протиерозійної стійкості та адаптації агроландшафтів до змін клімату, а також до сучасної сільськогосподарської діяльності є контурно-смугова просторова їх організація з урахуванням рельєфу, особливостей ґрунтового покриву, дотриманням науково обґрунтованих сівозмін із нормуванням насиченості їх просапними культурами, запровадження ґрунтозахисних технологій обробітку ґрунту та консервації ерозійно деградованих орних земель із наступним відведенням їх під природні угіддя. За контурного землевпорядкування орні землі поділяються на три еколого-технологічні групи, в межах яких на рівнинних землях з повнопрофільними та слабо еродованими ґрунтами розміщуються сівозміни інтенсивного типу, на ерозійно небезпечних

схилах — ґрунтозахисні сівозміни без просяпних культур, а також виокремлюються середньо- та сильноеродовані, а також малопродуктивні ґрунти, які доцільно вивести з орних під природні угіддя, у т. ч. заліснення та залуження [11]. У результаті наближення меж цих груп земель, полів, лісосмуг та інших лінійних елементів до горизонталей місцевості, створюється ґрунто- та водоохоронна структура агроландшафту. Однак такий підхід до управління земельними, водними і рослинними ресурсами в агроландшафтах потребує належного науково-методичного та консультативного забезпечення місцевих органів управління, землевласників і землекористувачів. В умовах децентралізації державного управління значна частина повноважень щодо земельних відносин передається на місцевий рівень — сільським об'єднаним територіальним громадам (ОТГ). У межах їх повноважень з'явиться можливість усунення існуючих недоліків шляхом запровадження процедури консолідації земель у сфері раціонального природо- та землекористування на засадах підвищення економічної ефективності сільськогосподарської діяльності шляхом координації дій між власниками, користувачами земельних ділянок та органами місцевого самоврядування [18; 19]. У результаті з'являються можливості в рамках повноважень ОТГ запровадити більш досконалі системи землекористування, здійснити заходи з боротьби з їх опустелюванням та деградацією, виправити існуючі недоліки у структурі агроландшафтів і загалом, природокористуванні на території їх повноважень.

ВИСНОВКИ

1. Підвищення температури, збільшення зливового характеру опадів та вітряного режиму, розширення площ посіву таких інтенсивних культур, як соняшнику та кукурудзи, зменшення протиерозійної стійкості ґрунтів у результаті їх дегуміфікації, а також призупинення запровадження протиерозійних заходів, підвищує ризики деградації та опустелювання агроландшафтів у всіх природно-кліматичних зонах України.

2. В умовах глобальних змін клімату, інтенсифікації аграрного виробництва, децентралізації державного управління зростає актуальність удосконалення контролю та консультативного забезпечення використання та охорони земель сільськогосподарського призначення. На загальнодержавному рівні має дотримуватися законодавче і нормативне забезпечення формування сталої структури агроландшафтів, охорони земельних, водних і біологічних ресурсів. На регіональному рівні має забезпечуватися координація та консультативна підтримка заходів із раціонального використання та охорони ґрунтів, а на рівні сільських об'єднаних територіальних громад вирішуватися питання економічно ефективного використання земель, адаптації агроєкосистем до потепління клімату, здійснення заходів із боротьби з опустелюванням, досягнення нейтрального рівня деградації ґрунтів та реалізація інтегрованого управління земельними, водними і біологічними ресурсами в агроландшафтах. Власники і землекористувачі в процесі їх виробничої діяльності мають реалізовувати заходи з формування високопродуктивних агроєкосистем, попередження ерозійної деградації та відтворення родючості ґрунтів в агроландшафтах.

3. З метою виконання положень Конвенції ООН про деградацію та опустелювання земель, відповідної національної Концепції та Плану дій боротьби з деградацією земель та опустелюванням, досягнення нейтрального рівня деградації ґрунтів пропонується в рамках Міністерства аграрної політики та продовольства України на базі існуючих в центральних і регіональних органах управління профільних підрозділів, створити орган «Моніторинг, землеустрою та охорони ґрунтів». Основне завдання — реалізація державної політики з удосконалення системи агроєкологічного моніторингу з залученням супутникових даних, виконання чергового великомасштабного обстеження ґрунтів, землеустрою, раціонального використання та охорони земель сільськогосподарського призначення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Довідник із землеустрою / за ред. Л.Я. Новаковського. Київ: Аграрна наука, 2015. 492 с.
2. Gibbs H.K., Brown S., Niles J.O. and Foley J.A. Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: Making REDD a reality. *Environmental Research Letters*. 2007. No 2. 45023. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/2/4/045023>
3. Roy D.P. et al. Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. *Remote Sensing of Environment*. 2014. No 145. P. 154–172.
4. Kouli M., Soupios P. and Vallianatos F. Soil Erosion Prediction Using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) in a GIS Framework, Chania, Northwestern Crete, Greece. *Environmental Geology*. 2009. Vol. 57. No. 3. P. 483–497. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00254-008-1318-9>
5. Ganasri B.P. and Ramesh H. Assessment of Soil Erosion by RUSLE Model Using Remote Sensing and GIS-A Case Study of Nethravathi Basin. *Geoscience Frontiers*. 2016. Vol. 7. P. 953–961. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2015.10.007>
6. Lyalko V., Yelistratova L., Khodorovsky A. and Apostolov O. Erosion hazard estimation for the territory of Ukraine using remote sensing data, climatic factors and vegetation. Kyiv: Akadempriodyka. 2018. P. 89–91.
7. Биндич Т.Ю. Оцінювання диференціації ґрунтового покриву за допомогою космічних зображень. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 109. С. 162–170.
8. Зубов О.Р. Вплив змін клімату на дощову ерозію ґрунтів та алгоритм його прогнозування. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 111. С. 231–243.
9. Булігін С.Ю. Якість земель як основа контролю землекористування. *Агроекологічний журнал*. 2015. № 1. С. 36–46.
10. Фурдичко О.І., Стадник А.П., Ландін В.П. Наукові основи управління агроландшафтами України лісомеліоративними методами на засадах збалансованого розвитку: метод. реком. Київ: ННЦ «ІАЕ», 2017. 80 с.
11. Тараріко О.Г., Москаленко О.В. Каталог заходів з оптимізації структури агроландшафтів та захисту земель від ерозії. Київ: Фітосоціоцентр, 2002. 64 с.
12. Дегодюк Е.Г. Басейновий підхід в біогеоценозах і агросфері в контексті розвитку систем землеробства у ХХІ столітті. *Землеробство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник*. 2015. № 2 (889). С. 21–24.
13. Польовий А.М., Божко Л.Ю. Вплив кліматичних змін на режим зволоження вегетаційного періоду України. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2015. № 16. С. 128–139.
14. Волошнюк А.В. Дефляційні втрати ґрунту за різних технологій основного обробітку та технологій *No-Till* під час пилової бурі. *Агрохімія і ґрунтознавство: міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Вип. 82. Харків: ННЦ «ІГА ім. Соколовського». 2015. С. 100–104.
15. *Управління водними ресурсами в умовах змін клімату*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої Всесвітньому дню води. Київ: Інститут водних проблем і меліорації НААН, 2017.
16. Тараріко О.Г., Сиротенко О.В., Ільєнко Т.В., Кучма Т.Л. Агроекологічний супутниковий моніторинг. Київ: Аграрна наука, 2019. 204 с.
17. Національна доповідь щодо завершення земельної реформи / за ред. Л.Я. Новаковського. Київ: Аграрна наука, 2013. 48 с.
18. Попов А.С. Розвиток ринку земель сільськогосподарського призначення через механізм консолідації земель. *Економіка АПК*. 2018. № 4. С. 28–33.
19. Сапич В.І. Трансформації відносин власності на землю в аграрному секторі економіки. *Економіка АПК*. 2018. № 4. С. 51–59.

REFERENCES

1. Novakovskiy, L.Ya. (Ed). (2015). *Dovidnyk iz zemleustroiu [Handbook of land management]*. Kyiv: Agrarna nauka [in Ukrainian].
2. Gibbs, H.K., Brown, S., Niles, J.O. & Foley, J.A. (2007). Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: Making REDD a reality. *Environmental Research Letters*, 2, 045023. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/2/4/045023> [in English].
3. Roy, D.P. et al. (2014). Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. *Remote Sensing of Environment*, 145, 154–172 [in English].
4. Kouli, M., Soupios, P. & Vallianatos, F. (2009). Soil Erosion Prediction Using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) in a GIS Framework, Chania, Northwestern Crete, Greece. *Environmental Geology*, 3, 483–497. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00254-008-1318-9> [in English].
5. Ganasri, B.P. & Ramesh, H. (2016). Assessment of Soil Erosion by RUSLE Model Using Remote Sensing and GIS-A Case Study of Nethravathi Basin. *Geoscience Frontiers*, 7, 953–961. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2015.10.007> [in English].
6. Lyalko, V., Yelistratova, L., Khodorovsky, A. & Apostolov, O. (2018). Erosion hazard estimation for the territory of Ukraine using remote sensing data, climatic factors and vegetation. Kyiv [in English].
7. Byndych, T.Yu. (2019). Otsynuyuvannya dyferentsiatsiyi gruntovoho pokryvu za dopomohoyu kosmichnykh zobrazhen [Estimation of soil differentiation using satellite images]. *Tavriyskyy naukovyy visnyk – Tavriyskyy Scientific Bulletin*, 109, 162–170 [in Ukrainian].

8. Zubov, O.R. (2020). Vplyv zmin klimatu na doshchovu eroziyu gruntiv ta alhorytm yoho prohnouzuvannya [Influence of climate change on rain erosion of soils and algorithm of its forecasting]. *Tavriyskyy naukovyy visnyk – Tavriyskyy Scientific Bulletin*, 111, 231–243 [in Ukrainian].
9. Bulygin, S.Yu. Yakist zemel yak osnova kontrolyu zemlekorystuvannya [Land quality as a basis for land use control]. *Ahroekolohichnyi zhurnal – Agroecological journal*, 1, 36–46 [in Ukrainian].
10. Furdychko, O.L., Stadnyk, A.P. & Landin, V.P. (2017). *Naukovi osnovy upravlinnya ahrolandshaftamy Ukrayiny lisomelioratynnyy metodamy na zasadakh zbalansovanoho rozvytku [Scientific bases of management of agrolandscapes of Ukraine by forest reclamation methods on the basis of balanced development]*. Kyiv [in Ukrainian].
11. Tarariko, O.G. & Moskalenko, O.V. (2002). *Kataloh zakhodiv z optymizatsiyi struktury ahrolandshaftiv ta zakhystu zemel vid eroziyi [Catalog of measures to optimize the structure of agricultural landscapes and protect lands from erosion]*. Kyiv: Phytosocial center [in Ukrainian].
12. Degodyuk, E.G. (2015). Baseynovy pidkhid v bioheotsenozakh i ahrosferi v konteksti rozvytku system zemlerobstva u KHKHI stolitti [Basin approach in biogeocenoses and agrosphere in the context of the development of agricultural systems in the XXI century]. *Zemlerobstvo – Agriculture*, 2 (889), 21–24 [in Ukrainian].
13. Poliovyi, A.M. & Bozhko, L.Yu. (2015). Vplyv klimatychnykh zmin na rehym zvolozhennya vehetatsynoho periodu Ukrayiny [Influence of climate changes on the humidification regime of the vegetation period of Ukraine]. *Ukrayinskyy hidrometeorolohichnyi zhurnal – Ukrainian Hydro-meteorological Journal*, 16, 128–139 [in Ukrainian].
14. Voloshnyuk, A.V. (2015). Deflyatsiyni vtraty gruntu za riznykh tekhnolohiy osnovnogo obrobittku ta tekhnolohiy No-Till pid chas pylovoyi buri [Deflation losses of soil with different technologies of main cultivation and No-Till technologies during dust storm]. *Ahrokhimiya i gruntoznavstvo – Agrochemistry and soil science*, 82, 100–104 [in Ukrainian].
15. Institute of Water Problems and Land Reclamation NAAS. (2017). Upravlinnya vodnymy resursamy v umovakh zmin klimatu: materialy mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi [Water Management under Climate Change: proceedings of the International Scientific and Practical Conference]. Kyiv [in Ukrainian].
16. Tarariko, O.G., Sirotenko, O.V., Ilyenko, T.V. & Kuchma, T.L. (2019). *Ahroekolohichnyy suputnykovyy monitorynh [Agri-environmental satellite monitoring]*. Kyiv: Agrarian Science [in Ukrainian].
17. Novakovskiy, L.Ya. (Ed). (2013). *Natsionalna dopovid shchodo zavershennya zemelnoyi reformy [National report on the completion of land reform]*. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
18. Popov, A.S. (2018). Rozvytok rynku zemel s-h pryznachennya cherez mekhanizm konsolidatsiyi zemel [Development of the agricultural land market through the mechanism of land consolidation]. *Ekonomika APK – Economics of agro-industrial complex*, 4, 28–33 [in Ukrainian].
19. Sapych, V.I. (2018). Transformatsiyi vidnosyn vlasnosti na zemlyu v ahrarnomu sektori ekonomiky [Transformations of land ownership relations in the agricultural sector of the economy]. *Ekonomika APK – Economics of agro-industrial complex*, 4, 51–59 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 05.05.2021

УДОСКОНАЛЕННЯ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОГО МЕХАНІЗМУ УПРАВЛІННЯ РЕКРЕАЦІЙНОГО ТУРИЗМУ В КОНТЕКСТІ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ

О.І. Дребот, К.О. Бабікова

Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)

e-mail: drebot_oksana@ukr.net; ORCID: 0000-0003-2681-1074

e-mail: babikova.kateryna@gmail.com; ORCID: 0000-0002-9726-0671

У статті охарактеризовано сучасний стан розвитку рекреаційно-туристичної діяльності. Визначено роль європейської інтеграції у контексті туристичної галузі. Розглянуто функції та властивості українського туристичного бізнесу. Зазначені можливості та ризики розвитку рекреаційно-туристичної діяльності, а також визначені ролі рекреації та туризму. Охарактеризовано роль державного регулювання та управління у підвищенні рівня розвитку рекреаційно-туристичної діяльності. Зазначено параметри формування та підвищення рівня розвитку рекреаційного туризму. Сформовано еколого-економічний механізм рекреаційно-туристичної діяльності в контексті євроінтеграційних процесів. Розглянуто особливості функціонування еколого-економічного механізму управління розвитком рекреаційного туризму, а також розглянуто важливість розробки програм щодо розвитку рекреаційно-туристичної діяльності. Зазначено, що рекреація та туризм посідають одну із головних ролей у формуванні та розвитку відпочинку, підтримці вдосконалення соціального, духовного, морального, фізичного та психічного стану. Отримано високий рівень ефективності від рекреаційного туризму, люди можуть лише завдяки тимчасово проживаючи на віддалених, від власного дому, туристичних територіях рекреації. Євроінтеграційні та глобалізаційні процеси позитивно впливають на розвиток рекреаційного туризму та отримання конкурентних переваг, забезпечивши вище зазначені складові. Визначено інвестиційні резерви, як метод підвищення конкурентоспроможності рекреаційно-туристичної діяльності в Україні в контексті європейської інтеграції. Визначені туристичні комплекси в Україні формують стабільні економічні зони та розвиток регіонів рекреаційно-туристичної діяльності. Важливим питанням залишається створення сприятливих інвестиційних потоків як для іноземних інвесторів, так і для внутрішніх, що, своєю чергою, стабілізує умови праці з огляду на раціональне використання капіталовкладень на довготривалій основі. Таким чином, зазначені проблеми посилюють актуальність відносин потреби вдосконалення механізму для управління рекреаційно-туристичною діяльністю, передусім, зі сторони державних закладів. Євроінтеграційні процеси в Україні потребують формування та реалізації моделі взаємовідносин між рекреаційними територіями та структурами управління, яка має відповідати вимогам регіональної політики країн Європейського Союзу, що у майбутньому надало більше перспектив у співпраці, отримання практики міжрегіонального та міжнародного співробітництва.

Ключові слова: рекреаційно-туристична діяльність, державне регулювання, важелі, інструменти, конкурентоспроможність, природно-ресурсний потенціал.

ВСТУП

На сьогодні стан розвитку рекреаційно-туристичної діяльності стає дедалі більш динамічним, що зумовлюється завдяки євроінтеграційним та глобалізаційним процесам, підвищенню стандартів життя населення в державах із розвинутою економікою, великим інвестиційним потокам у рекреаційний туризм тощо. Стрімкий розвиток ре-

креаційного туризму зумовлений впливом соціальних та еколого-економічних чинників, який завдяки впровадженій ефективній державній політиці. Роль розвитку рекреаційно-туристичної діяльності полягає у вдосконаленні еколого-економічного механізму управління рекреаційним туризмом для створення сприятливих умов розвитку рекреаційно-туристичної діяльності, а також суміжних сфер.

Нині стає дедалі більш актуальним збереження різноманітності екосистем та забезпечення ефективного та раціонального використання рекреаційних потенціалів на етапі розвитку суспільства через загострення соціальних та еколого-економічних проблем. Сучасне суспільство інтенсивно розвивається, підвищується важливість та інтенсивність праці, що зумовлює підвищення якості й забезпечення різноманітності рекреації.

Оновлення фізичних та духовних сил під час відпочинку дуже сильно впливає на підвищення продуктивності праці населення. Паралельно зберігається тенденція відставання рівня розвитку рекреації від збільшення потреб населення відносно надання якісних туристичних послуг та гарного повноцінного відпочинку.

Сформовані системи рекреаційного туризму базуються, в основному, на старих споживчих моделях, тому і не враховують повною мірою соціальні та еколого-економічні процеси, через що виникає низка проблем, пов'язаних із потребами в створенні системного підходу до управління територіями рекреаційно-туристичної діяльності. Важливим постає розробка еколого-економічного механізму до управління територіями рекреаційно-туристичної діяльності, стратегія розвитку рекреаційних регіонів, а також забезпечення задовільного рівня потреб сучасного населення та надання якісних туристичних послуг.

Рекреаційний туризм охоплює екологічні чинники (природно-ресурсна база), які є основою для підвищення економічного рівня розвитку рекреаційних регіонів. Рекреаційні регіони відіграють головну роль у забезпеченні функціонування та сталості економіки, завдяки участі у виробничо-господарській та інших суміжних для рекреації діяльностей, формуючи екологічно безпечне середовище для життєдіяльності населення. Однак, не зважаючи на те, що Україна має достатній рекреаційний, природний, історико-культурний потенціали, все-таки, залишається не достатньо конкурентоспроможною відносно рекреаційно-туристичної діяльності, а сам розвиток рекреаційних територій відбувається хаотично.

Для стимулювання ефективного та раціонального використання рекреаційно-природних ресурсів необхідно сформувати еколого-економічний механізм та визначити економічну оцінку. Це, своєю чергою, дасть змогу визначити декілька засобів раціонального використання ресурсів рекреаційних регіонів, а також повністю проаналізувати окремі компоненти навколишнього природного середовища, оскільки економічна оцінка виступає інструментом забезпечення даних обліку ресурсно-природного потенціалу.

Мета дослідження — сформувати еколого-економічний механізм рекреаційно-туристичної діяльності з урахуванням євроінтеграційних процесів.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Питання щодо формування механізмів розвитку рекреаційного туризму визначено у роботах таких науковців, як [1; 2]. Аналіз та оцінка розвитку рекреаційно-туристичної діяльності, а також в умовах євроінтеграції розглянуто у наукових працях [3; 8]. Аспекти розвитку туризму в контексті євроінтеграційних процесів досліджено в працях [4–7]. Підходи та методи еколого-економічного забезпечення розвитку рекреаційної сфери розглянуто в наукових публікаціях [9; 10]. Рекреаційне землекористування в регіональному управлінні визначено в праці співавторства таких вчених, як Галушкіної Т.П., Фоменко В.А. та Булишевої Д.В. [11].

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Під час дослідження було використано такі загальнонаукові та специфічні наукові методи, як аналіз та синтез, гіпотеза, моделювання. Було обрано вітчизняні наукові праці українських вчених, а також інформацію із Інтернет-джерел для проведення аналізу та синтезу тематики.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

В умовах інтеграції України до світового економічного простору, європейської інте-

грації зростає роль туристичної галузі, розвиток якої сприятиме вирішенню завдань формування позитивного міжнародного іміджу країни, подоланню дефіциту платіжного балансу, забезпеченню зайнятості населення, поступовому реконструюванню регіональних господарських комплексів. Україна як країна, що перебуває в центрі Європи, має всі передумови для належного розвитку економіки за рахунок туризму, оскільки посідає одне з провідних місць в Європі за рівнем забезпеченості цінними природними та культурними ресурсами [1].

Трансформації в українській економіці зумовлені глобалізаційними екологічними кризами, підвищенням конкурентоспроможності на ринку рекреаційно-туристичних послуг та збільшенням соціальних стандартів, все це потребує сформованого стратегічного механізму відносно розвитку рекреаційної сфери. Рекреаційно-туристична діяльність в Україні вказує на стрімке стабільне зростання попиту населення (внутрішніх та зовнішніх туристів) на туристичні послуги такі, як відпочинок та оздоровлення, а також підвищення рентабельності рекреаційних послуг на міжнародному ринку та достатньо високий потенціал рекреації та навколишнього природного середовища.

Євроінтеграційні процеси в рекреаційно-туристичній діяльності визначаються взаємовідносинами між підприємствами туристичних послуг та суміжними їм (наприклад, юридичні особи), які забезпечують поєднання цілей та їх виконання у довгостроковій перспективі, виконують інтегруючі функції, які надають їм такі переваги: зменшення або знищення ризиків невизначеності відносно забезпечення та наступної реалізації туристичних послуг, полегшення впровадження нововведень, значне зниження витрат на туризм. В основі євроінтеграційних процесів лежать принципи щодо взаємовласності, взаємовикористання рекреаційних та природних ресурсів, а також суміжних сфер діяльності. Форми співпраці є різноманітними та залежать переважно від національних спе-

цифік у контексті управління рекреаційно-туристичною діяльністю в тій або іншій країні. Однак, головними відмінностями є взаємовідносини власності та кооперації (контрактової та виробничої). Необхідно зауважити, що відповідні процеси відбуваються в українській рекреаційно-туристичній діяльності.

У процесі залучення регіональними господарюючими суб'єктами туристичної галузі вітчизняного й іноземного інвестиційного капіталу доцільно використовувати систему пріоритетних потенційних джерел забезпечення інвестиційної політики в галузі. Основні з них — це:

- концентрація власних коштів підприємств для впровадження інновацій, прогресивних технологій обслуговування та модернізації обладнання;
- застосування прискореної амортизації;
- залучення фінансових ресурсів місцевих бюджетів для будівництва пріоритетних для розвитку регіону об'єктів туристичної інфраструктури;
- концентрація ресурсів у спеціальних інвестиційних та інноваційних фондах за рахунок капіталізації прибутків суб'єктів підприємницької діяльності, у тому числі створення інноваційних і благодійних фондів розвитку окремих видів туризму, проведення екологічних та інших соціально важливих програм за участю підприємницьких структур;
- залучення іноземних інвестицій та кредитних ліній із державним посередництвом і гарантіями для розбудови й освоєння привабливих для іноземних туристів рекреаційних зон;
- ефективне використання ресурсів комерційних банків, страхових компаній та інших суб'єктів фінансового ринку у формі інвестицій у статутні фонди підприємств туристичної галузі [1].

Розвиток рекреаційно-туристичної діяльності в контексті євроінтеграційних процесів надають такі переваги: можливість залучення іноземного інвестування, розширення транскордонного, міжнародного та прикордонного співробітництва, продуктивна диверсифікація ринку рекреа-

ційно-туристичних послуг, підвищення якості надання туристичних послуг і пристосування до європейських вимог відносно якості продукції та послуг суміжних сфер рекреації, можливості експортування послуг рекреаційно-туристичної діяльності й досягнення визнання на міжнародному ринку туристичних послуг, значне зниження рівнів безробіття та міграції (надання робочих місць населенню в рекреаційній індустрії), забезпечення соціальних і еколого-економічних стандартів життя населення (національних та європейських) тощо.

Нині туристична діяльність є однією із важливих складових еколого-економічного потенціалу в світі. В умовах глобалізаційних процесів туристична діяльність в Україні може бути пріоритетною галуззю економіки, адже країна багата своїми рекреаційними ресурсами. Туристичний бізнес в Україні як складова економічного комплексу характеризується такими властивостями і функціями:

- створює туристичні послуги, формує туристичний продукт і здійснює його реалізацію, активно використовуючи маркетингові комунікації;
- має свою індустрію виробництва і надання послуг туристам;
- формує ринок туристичних послуг за різними рівнями комплексності;
- працює як мультиплікатор росту національного доходу, валового внутрішнього продукту, зайнятості населення;
- сприяє розвитку місцевої інфраструктури та підвищенню рівня життя населення;
- являє собою сферу, в якій дешево створюються робочі місця та забезпечується високий рівень ефективності й швидка окупність інвестицій;
- є доволі ефективним засобом охорони навколишнього середовища та історико-культурної спадщини країни, що є матеріальною основою ресурсного потенціалу туризму, який утворює специфічну сферу діяльності;
- функціонує у взаємозв'язку практично з усіма галузями і видами діяльності людей;

- має переваги в інтеграційних і глобалізаційних процесах, що відбуваються у світовому просторі [2].

Однак, незважаючи на перспективи розвитку рекреаційно-туристичної діяльності, перед Україною постають такі ризики рекреації: зниження конкурентоспроможності рекреаційного туризму через доступ до європейського ринку туристичних послуг, низька зацікавленість міжнародних партнерів у розвитку рекреаційно-туристичної діяльності, надмірне рекреаційне навантаження на навколишнє природне середовище, виникнення конфлікту відносно розробки проєктів розширення та транскордонної співпраці з країнами Європейського Союзу. Зазначені вище можливості та ризики розвитку рекреаційно-туристичної діяльності породжують низку завдань, які необхідно врахувати при становленні та розвитку туризму в контексті євроінтеграційних процесів.

Потенціал розвитку рекреаційного туризму в Україні визначається дією широкого спектра природних, історико-культурних, соціальних, економічних, політичних чинників, які мають чітко окреслену регіональну специфіку. Крім того, особливістю сьогоденної ситуації є те, що формування високорозвинутої національної індустрії туризму та її інтеграція у світовий ринок туристичних послуг пов'язані з необхідністю вирішення гострих соціально-економічних проблем у період трансформації суспільно-економічних відносин та залученням міжнародного досвіду. Наразі в умовах євроінтеграції для українського туризму відкриваються нові перспективи розвитку, відкриваються нові можливості налагодження співпраці з країнами — учасницями ЄС, ВТО [3].

Рекреація та туризм посідають одну із головних ролей у формуванні та розвитку відпочинку, підтримці вдосконалення соціального, духовного, морального, фізичного та психічного стану. Отримати високий рівень ефективності від рекреаційного туризму люди можуть лише завдяки тимчасово проживаючи на віддалених, від власного дому, туристичних територіях рекреації.

Такі рекреаційні території туризму характеризуються пейзажністю (гори, ландшафти, природа), наявністю водних джерел (море, річки, озера), сприятливими кліматичними умовами, транспортною доступністю, харчовою різноманітністю (ягоди, фрукти, інші рослини) тощо. Євроінтеграційні та глобалізаційні процеси позитивно впливають на розвиток рекреаційного туризму та отримання конкурентних переваг, забезпечивши вище зазначені складові.

З кожним днем дедалі більше європейська спільнота стурбована негативною дією туризму на навколишнє природне середовище, зокрема: забрудненням природних об'єктів; деградацією природних ландшафтів через надмірне споживання ресурсів; втратою біорізноманітності тощо. У цьому самому контексті актуальним завданням стає розроблення аспектів еколого-безпечного розвитку в інтересах усього суспільства сьогодення [4]. Вагомий внесок у підвищення рівня розвитку рекреаційно-туристичної діяльності вкладає державне регулювання та управління (центральні органи влади, органи місцевого самоврядування, територіальні громади). Саме державне управління запускають процес інвестиційного потоку (іноземного та національного) у розвиток рекреаційних регіонів.

Наша держава має надзвичайно великі можливості у розвитку туристичної галузі та інфраструктури, що може призвести до зростання кількості туристів до нашої країни, наповнення бюджету, створення нових робочих місць та принести інші позитивні чинники в економіку та життя країни загалом. Перспективи розвитку та створення туристичної сфери України є значними, адже практично кожна область має свої особливості, які зможуть стати візитівкою країни в завоюванні іноземних туристів. Також надзвичайно б сприяло виведенню туризму на якісно кращий рівень PR-компанії наших туристичних об'єктів, адже багато туристів, можливо, навіть не знають, що в комплексі може запропонувати їм Україна [5]. Туризм відіграє істотну роль у стимулюванні економічного розвитку не

лише безпосередньо туристичної галузі, але й суміжних галузей, а також інших галузей економіки. Зростання туризму позитивно впливає на рівень зайнятості населення, на споживчий попит та рівень валютних надходжень. Роль туризму для розвитку національної економіки важко переоцінити. Туристична галузь має об'єктивні передумови розвитку, що склалися на підставі історичних, географічних, культурних та економічних чинників [6].

Параметри формування та підвищення рівня розвитку рекреаційно-туристичної діяльності є вдосконалене виробництво, соціальна та транспортна інфраструктури, інституціональне забезпечення, стабільне економічне та політичне становище, інвестиційні, трудові, фінансові та рекреаційні ресурси. Потенціал рекреаційного туризму являє собою всі можливості рекреаційних регіонів, які використовуються задля забезпечення рекреаційно-туристичної діяльності, задоволення потреб туристів, підвищення рівня розвитку регіонів.

Варто зазначити, що одними з основних аспектів розвитку туристичної діяльності є інституціональні перешкоди, тобто недосконалий рівень уваги органів державної влади до розвитку туристичної галузі в Україні, недотримання нормативно-правової бази щодо розвитку як сільського зеленого туризму, екологічної інфраструктури тощо, все це веде до економічно неприєвального простору для здійснення господарської діяльності. Немає впевненості для підприємців щодо створення туристичного бізнесу у сільській місцевості, з боку держави — це нестабільність, що викликана економічними та політичними кризами. Підвищення якості інституційного забезпечення розвитку рекреаційно-туристичної діяльності в країні та розвиток нормативно-правового забезпечення, а також формування правового поля для розбудови цього виду туризму та залучення інвестицій у цю галузь має бути першочерговим завданням для її ефективного розвитку. На сьогодні в Україні, попри численні спроби та проекти, відсутній головний рамковий закон у цій сфері, що має регулю-

вати взаємопов'язані процеси. Експерти наголошують, що основна проблема в означенні пов'язана з тим, що ця діяльність за характером її здійснення є доволі різноплановою [7].

Враховуючи аспекти державного управління та нинішній стан рекреаційного туризму існує висока потреба у впровадженні ефективного еколого-економічного механізму із врахування процесів євроінтеграції.

Завдяки такому механізму формуються системи управління та підвищення якості надання туристичних послуг на рівні світових стандартів.

На сьогодні постає основне питання визначення еколого-економічних допустимих норм рекреаційних навантажень на регіони. Щодо екологічно допустимих

норм рекреаційних навантажень, то у світовій практиці рекреаційно-туристичного освоєння територій застосовуються показники науково обґрунтованої максимально можливої кількості осіб, які можуть одночасно перебувати на певній території, не спричиняючи деградації природних екосистем, хоча і спостерігаються відмінності в нормативах навантажень. Подібні нормативи прийнято в США, Польщі, Чехії, Словаччині, Угорщині, Румунії, Молдові та інших державах [8].

Функціонування еколого-економічного механізму рекреаційно-туристичної діяльності зумовлюється цілями розвитку туризму, методами реалізації туристичного потенціалу поліфункціональних рекреаційних регіонів та інструменти підтримки з боку держави (рис.).



Еколого-економічний механізм рекреаційно-туристичної діяльності в контексті євроінтеграційних процесів

Примітка: сформовано автором.

Ефект від впровадження еколого-економічного механізму залежить від оптимізації організації господарської діяльності, фінансових та інформаційних потоків, просування туристичних послуг на міжнародному ринку, забезпечення підвищення конкурентоспроможності послуг рекреаційного туризму тощо. Для аналізу та оцінки рівня ефективності еколого-економічного механізму рекреаційно-туристичної діяльності необхідно проводити аудит рекреаційних територій для виявлення чинників перспективних напрямів розвитку туристичної діяльності, розробити організаційну структуру управління, впровадити стратегію розвитку рекреаційних регіонів.

Туризм в основному ґрунтується на природних та історико-культурних ресурсах, тому, ігноруючи соціальні та екологічні наслідки, галузь ризикує підірвати саме своє існування. Для того щоб суб'єкти господарювання отримали вигоду, необхідно розвивати інтегровані відносини, які забезпечать збалансований розвиток рекреаційно-туристичної сфери. Рекреаційний туризм слід розглядати як складну систему, для якої характерним є високий рівень інтеграційних процесів між її секторами. Без системного підходу в процесі дослідження неможливо розглядати жодного об'єкта, процесу або явища. Окрім того, системний підхід застосовується для формулювання сутності проблем, які досліджуються, та вибору ефективних напрямів їх вирішення [9].

Міжнародний досвід показує успіх розвитку рекреаційного туризму, який залежить від державної підтримки, стратегічної державної політики і наскільки вона ефективно розробляється та впроваджується, регулювання туристичної сфери взагалом. Перспективні можливості підвищення рівня розвитку рекреаційно-туристичної діяльності у розвинених країнах залежать, передусім, від держави, яка регулює функціонування туристичної сфери, забезпечує раціоналізацію використання ресурсів для рекреаційного туризму.

Сьогодні в Україні розвиток рекреаційних територій створює нові можливості

для розвитку підприємств та створення робочих місць у різних секторах національної економіки, сприяє залученню інвестицій і підтримці сфери послуг, навіть, у досить віддалених територіях, приносить відчутну економічну та соціальну віддачу, стає інструментом для міжкультурного порозуміння. Управління розвитком рекреаційних територій має ґрунтуватися на зведенні до мінімуму негативних наслідків туризму на соціально-економічну сферу і навколишнє середовище, збереженні природної та культурної спадщини і автентичності територій, забезпеченні примноження туристичних об'єктів, створенні нових робочих місць. Тобто серед ключових цілей розвитку рекреаційних територій варто виокремити зростання інвестиційних потоків у сферу туристичного бізнесу, що сприятиме наповненню бюджетних фондів, забезпеченню соціально-економічного розвитку регіонів, яке передбачає підвищення рівня життя населення, наявність робочих місць тощо [10].

Особливостями функціонування еколого-економічного механізму управління розвитком рекреаційного туризму є те, що необхідно враховувати принципи та способи його реалізації, зокрема забезпечення системності, імплементація стосовно погодження з іншими суміжними сферами на основі визначення еколого-економічних та соціально-культурних ризиків, ініціювання розвитку рекреаційно-туристичної діяльності. Розроблення та впровадження регіональної рекреаційної політики з урахуванням ресурсів, потреб та особливостей регіонів для розвитку рекреації є основним завданням, що постає перед державним управлінням в основі регіональної комісії. Державне управління також розробляє програми розвитку рекреаційно-туристичної діяльності при цьому визначивши таке: орієнтири розвитку, домінуючі тенденції, кількісні параметри еколого-економічного та соціального розвитку, міжрегіональний поділ праці, коригування системи управління потенціалом рекреаційних територій України. Реалізація таких програм забезпечить підвищення рівня

ефективності управління економічною та екологічною складовими регіонального розвитку, раціональне використання природних, рекреаційних, туристичних, трудових та виробничих потенціалів, вдосконалить якість життя регіонального населення рекреаційних територій, а також стабілізує соціально-економічне зростання загалом.

Слід констатувати, що серед пріоритетів соціально-економічного розвитку приморських територій, які формують стратегію економічного зростання України, реалізацію еколого-економічних реформ, об'єктивно і обґрунтовано визначено рівень конкурентоспроможності туристично-рекреаційної сфери як високорентабельної галузі, яка має забезпечити потреби внутрішнього і міжнародного попиту на туристичні й санаторно-оздоровчі послуги без посилення антропогенного тиску на довкілля [11].

Для вирішення такої проблеми варто залучити інвестиційні резерви, які виступають як метод підвищення конкурентоспроможності рекреаційно-туристичної діяльності в Україні стосовно європейської інтеграції. Однак, існує необхідність у подальших розробках і впровадженнях інвестиційної спрямованості із деталізацією та більшим поглибленням досліджень у цій сфері. Цільовим фінансуванням рекреаційно-туристичної діяльності є саме іноземне, які надають можливості вкладання коштів у вигляді сучасного обладнання та устаткування для підприємств із туристичними послугами. Однак для здійснення іноземного інвестування необхідна державна підтримка у вигляді надання гарантій для іноземних інвесторів. У такому випадку, важливу роль посідає активізація інвестиційного процесу завдяки ефективній податковій політиці.

ВИСНОВКИ

Євроінтеграційні процеси зумовлюють підвищення конкурентоспроможності рекреаційно-туристичної діяльності на ринку туристичних послуг через значну динаміку, розвиток інноваційності та конкуренції через обмеження ресурсів, а також підвищен-

ня якості наданих туристичних послуг. В Україні існує певна кількість національних стратегічних альянсів, франчайзингових туристичних організацій, туристичних готелів, які пов'язані із невисоким рівнем розвитку внутрішнього рекреаційного туризму. Їх збільшення потребує державної підтримки та регулювання, бюджетування проектів та програм рекреаційної галузі.

Досліджено, що обмежена кількість рекреаційних ресурсів для туризму зумовлюють пошук нових засобів підвищення ефективного та раціонального використання цих ресурсів. Для цього доцільним є розробка нових можливостей для залучення вже існуючих територій. Обґрунтовано, що активізувати підвищення рівня розвитку рекреаційно-туристичної діяльності можна завдяки використанню потенціалів рекреаційних регіонів поліфункціонального призначення.

Нині, головну роль у розвитку рекреаційно-туристичної діяльності посідають привабливі форми відпочинку (комплексне покращання та підтримка здоров'я туристів) для вдосконалення фізичного, психічного, соціального та духовно-морального стану людей. При цьому, в рекреаційному туризмі більшою мірою проявляється оздоровлення людей різного віку та соціального статусу. Відомо, що на сьогодні, потреби туристів не мають меж та вибір послуг рекреаційно-туристичної діяльності роблять виключно через врахування фінансових, економічних, інформаційних, екологічних та соціальних можливостей. Показниками підвищення рівня задоволеності туристів від послуг рекреаційно-туристичної діяльності є корисність цих послуг (як у фізичному, так і духовно-моральному плані). Такий показник потрібно розглядати з точки зору, як систему, в якій важливі більше зовнішні чинники, аніж внутрішні. Невизначеність у виборі туристичної путівки, традиції, звички, відстрочка в часі — всі ці чинники не дають гарантії ефективно здійснити планування рекреаційного туризму.

Основними чинниками формування рекреації є соціальні, еколого-економічні,

ресурсно-природні, психологічні, демографічні. Вони мають багаторівневу природу залежно від тривалості використання, засобів підвищення рівня розвитку, природного походження щодо середовища функціонування. Врегулюючи та підвищуючи рівень привабливості рекреаційно-туристичної діяльності необхідно враховувати такі чинники: ресурсне забезпечення, організація діяльності, якість обслуговування туристів (національних та іноземних), цінова політика, реклама, ефективне управління використанням рекреаційних регіонів, збільшення потоку туристів тощо.

Основною умовою для подолання ризиків рекреаційно-туристичної діяльності в Україні — активізація науково обґрунтованої регіональної політики відносно підвищення рівня розвитку рекреаційного туризму з урахуванням усіх регіональних та галузевих факторів. За результатами аналізу дослідження можна зробити висновок, що найефективнішим та важливим інструментом реалізації туристичної політики в Україні є сформований еколого-економічний механізм рекреаційно-туристичної діяльності в контексті євроінтеграційних процесів, завдяки якому будуть впроваджуватись відповідні програми та

проекти розвитку цієї сфери. Такі програми розвинуть рекреацію та туризм, завдяки узгодженими кількостями ресурсів, виконавцями, термінами впровадження й реалізації проектів.

Розвинені туристичні комплекси в Україні формують стабільні економічні зони та розвиток регіонів рекреаційно-туристичної діяльності. Важливим питанням залишається створення сприятливих інвестиційних потоків як для іноземних інвесторів, так і для внутрішніх, що, своєю чергою, стабілізує умови праці з огляду на раціональне використання капіталовкладень на довготривалій основі. Таким чином, зазначені проблеми посилюють актуальність відносно потреби вдосконалення механізму для управління рекреаційно-туристичною діяльністю, передусім, зі сторони державних закладів. Євроінтеграційні процеси в Україні потребують формування та реалізації моделі взаємовідносин між рекреаційними територіями й структурами управління, яка має відповідати вимогам регіональної політики країн Європейського Союзу, що у майбутньому надало більше перспектив у співпраці, отриманні практики міжрегіонального та міжнародного співробітництва.

ЛІТЕРАТУРА

1. Волошенко В.М. Удосконалення механізмів державного управління розвитком ринку рекреаційних послуг: українські реалії в контексті європейської інтеграції. *Вісник НАДУ при Президентові України*. 2016. № 2. С. 93–99.
2. Бабікова К.О. Формування еколого-економічного механізму збалансованого розвитку рекреаційного туризму в контексті Євроінтеграції. *Ефективна економіка*. 2021. № 6. С. 1–6.
3. Бабікова К.О. Методичні аспекти оцінювання ресурсного потенціалу рекреаційного туризму в контексті Євроінтеграції України. *Агросвіт*. 2021. № 13–14. С. 25–31.
4. Дребот О.І., Бабікова К.О. Аспекти розвитку рекреаційного туризму збалансованого природокористування. *Агросвіт*. 2020. № 12. С. 42–47.
5. Хмелевський О.В., Кошівська М.В. Розвиток туризму в контексті Євроінтеграції України. *Приазовський економічний вісник*. 2018. Вип. 2 (07). С. 15–21.
6. Бабікова К.О. Теоретичні аспекти екологічного туризму та напрями збалансованого розвитку в туристичній галузі. *Збалансоване природокористування*. 2020. № 1. С. 43–49.
7. Бабікова К.О. Інституційні аспекти розвитку рекреаційного туристичного природокористування. *Економічні науки*. 2021. № 8. С. 24–28.
8. Дребот О.І., Бабікова К.О. Еколого-економічна оцінка рекреаційно-туристичного природокористування. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 1. С. 140–148.
9. Бабікова К.О. Системний підхід до еколого-економічного забезпечення збалансованого розвитку рекреаційного туризму. *Економічна наука*. 2021. № 5. С. 44–47.
10. Ступень Н.М. Удосконалення методів еколого-економічного управління розвитком рекреаційних територій. *Економічна наука*. 2016. № 11. С. 34–38.
11. Галушкіна Т.П., Фоменко В.А., Булишева Д.В. Рекреаційне землекористування в системі регіонального екологічного менеджменту прибережних територій. *Економіка: реалії часу*. 2012. № 3–4 (4–5). С. 152–156.

REFERENCES

1. Voloshenko, V.M. (2016). Udoshkalennia mekhanizmiv derzhavnogo upravlinnia rozvytkom rynku rekreatsijnykh posluh: ukrains'ki realii v konteksti i evropejs'koi intehtratsii [Improving the mechanisms of state management of the development of the market of recreational services: Ukrainian realities in the context of European integration]. *Visnik Nacional'noyi akademiji derzhavnogo upravlinnia pri Prezidentovi Ukraini — Bulletin of the National Academy of Public Administration under the President of Ukraine*, 2, 93–99 [in Ukrainian].
2. Babikova, K.O. (2021). Formuvannia ekoloho-ekonomichnogo mekhanizmu zbalansovanoho rozvytku rekreatsijnoho turyzmu v konteksti Yevrointehtratsii [Formation of ecological and economic mechanism of balanced development of recreational tourism in the context of European integration]. *Efektivna ekonomika — Efficient economy*, 6, 1–6 [in Ukrainian].
3. Babikova, K.O. (2021). Metodychni aspekty otsiniuvannia resursnogo potentsialu rekreatsijnoho turyzmu v konteksti Yevrointehtratsii Ukrainy [Methodological aspects of assessing the resource potential of recreational tourism in the context of Ukraine's European integration]. *Ahrosvit — Agrosvit*, 13–14, 25–31 [in Ukrainian].
4. Drebot, O.I. & Babikova, K.O. (2020). Aspekty rozvytku rekreatsijnoho turyzmu zbalansovanoho pryrodokorystuvannia [Aspects of development of recreational tourism of balanced nature use]. *Ahrosvit — Agrosvit*, 12, 42–47 [in Ukrainian].
5. Khmelevs'kyj, O.V. & Koshivs'ka, M.V. (2018). Rozvytok turyzmu v konteksti Yevrointehtratsii Ukrainy [Tourism development in the context of Ukraine's European integration]. *Pryazovs'kyj ekonomichnyj visnyk — Pryazovskiy economic herald*, 2 (07), 15–21 [in Ukrainian].
6. Babikova, K.O. (2020). Teoretychni aspekty ekolohichnoho turyzmu ta napriamy zbalansovanoho rozvytku v turystychnij haluzi [Theoretical aspects of ecological tourism and directions of balanced development in the tourism industry]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia — Balanced nature management*, 1, 43–49 [in Ukrainian].
7. Babikova, K.O. (2021). Instytutsijni aspekty rozvytku rekreatsijnoho turystychnoho pryrodokorystuvannia [Institutional aspects of development of recreational tourist nature use]. *Ekonomichni nauky — Economic sciences*, 8, 24–28 [in Ukrainian].
8. Drebot, O.I. & Babikova, K.O. (2020). Ekoloho-ekonomichna otsinka rekreatsijnoho-turystychnoho pryrodokorystuvannia [Ecological and economic assessment of recreational and tourist nature management]. *Ahroekolohichnyj zhurnal — Agroecological journal*, 1, 140–148 [in Ukrainian].
9. Babikova, K.O. (2021). Systemnyj pidkhid do ekoloho-ekonomichnoho zabezpechennia zbalansovanoho rozvytku rekreatsijnoho turyzmu [System approach to ecological and economic provision of balanced development of recreational tourism]. *Ekonomichna nauka — Economic science*, 5, 44–47 [in Ukrainian].
10. Stupen', N.M. Udoshkalennia metodiv ekoloho-ekonomichnogo upravlinnia rozvytkom rekreatsijnykh terytorij [Improving methods of ecological and economic management of the development of recreational areas]. *Ekonomichna nauka — Economic science*, 11, 34–38 [in Ukrainian].
11. Halushkina, T.P., Fomenko, V.A. & Bulysheva, D.V. (2012). Rekreatsijne zemlekorystuvannia v systemi rehional'noho ekolohichnoho menedzhmentu pryberezhnykh terytorij [Recreational land use in the system of regional ecological management of coastal territories]. *Ekonomika: realii chasu — Economics: time realities*, 3–4 (4–5), 152–156 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 06.06.2021

ЕКОЛОГІЧНІ ПЕРЕВАГИ ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОБІОМЕТОДУ В ІНТЕГРОВАНІЙ СИСТЕМІ ЗАХИСТУ РОСЛИН

О.В. Шерстобоева¹, А.Б. Крижанівський², А.І. Крижко¹

¹ Інститут агроекології і природокористування НААН
(м. Київ, Україна)

e-mail: ovsher@ukr.net; ORCID: 0000-0001-8239-0847

² Інститут прикладної біотехнології БТУ-Центр

(с. Софіївська Борщагівка, Києво-Святошинський р-н, Київська обл., Україна)

e-mail: Andrew.506@ukr.net

У статті наведено аналіз сучасних вітчизняних та світових літературних даних щодо застосування мікробіометоду у захисті рослин. Доведено, що біопрепарати на основі різних біотипів ентомопатогенних бактерій *Bacillus thuringiensis*, завдяки високій специфічності до різних видів комах та нешкідливості для імаго бджіл, теплокровних і прісноводних організмів, залишаються на провідному місці в системах інтегровано-го захисту рослин в усьому світі. На їх долю припадає до 95% усіх біоінсектицидів. Будучи природними елементами біоценозів, ентомопатогенні мікроорганізми не завдають шкоди рослинам. Більше того, внесення ряду бактерій у ґрунт і на поверхню рослин сприяє росту сільськогосподарських культур і збільшенню їх урожайності. До переваг біопрепаратів відносять високу ефективність та специфічність дії, меншу витрату при більшій ефективності для сприятливих видів, абсолютну нешкідливість для ссавців і корисної фауни. Заміна токсичних хімічних пестицидів препаратами *B. thuringiensis* зменшує і токсичне навантаження на працівників сільського господарства *B. thuringiensis* та її токсини добре і швидко деградують у філоплані внаслідок впливу ультрафіолетового випромінювання. Дія бактерії на нецільові організми мінімальна. Враховуючи економічну неконкурентоспроможність біоінсектицидів порівняно з хімічними інсектицидами, їх застосування в інтегрованих системах захисту доцільне для контролю фітофагів, проти яких вони високоефективні. Негативним наслідком хімічних інсектицидів є не лише забруднення навколишнього середовища та отриманої продукції, а й формування і розповсюдження резистентних рас і популяцій шкідників. Внаслідок систематичного використання хімічних засобів частина комах, що залишились живими, дає потомство, яке є стійким до цих засобів, тому винаходити все нові та нові хімічні засоби, що, своєю чергою, пов'язано зі значними затратами. Недоліками використання отрутохімікатів є також певний термін їх зберігання, після закінчення якого вони втрачають токсичність для комах, але при цьому зростає їх фітотоксичність, тобто здатність викликати опіки листків та інших органів рослин. Більша вартість мікробіометоду виправдовується відсутністю негативних віддалених наслідків, які дає масове застосування хімічних інсектицидів.

Ключові слова: мікробіометод, інсектициди, біопрепарати, захист рослин, екологічні ризики.

За останній час у галузі землеробства та сільськогосподарського виробництва виникли серйозні тривожні тенденції, такі як зниження родючості ґрунтів, високі втрати врожаїв за рахунок шкідників, збудників хвороб, рудерально-сегетальної фітобіоти, екологічне неблагополуччя агроландшафтів, забруднення, яке викликане антропогенним впливом, у тому числі і хімікатами,

що веде до зниження якості сільськогосподарської продукції. Нині стає очевидним, що здійснювані раніше заходи щодо використання та охорони природних ресурсів явним чином недостатні і не можуть вирішити проблему захисту навколишнього середовища. Багаторічна практика застосування хімічних пестицидів свідчить, що багато з них є токсикантами широкого спектра дії. Пестициди можуть накопичуватися і циркулювати в навколишньому

середовищі, порушувати природні біоценози, завдавати шкоди корисним видам тварин, здоров'ю людини, створювати потенційну загрозу віддалених шкідливих наслідків [1].

У ХХ ст. було розроблено концепцію фітосанітарної оптимізації рослинництва. Вона прийшла на зміну інтенсивного хімічного захисту на основі використання пестицидів за схемою календарних обробок, які ігнорують фактичний стан посівів, в інтегрованому захисті рослин. Нова концепція передбачає переважне використання біологічних та агротехнічних методів. Така зміна орієнтації зумовлена тим, що хімічні пестициди поряд із перевагами (швидке і різке зниження чисельності більшості видів комах) володіють і істотними недоліками, такими, як накопичення залишків хімікатів у сільськогосподарській продукції, забруднення навколишнього середовища (водойм, ґрунту, повітря), знищення нецільових об'єктів (корисних комах, риб, птахів) та інші. Найбільш приваблива альтернатива хімічним пестицидам — природні агенти (ентомофаги, гербіфаги й мікроорганізми), що регулюють чисельність фітофагів, збудників хвороб рослин і бур'янів у природних біоценозах [2].

Ще наприкінці ХІХ ст. український вчений І.І. Мечников обґрунтував і реалізував можливість використання ентомопатогенних грибів проти комах-фітофагів сільськогосподарських культур, що спонукало дослідників різних країн до розробки біологічних препаратів. Так, у 1915 р. співвідношення біологічних і хімічних інсектицидів, що вироблялось у світі було 1:1, однак до середини століття воно вже становило 1:20. Таке різке падіння інтересу до біопрепаратів пояснювалось широким і успішним використанням розробленого хімічного інсектициду ДДТ. Однак незабаром захоплення з приводу його використання змінилися глибоким розчаруванням, оскільки наслідки його застосування виявилися і залишаються досі дуже серйозними.

Тому відновився інтерес до біологічних методів захисту, з'явилися препарати ен-

тобактерин і дендробацилін, був введений у дію завод із промислового виробництва біопрепаратів. Активізувалися дослідження з використання ентомофагів для захисту рослин.

Загальна криза економіки та аграрного сектору, яка розпочалась у 90-ті роки минулого століття, негативно позначилась і на біологічному захисті рослин. Однак незабаром знову намітилась тенденція зростання ролі біологічних методів у загальній системі інтегрованого захисту рослин, виникла нова ідеологія біологічного захисту, адаптована до регіональних умов, заснована на використанні розширення асортименту біологічних засобів захисту рослин та збереженні природних регуляторів чисельності шкідливих видів [2].

Світові об'єми ринку біопестицидів нині становлять понад 5 млрд дол., або близько 5% ринку засобів захисту рослин. За даними DunhamTrimme, IBMA, FIBL 67% усіх компаній, що виробляють біопестициди, знаходяться у Північній Америці і в Європі, Азіатсько-Тихоокеанський регіон — 16%, Латинська Америка — 15% і 5% в інших країнах [3].

Ринок біопестицидів знаходиться на стадії становлення жорсткої конкуренції. Певне значення мають і соціальні фактори, пов'язані з виробництвом та використанням генномодифікованих мікроорганізмів. Перевагами біопестицидів є і той фактор, що вартість розробки та впровадження у практику для них значно нижча, ніж для хімічних препаратів, сягає, відповідно 2 млрд дол., порівняно з 60 млн дол. та 140 тис. дол. порівняно з 20 млн дол. відповідно. Зменшення вартості виробництва біопестицидів досягається шляхом оптимізації умов вирощування бактерій і використання економічних поживних середовищ [4].

Хімічні пестициди мають низку істотних недоліків, вони є дорогими, потребують використання складної та дорогої техніки, але головне — завдають шкоди довкіллю, призводять до знищення корисних комах, є токсичними і можуть накопичуватись у плодах. Внаслідок систематичного вико-

ристання хімічних засобів частина комах, що залишилися живими, дає потомство, яке є стійким до цих засобів, тому винаходять все нові та нові хімічні засоби, що, своєю чергою, пов'язано зі значними затратами. Недоліками використання отрутохімікатів є також певний термін їх зберігання, після закінчення якого вони втрачають токсичність для комах, але при цьому зростає їх фітотоксичність, тобто здатність викликати опіки листків та інших органів рослин. Як правило, період зберігання отрутохімікатів не перевищує 1,5–2 років при строгому дотриманні правил зберігання. Залишки пестицидів, непридатні для подальшого застосування, підлягають знищенню на спеціальних підприємствах [5].

З іншого боку, надлишкове пестицидне навантаження призвело до зниження ролі природних факторів (хижаки, паразити, патогени) в регулюванні чисельності рослиноїдних організмів. У результаті відбулося не тільки впровадження нових шкідників, а й розширення кола і ареалу доміантних та економічно значущих видів за рахунок організмів, що не привертало раніше уваги. Серед них відзначені як карантинні об'єкти, так і вірусоносії, наприклад, каліфорнійський трипс, тютюнова білокрилка, багато нематод, що переносять віруси томатів, огірків, картоплі і т. д. [6].

Негативні наслідки надмірного заповнення швидкодійними хімічними препаратами в гонитві за миттєвим ефектом неминуче повинні привести до формування та розповсюдження резистентних рас і популяцій шкідників. У середині минулого століття налічували до 120 резистентних видів комах, у т. ч. й стійких до хлор- і фосфорорганічних пестицидів. У 2012 р. у світі було зареєстровано вже понад 10 тис. випадків резистентності до 338 речовин у 574 видів членистоногих [7; 8].

Однією із складових інтегрованого захисту є мікробіологічний метод, який ґрунтується на використанні ентомопатогенних мікроорганізмів — природних паразитів шкідливих комах. Мікробні препарати характеризуються високою вибірковістю інсектицидної дії, безпечністю для рослин,

корисних комах, риб, теплокровних тварин та людини [9; 10].

Перевагою біологічних препаратів, основою яких є мікроорганізми та їх метаболіти, є той факт, що агенти біопрепаратів є безпечними для навколишнього середовища, тому що вони є компонентами природних біоценозів. З огляду на природу біоагента, мікробні препарати поділяють на такі групи: бактеріальні, грибні, вірусні, рикетсiальні, протозойні. Біопрепарати можуть бути також комплексними, якщо містять два і більше компонентів, що належать до різних груп [11].

У світі використання мікробних препаратів для захисту рослин не дуже поширено через низку причин. Так, порівняно з хімічними інсектицидами вони мають вузький спектр активності щодо комах, для них характерна нестабільність мікробних агентів за зберігання та у польовому використанні [12]. Однак зменшення збитків від комах-шкідників, відсутність хімічних полютантів в отриманій продукції є безумовно позитивним фактором. До переваг біопрепаратів відносять високу ефективність, пролонгованість (захисний ефект зберігається до 18 діб) та специфічність дії, меншу витрату при більшій ефективності для сприятливих видів, абсолютну нешкідливість для ссавців і корисної фауни. Заміна токсичних хімічних пестицидів препаратами *B. thuringiensis* зменшує і токсичне навантаження на працівників сільського господарства [13].

Формально вплив на стан навколишнього середовища рідко розглядається при вивченні мікробних пестицидів, оскільки він важко піддається оцінці, зважаючи на складнощі обліку та прогнозування росту мікроорганізмів. Однак поведінка та властивості *Bacillus thuringiensis* ретельно вивчена. Щодо ризику відомо, що *B. thuringiensis* та її токсини добре і швидко деградують у філоплані внаслідок впливу ультрафіолетового випромінювання. Дія бактерії на нецільові організми мінімальна [14].

Встановлено, що біопрепарати на основі *B. thuringiensis* в рекомендованих дозах не шкідливі для імаго бджіл. Препарати не

спричиняють будь-якого впливу на теплокровні та прісноводні організми [12; 15; 16].

Будучи природними елементами біоценозів, ентомопатогенні мікроорганізми не завдають шкоди рослинам. Більше того, внесення ряду бактерій у ґрунт і на частини рослин сприяє росту сільськогосподарських культур і збільшенню врожаю [17]. Щодо термостабільного екзотоксину, що входить до складу біопрепаратів типу бітоксинациліну, то він має потенційну мутагенну активність щодо рослин [18].

Необхідно передбачити і те, що після застосування мікробних препаратів комахі якийсь час можуть продовжувати харчування, хоч і з меншою інтенсивністю. У цьому випадку, ймовірно, деяке зниження товарного вигляду продукції, однак, воно компенсується скороченням терміну очікування і екологічною чистотою врожаю.

За свідченням практиків, захист овочевих та плодівих культур за допомогою мікробних препаратів вимагає таких самих витрат, як і використання хімічних засобів, а їх застосування в садах із низьким рівнем різноманітності і чисельності шкідників обходиться на 15–20% дешевше [19]. Є дані про побічну позитивну дію обробки дерев препаратом *B. thuringiensis*, а саме зниження фітопатогенних мікроміцетів на поверхні листя яблуні, і хоч незначне, але достовірне зниження ураження рослин паршею [20]. Тому, крім ефективного захисту рослин від шкідливих комах, біопрепарати знижують загальний пестицидний прес на агроценози та навколишнє середовище.

Біопрепарати на основі різних варіантів *B. thuringiensis* посідають провідне місце в системах інтегрованого захисту рослин [21; 22]. На їх долю припадає до 95% усіх біоінсектицидів [23; 24]. Такі препарати умовно поділяють на три групи. До першої групи належать препарати, діючим агентом яких є спори бактерій та кристали ендотоксину. До них належать Лепідоцид-БТУ, Бітоксинацилін-БТУ ентобактерин, інсектин, БІП (Україна, Росія), дипел, турицид, біотро-ВТВ (США), спореїн, бактоспеїн (Франція), батурин (Чехія), диспарин (Болгарія) та ін. [25].

Друга група препаратів поряд зі спорами і кристалами містить ще термостабільний екзотоксин. До цієї групи відносять бітоксинацилін та турінгін (Росія), мускобак (Фінляндія), рекомендований проти личинок мух, а також АВГ-6146 (США), що містить 55% екзотоксину, рекомендований проти довгоносиків [25; 26].

Третя група представлена препаратами, що містять очищені токсини, наприклад, туринтакс на основі екзотоксину (Румунія). В Японії одержують препарати на основі білкових кристалів ендотоксину [25].

Як неоліком, так і перевагою більшості існуючих бактеріальних препаратів є вузький спектр інсектицидної дії, їх висока специфічність. Біобіт, форей, дипел, турицид, бактоспеїн, флорбак, костар — активні проти комах ряду *Lepidoptera*; новодор, трідент, бацикол — проти комах ряду *Coleoptera*, бактокуліцид, москитур — проти комах ряду *Diptera* [22]. Такі мікробні препарати найбільш ефективні при застосуванні для захисту дикоростучих рослин, які частіше уражуються монопопуляціями шкідників. Що стосується сільськогосподарських культур, у тому числі тих, що вирощуються в умовах захищеного ґрунту, то досить часто виникають ситуації, коли рослини одночасно уражуються шкідниками, що належать до різних систематичних груп, чисельність яких потрібно контролювати.

Розширити спектр дії препаратів вчені намагаються створенням рекомбінантних штамів-продуцентів. Так, було отримано препарат — Равен (виробник EcoGen), активний проти комах рядів *Lepidoptera* *Coleoptera* [24].

ВИСНОВКИ

Таким чином, враховуючи відсутність дії біоінсектицидів на більшість видів корисної ентомофауни, їх застосування в інтегрованих системах захисту рослин є доцільним. Їх економічна неконкурентоспроможність виправдовується відсутністю екологічних негативних наслідків, зокрема видалених, які має масове застосування хімічних інсектицидів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Жученко А.А. Экологическая генетика культурных растений и проблемы агросферы (теория и практика): моногр. Москва: ООО «Издательство Агрорус», 2004. 466 с.
2. Крижанівський А.Б. Вплив інсектицидів на основі *Bacillus thuringiensis* на шкідливу ентомофауну яблуневого саду. *Агроекологічний журнал*. 2013. № 4. С. 127–129.
3. Український ринок біопрепаратів росте — дослідження. URL: <https://btu-center.com/news/ukrainskiy-rinok-biopreparativ-roste-doslidzhennya.html>
4. Добрица А.П. и др. Разработка биопестицидов против колорадского жука. *Российский Химический Журнал*. 2001. Т. 45. № 5–6. С. 174–184.
5. Екологічна безпека агропромислового виробництва: моногр. / за ред. О.І. Фурдичка і А.Л. Бойка. Київ: ДІА, 2013. 416 с.
6. Brown D. and Weischer B. Specificity, exclusivity and complementarity in the transmission of plant viruses by plant parasitic nematodes: An annotated terminology. *Fundamental and Applied Nematology*. 1998. № 21(1). P. 1–11.
7. Šestović M. Problem rezistentnosti insekata s aspecta integralne zaštite biljaka. *Agron. glas.* 1974. 36. № 9–12. P. 603–610.
8. Whalon M.E., Mota-Sanchez D. and Hollingworth R.M. Global pesticide resistance in arthropods. MRM Graphics Ltd, Winslow, UK, 2018. 177 p.
9. Крижанівський А.Б., Шерстобоева О.В. Реакція фотосинтетичного апарату яблуні на хімічний та біологічний засоби захисту від шкідливих комах. *Збалансоване природокористування*. 2014. № 4. С. 137–139.
10. Крижанівський А.Б. Вплив штамів *Bacillus thuringiensis* Конфідор екстра на ферментативну активність у листках яблуні. *Агроекологічний журнал*. 2015. № 3. С. 133–136.
11. Molinatto G. et al. Key impact of an uncommon plasmid on *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* S499 developmental traits and lipopeptide production. *Frontiers in Microbiology*. 2017. № 8. P. 66–71.
12. Крижанівський А.Б., Пасічник Т.В. Алелопатична дія листя яблуні на ентомопатогенні штамми *Bacillus thuringiensis*. *Агроекологічний журнал*. 2015. № 2. С. 117–120.
13. Eugene W. et al. 100 years of *Bacillus thuringiensis*: A Critical Scientific Assessment. American society for microbiology. 2002. 22 p.
14. Dreghal O.A. et al. Strains of soil microorganisms promising for the creation of a complex plant protection product against mycoses and harmful insects. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 9 (1). 2018. P. 68–74.
15. Sherstoboeva O.V. and Kryzhanivskiy A.B. Apple tree allelopathic action on protection abilities of *Bacillus thuringiensis* from pest insects. *Microbiological aspects of optimization of the production process of cultured crops: proceedings of the International Scientific and Practical Internet Conference* (Chernihiv, June 16–18, 2015). Chernihiv, 2015. P. 36–37.
16. Baum J.A. and Johnson B.C. *Bacillus thuringiensis* natural and recombinant bioinsecticide products. *Method in biotechnology*. 2008. № 5. P. 189–209.
17. Шерстобоева О.В., Демидов О.А., Крижанівський А.Б. Вплив ентомопатогенних бактерій *Bacillus thuringiensis* на урожайність і якість плодів яблуні. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2016. № 23. С. 49–53.
18. Крижко А. Вплив штамів *B. thuringiensis* на на пігментний апарат листя картоплі. *Агроекологічний журнал*. 2009. № 2. С. 111–114.
19. Ткаленко Г. Біологічні препарати в захисті рослин. *Пропозиція*: спец. випуск. 2015. С. 2–16.
20. Крижанівський А.Б., Громова О.П. Ефективність біологічних препаратів для захисту яблуневих насаджень від листогризучих шкідників. *Карантин і захист рослин*. 2015. № 8 (228). С. 13–15.
21. Патыка В.Ф., Патыка Т.И. Экология *Bacillus thuringiensis*. Киев: ПДАА, 2007. 216 с.
22. Патыка Т.И., Патыка Н.В., Патыка В.Ф. Энтомоцидная и ларвицидная активность *Bacillus thuringiensis*. *Научовий вісник Ужгородського університету*. Сер. Біол. 2009. № 25. С. 8–12.
23. Кандыбин Н.В., Ермолова В.П., Патыка Т.И. К вопросу формирования резистентности насекомых к *Bacillus thuringiensis*: тезис доповідей XII з'їзду Товариства мікробіологів України ім. С.М. Виноградського (25–30 травн., 2009 р.). Ужгород: «Патент», 2009. С. 306.
24. Navon A. *Bacillus thuringiensis* insecticides in crop protection — reality and prospects. *Crop Protection*. 2020. № 19. P. 669–676.
25. Бровдій В.М., Гулий В.В., Федоренко В.П. Біологічний захист рослин: навч. посіб. Київ: Світ, 2004. 348 с.
26. Кадырова Г.Х., Шакиров З.С., Халилов И.М., Федорова Т.А. Изучение β-екзотоксина у местных штаммов бактерий *Bacillus thuringiensis*: тезис доповідей XII з'їзду Товариства мікробіологів України ім. С.М. Виноградського (25–30 трав. 2009 р.). Ужгород: «Патент» 2009. С. 409.

REFERENCES

1. Zhuchenko, A.A. (2004). *Jekologicheskaja genetika kulturnykh rastenij i problemy agrosfery (teorija i praktika) [Ecological genetics of cultivated plants and problems of the agrosphere (theory and practice)]*. Moskva: LLC «PublishingHouseAgorus» [in Russian].
2. Kryzhanivskiy, A.B. (2013). Vplyv insektytsydiv na osnovi *Bacillus thuringiensis* na shkidlyvu entomofaunu yablunevoho sadu [The effect of insecticides based on *Bacillus thuringiensis* on the harmful entomofauna of the apple orchard]. *Agroekologichnyj zhurnal — Agroecological journal*, 4, 127–129 [in Ukrainian].

3. The Ukrainian market of biopreparations is growing — research. URL: <https://btu-center.com/news/ukrainian-rinok-biopreparativ-roste-doslidzen-nya.html>
4. Dobrica, A.P. et al. (2001). Development of biopesticides against the Colorado beetle. *Rossiyskiy Khimicheskii Zhurnal — Russian Chemical Journal*, 45 (5–6), 174–184 [in Russian].
5. Furdychko, O.I. & Bojko, A.L. (Eds.). (2013). *Ekologichna bezpeka agropromysloвого виробництва [Ecological safety of agro-industrial production]*. Kyiv: DIA [in Ukrainian].
6. Brown, D. & Weischer, B. (1998). Specificity, exclusivity and complementarity in the transmission of plant viruses by plant parasitic nematodes: An annotated terminology. *Fundamental and Applied Nematology*, 21 (1), 1–11 [in English].
7. Šestović, M. (1974). Problem rezistentnosti insekata s aspekta integralne zaštite biljaka. *Agron. glas.*, 36 (9–12), 603–610 [in English].
8. Whalon, M.E., Mota-Sanchez, D. & Hollingworth, R.M. (2018). Global pesticide resistance in arthropods. MRM Graphics Ltd, Winslow, UK [in English].
9. Kryzhanivskiy, A.B. & Sherstoboyeva, O.V. (2014). Reaktsiia fotosyntetichnyho aparatu yabluni na khimichniyi ta biolohichniyi zasoby zakhystu vid shkidlyvykh komakh [The reaction of the photosynthetic apparatus of the apple tree to chemical and biological means of protection against harmful insects]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia — Balanced nature management*, 4, 137–139 [in Ukrainian].
10. Kryzhanivskiy, A.B. (2015). Influence of *Bacillus thuringiensis* and Konfidor extra strains on enzymatic activity in apple leaves [Vplyv shtamiv *Bacillus thuringiensis* i Konfidor ekstra na fermentatyvnu aktyvnist u lystkakh yabluni]. *Agroekologichnyy zhurnal — Agroecological journal*, 3, 133–136 [in Ukrainian].
11. Molinatto, G. et al. (2017). Key impact of an uncommon plasmid on *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* S499 developmental traits and lipopeptide production. *Frontiers in Microbiology*, 8, 66–71 [in English].
12. Kryzhanivskiy, A.B. & Pasichnyk, T.V. (2015). Allelopatychna diia lystia yabluni na entomopatohenni shtamy *Bacillus thuringiensis* [Allelopathic action of apple leaves on entomopathogenic strains of *Bacillus thuringiensis*]. *Agroekologichnyy zhurnal — Agroecological journal*, 2, 117–120 [in Ukrainian].
13. Eugene, W. et al. (2002). 100 years of *Bacillus thuringiensis*: A Critical Scientific Assessment. American society for microbiology, 22 [in English].
14. Drehal, O.A. et al. (2018). Strains of soil microorganisms promising for the creation of a complex plant protection product against mycoses and harmful insects. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 9 (1), 68–74 [in Russian].
15. Sherstoboieva, O.V. & Kryzhanivskiy, A.B. (2015). Apple tree allelopathic action on protection abilities of *Bacillus thuringiensis* from pest insects. Microbiological aspects of optimization of the production process of cultured crops: proceedings of the international scientific and practical internet conference (p. 36–37). Chernihiv [in English].
16. Baum, J.A. & Johnson, B.C. (2008). *Bacillus thuringiensis* natural and recombinant bioinsecticide products. *Method in biotechnology*, 5, 189–209 [in English].
17. Sherstoboieva, O.V., Demydov, O.A. & Kryzhanivskiy, A.B. (2016). Vplyv entomopatohennykh bakterii *Bacillus thuringiensis* na urozhaist i yakist plodiv yabluni [Influence of entomopathogenic bacteria *Bacillus thuringiensis* on yield and quality of apple fruits]. *Silskohospodarska mikrobiolohiia — Agricultural microbiology*, 23, 49–53 [in Ukrainian].
18. Kryzhko, A. (2009). Vplyv shtamiv *B. thuringiensis* na pihmentnyi aparat lystia kartopli [The effect of strains of *B. thuringiensis* on the pigment apparatus of potato leaves]. *Agroekologichnyy zhurnal — Agroecological journal*, 2, 111–114 [in Ukrainian].
19. Tkalenko, H. (2015). Biolohichni preparaty v zakhysti roslin [Biological preparations in plant protection]. *Propozytsiia: spets. vypusk — Offer: special issue*, 1, 2–16 [in Ukrainian].
20. Kryzhanivskiy, A.B. & Gromova, O.P. (2015). Efektyvnist biolohichnykh preparatv dlia zakhystu yablunevykh nasadzen vid lystohryzuchykh shkidnykyv [Effectiveness of biological preparations for protection of apple plantations from leaf-biting pests]. *Karantyn i zakhyst Roslyn — Quarantine and plant protection*, 8 (228), 13–15 [in Ukrainian].
21. Patyka, V.F. (2007). *Jekologija Bacillus thuringiensis [Ecology of Bacillus thuringiensis]*. Kyiv: PDAA Publishing House [in Russian].
22. Patyka, T.I., Patyka, N.V. & Patyka, V.F. (2009). Jentomocidnaja i larvicidnaja aktivnost' *Bacillus thuringiensis* [Entomocidal and larvicidal activity of *Bacillus thuringiensis*]. *Naukovyy visnyk Uzhhorodskoho universytetu — Scientific Bulletin of Uzhhorod University. Ser. Biol.*, 25, 8–12 [in Russian].
23. Kandybin, N.V., Ermolova, V.P. & Patyka, T.I. (2009). K voprosu formirovanija rezistentnosti nasekomyh k *Bacillus thuringiensis* [On the formation of insect resistance to *Bacillus thuringiensis*]. *XII z'ezd Tovarystva mikrobiologiv Ukrainy im. S.M. Vinogradskogo [XII Congress of the Society of Microbiologists of Ukraine named after S.M. Vinogradsky]*. Uzhgorod «Patent» (p. 306) [in Russian].
24. Navon, A. (2020). *Bacillus thuringiensis* insecticides in crop protection — reality and prospects. *Crop Protection*, 19, 669–676 [in English].
25. Brovdii, V.M., Hulyi, V.V. & Fedorenko, V.P. (2004). *Biolohichniyi zakhyst roslin: navchalnyi posibnyk [Biological plant protection: a textbook]*. Kyiv: Svit [in Ukrainian].
26. Kadirova, G.Ch., Shakirov, Z.S., Chalilov, I.M. & Fedorova, T.A. (2009). Izuchenie β -ekzotoksina u mestnykh shtammov bakterii *Bacillus thuringiensis* [The study of β -exotoxin in local bacterial strains of *Bacillus thuringiensis*]. *XII z'ezd Tovarystva mikrobiologiv Ukrainy im. S.M. Vinogradskogo [XII Congress of the Society of Microbiologists of Ukraine named after S.M. Vinogradsky]*. Uzhgorod «Patent» (p. 409) [in Russian].

Стаття надійшла до редакції журналу 02.06.2021

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАСОЛЕНОСТІ ҐРУНТІВ ІНГУЛЕЦЬКОЇ ЗРОШУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЗА СУПУТНИКОВИМИ ДАНИМИ У СИСТЕМІ УПРАВЛІНСЬКИХ ЗАХОДІВ ІЗ ХІМІЧНОЇ МЕЛІОРАЦІЇ

В.П. Ковальчук, О.П. Войтович

*Інститут водних проблем і меліорації НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: volokovalchuk@gmail.com; ORCID: 0000-0001-7570-1264
e-mail: aleksvoitovych@gmail.com; ORCID: 0000-0002-1513-4744*

У публікації наведено використання даних мультиспектральних космічних знімків для обґрунтування управлінських заходів із хімічної меліорації засолених ґрунтів Інгулецької зрошувальної системи. Для отримання NDVI, індексів оцінки засолення ґрунту, зокрема індекс засолення ґрунту (VSSI), Salinity index та нормалізований індекс засоленості ґрунту (NDSI) використані зображення Landsat 8 OLI. Дослідна ділянка — сільськогосподарські поля в Снігурівському р-ні Миколаївської обл. на Інгулецькій зрошувальній системі. Проведено валідацію для умов України на чорноземах південних сольових індексів (VSSI, NDSI, SI), показало найкращу придатність NDSI. За допомогою розрахованих діапазонів індексів, що характеризують градації засолення, визначено їх відсоткове співвідношення для кожного дослідного поля пілотного об'єкта. Рекомендовано загальний обсяг фосфогіпсу для хімічної меліорації. Запропоновані норми внесення гіпсу можуть слугувати агровиробникові певним орієнтиром при прийнятті управлінського рішення із проведення хімічної меліорації сільськогосподарських угідь. На основі поєднання даних супутникового моніторингу і розрахунків доз хіммеліорантів за авторським онлайн-калькулятором господарство зможе оціночно визначити доцільність й економічну ефективність проведення заходів із хімічної меліорації ґрунтів. Додаткова практична цінність методики дистанційного визначення меж та площі засолення полягає у можливості планування відбору ґрунтових проб із певних точок поля, оптимізації кількості проб ґрунту для проведення хімічного аналізу у лабораторії. Результати дослідження демонструють, що зображення Landsat 8 OLI виявляють високий потенціал просторово-часового моніторингу засоленості верхніх шарів ґрунту. Це дослідження буде корисним для планування сільськогосподарської діяльності шляхом картографування засоленості ґрунту з розрахунком доз хімічних меліорантів для зменшення економічних втрат в умовах зміни клімату. Запропонований нами метод, що оцінює солоність ґрунту за допомогою супутникових знімків та пропонує дози хіммеліорантів завдяки інформаційним технологіям, може бути потенційно корисним, як швидкий підхід для виявлення солоності ґрунту в інших регіонах України і світу за низької вартості та значної точності.

Ключові слова: сольові індекси, аналіз ґрунту за супутниковими знімками, NDVI, NDSI, градації засоленості, розрахунок площі засоленості ґрунту, автоматичний розрахунок дози хіммеліорантів, гіпсування фосфогіпсом.

ВСТУП

Засолення та осолонцювання ґрунту — це взаємопов'язані динамічні явища, які можуть відбуватися природним чином (первинне засолення внаслідок підняття рівня моря, ґрунтових вод) або в результаті людської діяльності (вторинне засолення внаслідок урбанізації або зрошення) збагачення ґрунту розчиненням солі до шкідли-

вих рівнів на поверхні ґрунту або поблизу нього [1; 2], що зумовлює до модифікації біохімічних особливостей ґрунту. Вторгнення солоності відбувається, коли солі розчиняються у воді та накопичуються в ґрунті на рівні, який впливає на сільськогосподарське виробництво, навколишнє середовище. Під час початкової фази солоність впливає на метаболізм ґрунтових організмів і знижує продуктивність землі.

На наступній фазі він знищує всі рослини та інші організми, що живуть у ґрунті. Згодом відбувається входження до ґрунтового поглинального комплексу (ГПК) катіонів калію та натрію — розвивається осолонцювання ґрунту.

Отже, вторгнення засоленості є одним із чинників впливу, що спричиняє до сольової деградації земель та викликає значну загрозу для сталого землекористування. Якщо запобігти цим негативним явищам не вдається, одним із ефективних заходів поліпшення ситуації є хімічна меліорація ґрунту. Застосування цього управлінського заходу потребує здійснення великого комплексу ґрунтових обстежень і лабораторних досліджень ґрунту. Для оціночних розрахунків застосовуються методи дистанційного супутникового моніторингу. Кількісні величини управлінського заходу, дози хімічних меліорантів, можна отримати за допомогою розрахункових методів із використанням інформаційних технологій [3].

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Численні публікації результатів досліджень зі супутникового моніторингу і використання багатоспектральних супутникових знімків із метою визначення величин засоленості ґрунту показали широкі можливості картографування засоленості за допомогою даних Landsat [4–6]. Douaoui (Дуауї) та ін. (2006) [7] порівняв 11 індексів, отриманих із супутникових знімків, з роздільною здатністю 20 м, зібраних під час літньої експедиції 1997 р. Sumfleth і Duttmann (2008) [8] модифікували метод ідентифікування розташування засолених ділянок, використовуючи дані аналізу ґрунту та супутникову інформацію. Їх кореляційний аналіз показав, що розподіл вмісту солі має тісний взаємозв'язок з NDVI.

Nguyen, K.A. та ін. [9] оцінили поширення засоленості в дельті Меконгу, В'єтнам. Для отримання індексів використовувалось зображення Landsat 8 OLI, для оцінки солоності ґрунту: індекс солоності ґрунту (VSSI), ґрунтова коригуючий вегетаційний

індекс (SAVI), індекс нормалізований диференційний вегетаційний індекс (NDVI) та нормалізований індекс солоності ґрунту (NDSI). У публікації [10] узагальнили можливість і доцільність використання сольових індексів для оцінки ступеня засоленості ґрунтів із використанням мульти-спектральних індексів супутникових зображень Landsat 8 OLI. У публікації [11] запропоновано градації засоленості ґрунту, використовуючи індекси засоленості, у т.ч. NDSI. В усіх трьох зазначених публікаціях наводяться відповідні порогові значення вмісту солей у ґрунті відносно до градацій його засоленості на основі значень електропровідності. Електропровідність отримано за допомогою наземних спостережень.

В Україні наземні спостереження здійснюються з метою отримання даних, що підтверджують характерні ознаки складових довілля та його стану, а також інформації, що підтверджує дані супутникових знімків, наприклад [12; 13] та ін.

Шевченком і Власовою [14; 15] класифіковано супутникові зображення на п'ять ступенів засолення: незасолені, незасолені з підвищеним вмістом хлору, слабозасолені, середньозасолені, сильнозасолені. Авторами встановлено, що індекс NDVI є показником наявності галофітів і непрямим показником ступеня засолення ґрунту за станом сільськогосподарських культур. Однак цей показник не може використовуватись для ідентифікації засолення ґрунтів за відсутності рослинного покриття. Серед існуючих сольових індексів для умов України рекомендують індекс NDSI. На відміну від закордонних джерел, які для наземної завірки рівня засоленості ґрунту використовують електропровідність ґрунту, автори [15] порівняли карти просторового розподілу NDSI з результатами ґрунтово-сольової зйомки зрошуваних і штучно дренажних земель Каланчацької зрошувальної системи, зокрема з картами засолення ґрунтів. Результати свідчать про можливість ідентифікації засолених земель шляхом визначення NDSI, так і про найбільш точне відображення за розподілом цього індексу ступеня засолення

ґрунтів приповерхневого шару потужністю до 0,25 м.

Після дистанційного оцінювання ступеня засоленості ґрунту, обґрунтування заходів з управління сольовим режимом ґрунту може здійснюватись за допомогою інформаційної системи раніше розробленої авторами цієї статті [3].

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для цього дослідження обрано територію Інгулецької зрошувальної системи, яка розміщена на південних окраїнах Придніпровської і Волино-Подільської височин. Південніше розташована Причорноморська низовина. Автори [16] встановили, що в геологічному плані вся територія масиву перекрита потужною (до 40 м) товщею четвертинних суглинків різного гранулометричного складу. Шари більш важких ґрунтів, що трапляються завглибшки 6–10 м, створюють водотрив для просочування фільтраційних вод у глибші горизонти та зумовлюють утворення ґрунтових вод типу «верховодки».

Ґрунти території, за даними Публічної кадастрової карти (рис. 1) представлені чорноземами південними, темно-кашта-

новими ґрунтами та їх комплексами з солонцями різного гранулометричного складу від глинистого до середньосуглинкового.

Засолення зрошуваних земель на Інгулецькому зрошуваному масиві пов'язано з підтопленням, а також із тим, що поливи здійснювались водами підвищеної мінералізації (1,5–2,2 г/дм³) хлоридно-натрієвого складу [17]. Крім того, на нашу думку, важливу роль відіграє важкий гранулометричний склад ґрунтового покриву території і підстилаючих порід, який і зумовлює до процесів підтоплення.

Загальний стан засоленості ґрунтів (рис. 2), який використовувався для завіркового оцінювання і бази порівняння за даними [18].

Процеси сольової деградації ґрунту – засолення і осолонцювання проходять практично одночасно. У літературі [19] виділено засолення, осолонцювання, а також комплексний процес сольової деградації ґрунту засолення і осолонцювання. На нашу думку, ґрунти Інгулецької зрошувальної системи схильні до проявів засолення одночасно із осолонцюванням. Лише засоленість у ґрунті рекомендовано знижувати промиванням зрошувальною водою.

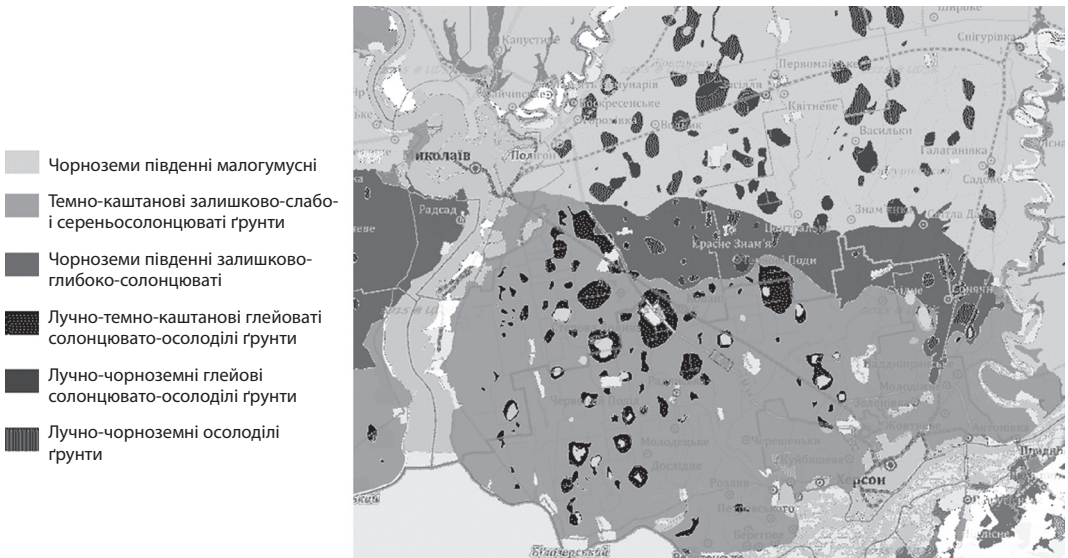


Рис. 1. Карта ґрунтового покриву (за даними Держгеокадастру України)

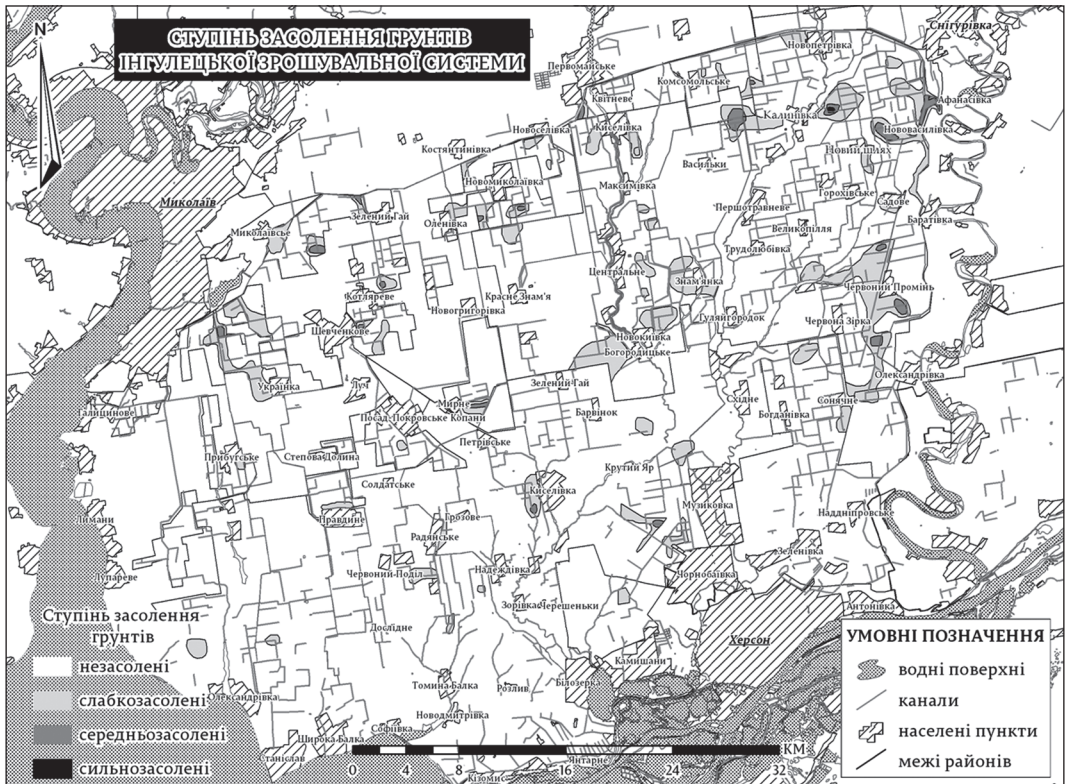


Рис. 2. Карта засолення ґрунтів Інгuleцької зрошувальної системи

Комплексні прояви сольової деградації ґрунту можливо усунути за допомогою хіммеліорації [19; 20]. Їх зовнішні прояви можливо виявити за допомогою мульти-спектральних супутникових знімків.

Використовувались мультиспектральні зображення Landsat 8 для одночасного візуального виявлення площ розповсюдження засоленості ґрунтів та математичної оцінки ступеня засоленості за спектральними характеристиками.

Робота з супутниковими знімками та розрахунок індексів проведено за допомогою ERDAS IMAGINE 2015. Кількісний аналіз пікселів, візуалізація їх за допомогою кольорового спектра здійснювалась в ArcMap 10.8.

В основу методики покладено здатність ґрунтів по-різному відбивати сонячне випромінювання залежно від їх типу [9]. Проведено аналіз супутникових знімків

для визначення зв'язку між значеннями відбивної здатності та оцінки показників засоленості ґрунту. Різниця відбивної здатності дає змогу визначити засолені ділянки у поверхневому шарі ґрунту.

Проаналізовано декілька індексів просторової оцінки засоленості. Для співвідношення певної градації ступеня засоленості ґрунту до певного вмісту солей у ґрунті використовувався нормативний документ [21]. Для розрахунку доз внесення хімічних меліорантів, гіпсовмісних матеріалів, використовувалась інформаційна система, розроблена авторами [3].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

На основі карти засолення ґрунтів Інгuleцької зрошувальної системи [18] вибрані пілотні полігони з різним ступенем засолення (рис. 3).

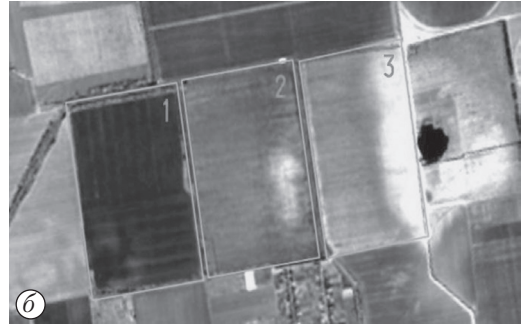


Рис. 3. Пілотний полігон з різним ступенем засолення ґрунтів Інгулецької зрошувальної системи

Дослідна ділянка – сільськогосподарські поля в Снігурівському р-ні Миколаївської обл. між сіл Калинівка і Нововасилівка північніше села Новий Шлях. Площа ділянки 412 га, що поділена на три рівні поля площею по 136 га (див. рис. 3). Географічні координати: 47.00 пн.ш., 32.69 сх.д. Ґрунтовий покрив пілотної ділянки, згідно з кадастровою картою, чорнозем південний малогумусний.

На основі аналізу літературних джерел складено перелік перспективних індексів (табл. 1).

Попередній аналіз зазначених ділянок проведено за знімком Landsat-8 за 04.03.2020: LC08_L1TP_179027_20200304_20200314_01_T1. Для оцінки рослинного покриву використовували NDVI (рис. 4, а). Середній NDVI поля № 1 = 0,67, поля № 3 = 0,63, що свідчить про подібний рівень біомаси на полях. До того ж, візуально спостерігаються неоднорідності рослинності, що корелюють з даними сольової зйомки [18].

Для визначення та оцінки меж засолення використано запропоновані нами індекси засоленості ґрунту NDSI та Salinity index 1 (рис. 4, б; 4, в).

Збільшення засоленості ґрунту має збільшувати значення NDSI та Salinity index. Порівнюючи межі індексів на рис. 4, б, можна відмітити, що за густого рослинного покриву індекс NDSI характеризує межі засолених ділянок інвертовано. На відміну від Salinity index 1, значення якого добре візуалізують межі та градації ступеня засоленості. На рис. 4, г наведено індекс засоленості ґрунту через інтенсивність біомаси Vegetation Soil Salinity Index (VSSI), де червоний колір – голий ґрунт, червоний-жовтий – рясна зелень. На певному проміжку індексів (-1,97–1,77) спостерігаються відмінності індексів VSSI пропорційно інтенсивності засолення.

Наступним кроком є валідація індексів на зазначених дослідних полях під час відсутності на них рослин. Для розрахунку та визначення діапазону індексу NDSI на полі

Таблиця 1. Індекси дистанційного визначення засоленості ґрунтів

№	Назва індексу	Формула	Література
1	Normalized Difference Salinity Index (NDSI)	$NDSI = (red - NIR)/(red + NIR)$	Khan et al. (2005)
2	Salinity index – Si1	$Si1 = (red \times NIR)/green$	Abbas and Khan (2007)
3	Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)	$NDVI = (NIR - red)/(red + NIR)$	J. Rouse (1973)
4	Vegetation Soil Salinity Index (VSSI)	$VSSI = 2 \times green - 5 \times (red + NIR)$	Dehni and Lounis (2012)

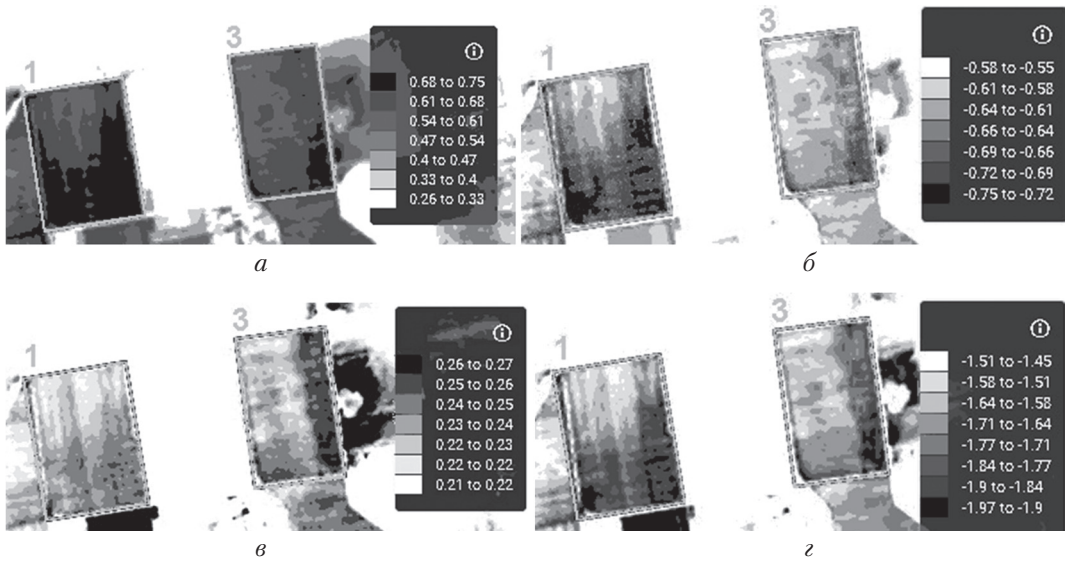


Рис. 4. Оцінка рівномірності рослинного покриву за індексами:
a – NDVI; *б* – NDSI; *в* – Salinity index 1; *z* – Vegetation Soil Salinity Index (VSSI)

отримано знімок за 12.09.20 (Landsat-8) голий ґрунт, натуральні кольори наведені на *рис. 3*. Порівнюючи два поля, бажано, щоб останні були однакові за станом (одна культура, одна технологічна обробка). Так, *рис. 3* показує, що стан полів 1 і 3 різний. На першому полі ґрунт пройшов обробіток, а на третьому ще залишається стерня. На цьому рисунку індекс для поля № 3 та № 1 сягає 0,21–0,2 та 0,16–0,15 відповідно, що характеризують незасолені ділянки ґрунту. Градації індексу сягають 0,18–0,17 (поле № 3) та 0,13–0,12 (поле № 1) характеризують засолені ділянки полів. Визначаються мінімальні та максимальні значення по кожному полю.

На основі аналізу репрезентативних ділянок Інгuleцької зрошувальної системи встановлено залежність ступенів засолення чорнозему південного від його NDSI. Встановлено, що діапазон індексів NDSI, який залежить від ступеня засоленості ґрунту, сягає 0,0375 значень індексу і залишається незмінним незалежно від рівня засоленості та стану ґрунту на полі. Для оцінки ступеня засоленості окремих ділянок поля та їх площі нижче запропоновано методику визна-

чення діапазону градацій засоленості через порівняння індексів NDSI в межах поля.

Визначення площі та ступеня засоленості кожного поля. Використовуючи визначення меж індексів, що характеризують засоленість ґрунту, використано контрольний, нульовий ступінь засолення ґрунту (незасолені), проведено розрахунки ступеня засолення на прикладі вищенаведеної пілотної ділянки окремо для кожного поля (*рис. 5*). В зв'язку з цим представлено чотири градації ступенів засолення, а діапазон індексів, що їх характеризує збільшується до 0,05. Діапазон індексів NDSI поля № 1 сягає: $NDSI_{max} = -0,125$, $NDSI_{min} = -0,164$. Різниця між мінімальним та максимальним індексом є меншою за 0,05. В такому випадку встановлюємо діапазон індексів в 0,05 пунктів і градацію ступенів засолення починаємо від найнижчого значення (-0,164). Подібний розрахунок є характерним для полів, які не мають на своїй площі всіх ступенів засолення.

При визначенні площі та градацій ступеня засоленості поля № 2, для розрахунку NDSI використовуємо знімок, на якому поле № 2 має найменші показни-

ки NDVI (0,24 – стерня): LC08_L1TP_179027_20201014_20201104. Діапазон індексів NDSI поля № 2 сягає (див. *рис. 5*): $NDSI_{max} = -0,205$, $NDSI_{min} = -0,283$. Оскільки різниця максимального та мінімального значення індексів на полі ($0,283 - 0,205 = 0,078$) є більшою за 0,05, то розрахунок градацій починаємо від найбільшого значення NDSI ($-0,205$): $-0,205 - 0,05 = -0,255$. Такий розрахунок буде характерним для ґрунту з рештками рослинності. За цих умов збільшується діапазон спектра NDSI і визначення початкової точки градацій ступенів засолення потребує хімічного аналізу ґрунту, хоча б в одній точці. В наведеному прикладі розрахунку ми умовно позначили найменший індекс NDSI поля № 2 ($-0,205$), як високий рівень засолення. Хоча порівняно з сусіднім полем № 3, поле № 2 не має ділянок такого сильного засолення.

Визначення площі та ступеня засоленості поля № 3. Діапазон індексів NDSI поля № 3 сягає: $NDSI_{max} = -0,17$, $NDSI_{min} = -0,23$. Різниця індексів ($0,23 - 0,17$) менша за 0,05, тому діапазон градацій ступенів засолення розраховується аналогічно полю № 2: $-0,17 - 0,05 = -0,22$.

За допомогою розрахованих діапазонів індексів, що характеризують градації засолення, визначено їх відсоткове співвідношення для кожного дослідного поля (*табл. 2*).

Як зазначено вище, процеси засолення і осолонцювання зазвичай проходять паралельно. Розчинні солі з ґрунтового розчину переходять у ґрунтовий поглинальний комплекс. Тому слід рекомендувати заходи із проведення хімічної меліорації.

Зважаючи на дані космічних знімків та дані відносно вмісту солей і обмінного

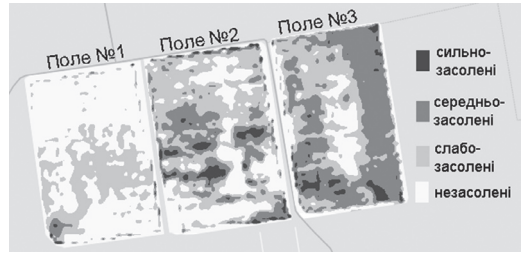


Рис. 5. Просторова оцінка ступеня і площі засолення дослідних полів

натрію за різних ступенів засоленості й осолонцюванні, що наведені у [22], було складено таблицю градацій вмісту солей, обмінного натрію та площ земель із різним ступенем засолення для пілотних полів. До того ж, ємність катіонного обміну для чорноземів південних отримано згідно з даними [23; 24] сягають 40 мг-екв. на 100 г ґрунту. Із використанням онлайн-калькулятора, ми провели розрахунки діапазонів можливої дози гіпсу для чорноземів південних малогумусних, що представлені на полях пілотної ділянки (*табл. 3*).

Площі різних ступенів засолення розраховуються відносно загальної площі поля, що наведено у *табл. 4*. Відповідно до визначених площ та ступенів засоленості дослідних полів проведено розрахунок дози гіпсовмісних хімічних меліорантів [3]. Використовуючи нормативний документ [21], зіставлено 4 ступені засолення ґрунтів пілотних ділянок (незасолені, слабозасолені, середньозасолені, сильнозасолені) до просторової оцінки, що складається із 4 діапазонів значень розрахованих нами індексів NDSI (див. *рис. 5*) зі знімка супутника Landsat-8 для кожного поля.

Таблиця 2. Результати розрахунку індексів NDSI полів пілотної ділянки

Ступінь засолення	Поле № 1		Поле № 2		Поле № 3	
	межі NDSI	%	межі NDSI	%	межі NDSI	%
Незасолені	-0,164-0,151	71,91	-0,255-0,242	24,42	-0,22-0,207	13,50
Слабозасолені	-0,151-0,139	26,66	-0,242-0,23	46,50	-0,22-0,207	33,18
Середньозасолені	-0,139-0,126	1,36	-0,23-0,217	25,12	-0,195-0,182	50,31
Сильнозасолені	-0,126-0,114	0,08	-0,217-0,205	3,97	-0,182-0,17	3,01

Таблиця 3. **Результати розрахунків рекомендованих на 1 га доз гіпсу і фосфогіпсу відповідно ступеням засоленості ґрунту і осолонцювання – чорнозему південного малогумусного**

Ступінь засолення	Вміст солей, %	Ступінь солонцюватості	Вміст обмінного натрію (Na ⁺) мг-екв. на 100 г, при ЄКО 40	Вміст обмінного натрію, %	Доза гіпсу на 1 га, т	Доза фосфогіпсу на 1 га, т
Незасолені	До 0,2	Несолонцюваті	До 2	До 5	0	0
Слабозасолені	0,2–0,4	Слабосолонцюваті	2–4	5–10	До 4,47	До 4,52
Середньозасолені	0,4–0,6	Середньосолонцюваті	4–6	10–15	4,47–8,94	4,52–9,03
Сильнозасолені	Понад 0,6	Сильносолонцюваті	6–8	15–20	8,94–13,42	9,03–13,53

Вищенаведені результати супутникового моніторингу площ засолення для трьох полів пілотної ділянки зведені у *табл. 4*. На основі даних про площі з різним ступенем засолення та рекомендованих на 1 га доз гіпсу й фосфогіпсу визначені мінімальні і максимальні дози фосфогіпсу, диференційовано по полю залежно від інтенсивності засолення (див. *табл. 4*).

Спостерігається незначна площа слабозасоленого, слабосолонцюватого ґрунту поля № 1, для його гіпсування рекомендовано внести фосфогіпс обсягом 74 т, якщо обрати середні значення дози внесення (див. *табл. 4*). Фосфогіпс на полях № 2 і № 3 слід вносити також диференційовано. Як показують розрахунки, якщо обрати середні значення дози внесення, то для слабозасолених, слабосолонцюватих ділянок поля № 2 бажано 136,5 т, для серед-

ньозасолених і середньосолонцюватих – 221,5, для сильнозасолених і сильносолонцюватих – 58, а для всього поля № 2 потрібно близько 416 т фосфогіпсу для хімічної меліорації. Для слабозасолених ділянок поля № 3 потрібно 90 т, для середньозасолених – 409, для сильнозасолених і сильносолонцюватих – 41, а для всього поля № 3 потрібно близько 540 т фосфогіпсу для хімічної меліорації ґрунту. Для хімічної меліорації усієї пілотної ділянки потрібно 1030 т фосфогіпсу.

Засоленість поверхнього шару ґрунту можна виявити за допомогою методів дистанційного зондування, солонцюватість є супутнім явищем. Загалом, коли рослини зазнають абіотичного стресу, включаючи солоність, їх фотосинтетична активність зменшується, викликаючи підвищену видиму відбивну здатність та знижену від-

Таблиця 4. **Результати розрахунків площ різного ступеня засоленості і диференційованих по полю доз фосфогіпсу**

Поле	Площа розрахованої засоленості та осолонцювання, га			Доза фосфогіпсу на відповідну площу певного ступеня засолення та осолонцювання, т		
	слабозасолені	середньозасолені	сильнозасолені	слабозасолені	середньозасолені	сильнозасолені
№ 1	32,79	1,67	0,10	До 148	–	–
№ 2	60,45	32,66	5,16	До 273	148–295	46,5–70
№ 3	39,82	60,37	3,61	До 180	273–545	32,5–49

биваючи здатність NIR від рослинності [25]. Наші дослідження NDVI, *рис. 5*, дали змогу підтвердити цю тезу. Спостерігається непрямий взаємозв'язок між солоністю поверхневого шару ґрунту та спектральною відбивною здатністю.

Зображення Landsat вказують на те, що засоленість ґрунту без рослинності також має зв'язок із відбивною здатністю в каналі NIR. Це узгоджується з результатами досліджень, представленими [26]. Найкращий результат аналізу засолення дає індекс NDSI, що збігається з висновками [14; 15]. Результати обробки зображень Landsat OLI 8 дали змогу отримати градації індексів засолення NDSI відповідно до градацій ступеня засолення ґрунтів, а за кількістю пікселів кожного відтінку зображення — розрахувати площу з різним ступенем засолення і осолонцювання.

У нашому дослідженні для гіпсування ділянок поля з кожним із ступенів засолення і осолонцювання встановлено варіативну дозу гіпсу — від мінімально необхідної до максимальної. Отримані результати є оціночними, оскільки розрахунки здійснено без лабораторного визначення засоленості і осолонцюваності ґрунтових проб. Запропоновані норми внесення гіпсу можуть слугувати агропробникові певним орієнтиром за прийняття управлінського рішення із проведення хімічної меліорації сільськогосподарських угідь. Результати цього дослідження є системним узагальненням, що складається із дистанційного моніторингу засоленості та осолонцювання і використання розрахункових методів доз хімічних меліорантів за прийняття обґрунтованих управлінських рішень. Представлений метод є ефективним під

час проведення оцінки засоленості ґрунту, оскільки має низьку вартість та прийнятну точність.

ВИСНОВКИ

Результати досліджень показують, що ступінь засоленості та осолонцювання ґрунту можна успішно виявити за допомогою методів дистанційного зондування Землі із використанням мультиспектральних знімків. За певних умов індекс NDSI виявляється достатньо інформативний для кількісного аналізу засолення і осолонцювання як супутнього процесу. Для завіркочних досліджень достатньо мати карту ґрунтово-сольової зйомки.

На основі поєднання даних супутникового моніторингу і розрахунків доз хімеліорантів за нашим онлайн-калькулятором господарство зможе оціночно визначити доцільність і економічну ефективність проведення заходів із хімічної меліорації ґрунтів.

Додаткова практична цінність методики дистанційного визначення меж та площі засолення полягає у можливості планування відбору ґрунтових проб із певних точок поля, оптимізації кількості проб ґрунту для проведення хімічного аналізу у лабораторії.

У майбутньому існує потреба у розширенні обсягу досліджень, заснованому на довгостроковому просторово-часовому моніторингу процесів сольової деградації ґрунту, щоб краще зрозуміти взаємодію між природними умовами та впливом людини. Ця взаємодія може спричинити забруднення і деградацію ґрунту, що можна спостерігати за допомогою спектральної відбивної здатності зображень дистанційного зондування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Metternicht G. and Zinck A. Remote sensing of soil salinization: Impact on land management. Boca Raton, 2008. 377 p. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781420065039>
2. Gorji T., Sertel E. and Tanik A. Monitoring soil salinity via remote sensing technology under data scarce conditions: A case study from Turkey. *Ecological Indicators*. 2017. No 74. P. 384–391.
3. Ковальчук В.П., Войтович О.П., Лукашук В.П. Автоматизована система розрахунків хімічної меліорації ґрунтів. *Меліорація і водне господарство*. 2018. № 2. С. 37–46. DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg20180108-138>
4. Савин И.Ю. Выявление многолетних изменений площади засоленных почв Шаульдерского орошаемого массива по космическим снимкам Landsat. *Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева*. 2014. № 74. С. 49–65.
5. Khan N.M., Rastoskuev V.V., Sato Y. and Shiozawa S. Assessment of hydrosaline land degradation by using

- a simple approach of remote sensing indicators. *Agricultural Water Management*. 2005. No 77. Part 1–3. P. 96–109.
6. Dehni A. and Lounis M. Remote sensing techniques for salt affected soil mapping: application to the Oran region of Algeria. *Procedia Engineering*. 2012. No 33. P. 188–198.
 7. Nicolas H. and Walter C. Detecting salinity hazards within a semiarid context by means of combining soil and remote-sensing data. *Geoderma*. 2006. No 134. P. 217–230.
 8. Sumfleth K. and Duttman R. Prediction of soil property distribution in paddy soil landscapes using terrain data and satellite information as indicators. *Ecological Indicators*. 2008. No 8. Part 5. P. 485–501.
 9. Nguyen K.A. et al. Soil salinity assessment by using near-infrared channel and Vegetation Soil Salinity Index derived from Landsat 8 OLI data: a case study in the Tra Vinh Province, Mekong Delta, Vietnam. *Progress in Earth and Planetary Science*. 2020. No 7. Part 1. P. 1–16.
 10. Ennaji W. et al. Remote sensing approach to assess salt-affected soils in the north-east part of Tadla plain, Morocco. *Geology, Ecology, and Landscapes*. 2018. No 2. Part 1. P. 22–28.
 11. Al-Khakani E.T., Al-Janabi W.F., Saad R.Y. and Al-Kazaali H.M. Using Landsat 8 OLI data to predict and mapping soil salinity for part of An-Najaf governorate. *Ecology, Environment and Conservation*. 2018. No 24. P. 572–578.
 12. Тараріко О.Е., Сиротенко О.В., Греков В.О., Войнов О.А. Методичні рекомендації з наземних обстежень в системі моніторингу стану посівів за даними космічного знімання. Київ, 2010. 23 с.
 13. ДСТУ 7307:2013. Дистанційне зондування Землі з космосу. Наземні дані щодо контролю стану посівів і продуктивності сільськогосподарських культур. Загальні положення. [Чинний від 2014–01–01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2013. 14 с.
 14. Методичні рекомендації з оцінювання екологічного стану водних об'єктів та меліорованих земель за просторово розподіленими супутниковими даними. Київ, 2020. 39 с.
 15. Власова О.В., Шевченко А.М. Методика виявлення змін у засоленних ґрунтах за супутниковими даними. *Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН»*. 2015. № 2. С. 42–46.
 16. Ворошнов С.М., Шевчук Я.В., Юзюк О.Ю. Сучасний технічний стан каналів Інгулецької зрошувальної системи та нові конструкції облицювань із використанням геосинтетичних матеріалів. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. 2018. № 8. С. 232–240.
 17. Козленко Є.В., Морозов О.В., Морозов В.В. Інгулецька зрошувальна система: стан, проблеми та перспективи розвитку: моногр. Херсон: Айлант, 2020. 321 с.
 18. Звіт з ґрунтово-сольової зйомки Інгулецького зрошувального масиву Херсонської області за 2012 р. / Каховська гідрогеолого-меліоративна експедиція. Таврійськ, 2014. 42 с.
 19. O'Geen, A. Reclaiming Saline, Sodic, and Saline-Sodic Soils. Drought Tip; University of California, Agriculture and Natural Resources: Richmond, CA, USA, 2015.
 20. Santos, P.D.D. et al. Saline-sodic soil treated with gypsum, organic sources and leaching for successive cultivation of sunflower and rice. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2019. № 23. P. 891–898.
 21. Балюк С.А. та ін. Інструкція з проведення ґрунтово-сольової зйомки на зрошуваних землях України. Київ, 2002. 33 с.
 22. Визначення доз меліорантів при хімічній меліорації кислих та солонцюватих ґрунтів. URL: http://ias.pp.ua/f/doses_of_ameliorants.pdf
 23. ДСТУ 4362:2004. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. [Чинний від 2006–01–01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 23 с.
 24. Мінеральна частина ґрунту, її склад і значення. URL: http://ias.pp.ua/f/mineral_part_of_soil.pdf
 25. Salinity Laboratory Staff: Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. *USDA Hdbk*. 1954. № 60. 160 с.
 26. Elnaggar A.A. and Noller J.S. Application of remote-sensing data and decision-tree analysis to mapping salt-affected soils over large areas. *Remote Sensing*. 2010. № 2 (1). P. 151–165.

REFERENCES

1. Metternicht, G. & Zinck, A. (2008). Remote sensing of soil salinization: Impact on land management. Boca Raton. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781420065039> [in English].
2. Gorji, T., Sertel, E. & Tanik, A. (2017). Monitoring soil salinity via remote sensing technology under data scarce conditions: A case study from Turkey. *Ecological Indicators*, 74, 384–391 [in English].
3. Kovalchuk, V.P., Voitovykh, O.P. & Lukashuk, V.P. (2018). Avtomatyzovana systema rozrakhunkiv ximichnoyi melioraciyi ґruntiv [Automated system of calculations in chemical soil reclamation]. *Melioraciya i vodne gospodarstvo — Land reclamation and water management*, 2, 37–46. DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg20180108-138> [in Ukrainian].
4. Savin, I.Yu. (2014). Vyvavlenie mnogoletnih izmenenij ploshadi zasolennykh pochv Shaulderskogo oroshaemogo massivа po kosmicheskim snimkam Landsat [Identification of long-term changes in the area of saline soils of the Shaulder irrigated massif based on Landsat satellite images]. *Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva — Bulletin of the Soil Science Institute V.V. Dokuchaev*, 74, 49–65 [in Russian].
5. Khan, N.M., Rastoskuev, V.V., Sato, Y. & Shiozawa, S. (2005). Assessment of hydrosaline land degradation

- by using a simple approach of remote sensing indicators. *Agricultural Water Management*, 77 (1–3), 96–109 [in English].
6. Dehni, A. & Lounis, M. (2012). Remote sensing techniques for salt affected soil mapping: application to the Oran region of Algeria. *Procedia Engineering*, 33, 188–198 [in English].
 7. Nicolas, H. & Walter, C. (2006). Detecting salinity hazards within a semiarid context by means of combining soil and remote-sensing data. *Geoderma*, 134, 217–230 [in English].
 8. Sumfleth, K. & Duttmann, R. (2008). Prediction of soil property distribution in paddy soil landscapes using terrain data and satellite information as indicators. *Ecological Indicators*, 8 (5), 485–501 [in English].
 9. Nguyen, K.A. et al. (2020). Soil salinity assessment by using near-infrared channel and Vegetation Soil Salinity Index derived from Landsat 8 OLI data: a case study in the Tra Vinh Province, Mekong Delta, Vietnam. *Progress in Earth and Planetary Science*, 7 (1), 1–16 [in English].
 10. Ennaji, W. et al. (2018). Remote sensing approach to assess salt-affected soils in the north-east part of Tadla plain, Morocco. *Geology, Ecology, and Landscapes*, 2 (1), 22–28 [in English].
 11. Al-Khakani, E.T., Al-Janabi, W.F., Saad, R.Y. & Al-Kazaali, H.M. (2018). Using Landsat 8 OLI data to predict and mapping soil salinity for part of An-Najaf governorate. *Ecology, Environment and Conservation*, 24, 572–578 [in English].
 12. Tarariko, O.G., Syrotenko, O.V., Grekov, V.O. & Vojnov, O.A. (2010). *Metodychni rekomendacii z nazemnyx obstezhen v systemi monitoryngu stanu posiviv za danymy kosmichnogo znimannya [Methodical recommendations on ground surveys in the system of monitoring the condition of crops according to space survey data]*. Kyiv [in Ukrainian].
 13. Dystancijne zonduvannya Zemli z kosmosu. Nazemni dani shhodo kontrolyu stanu posiviv i produktyvnosti silskogospodarskyx kultur. Zagalni polozhennya [Remote sensing of the Earth from space. Ground data on crop condition control and crop productivity. Terms]. (2013). *DSTU 7307:2013 from 1st January 2014*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
 14. Institute of Water Problems and Land Reclamation of NAAS. (2020). *Metodychni rekomendacii z ocinyvannya ekologichnogo stanu vodnyx obyektiv ta meliorovanyx zemel za prostorovo rozpodilenyi sputnykovyimi danymi [Methodical recommendations for assessing the ecological status of water bodies and reclaimed lands according to spatially distributed satellite data]*. Kyiv [in Ukrainian].
 15. Vlasova, O.V. & Shevchenko, A.M. (2015). *Metodyka vyavlennya zmin u zasolenykh gruntax za sputnykovyimi danymi [Methods for detecting changes in saline soils according to satellite data]*. Zbirnyk naukovykh prac Nacionalnogo naukovoogo centru Instytut zemlerobstva NAAN – Collection of scientific works of the National Research Center Institute of Agriculture NAAS, 2, 42–46 [in Ukrainian].
 16. Voroshnov, S.M., Shevchuk, Ya.V. & Yuzyuk, O.Yu. (2018). Suchasnyj texnichnyj stan kanaliv Inguleczkoyi zroshuvальноi systemy ta novi konstrukcii oblycyuvan iz vykorystannam geosyntetychnykh materialiv [Current technical condition of Ingulets irrigation system channels and new constructions of facings with the use of geosynthetic materials]. *Mehanizaciya ta elektrifikaciya silskogo gospodarstva – Mechanization and electrification of agriculture*, 8, 232–240 [in Ukrainian].
 17. Kozlenko, Ye.V., Morozov, O.V. & Morozov, V.V. (2020). *Inguleczka zroshuvальноi sistema: stan, problemy ta perspektivy rozvytku [Ingulets irrigation system: state, problems and prospects of development]*. Kherson: Ajlant [in Ukrainian].
 18. Kaxovska gidrogeologo-meliorativna ekspedyciya. (2014). *Zvit z gruntovo-solovoyi zjomyky Inguleczkogo zroshuvanogo masyvu Xersonskoyi oblasti za 2012 [Report on soil and salt survey of Ingulets irrigated massif of Kherson region for 2012]*. Tavrijsk [in Ukrainian].
 19. O'Geen, A. (2015). Reclaiming Saline, Sodic, and Saline-Sodic Soils. Drought Tip; University of California, Agriculture and Natural Resources: Richmond, CA, USA [in English].
 20. Santos, P.D.D. et al. (2019). Saline-sodic soil treated with gypsum, organic sources and leaching for successive cultivation of sunflower and rice. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 23, 891–898 [in English].
 21. Balyuk, S.A. et al. (2002). *Instrukciya z provedennya gruntovo-solovoyi zjomyky na zroshuvanyx zemlyax Ukrayiny [Instructions for soil and salt survey on irrigated lands of Ukraine]*. Kyiv [in Ukrainian].
 22. Vyznachennya doz meliorativ pryximichnij melioraciyi kyslyx ta soloncyvatykh gruntiv [Determination of doses of ameliorants in chemical reclamation of acid and saline soils]. URL: http://ias.pp.ua/f/doses_of_ameliorants.pdf [in Ukrainian].
 23. Yakist gruntu. Pokaznyky rodyuchosti gruntiv [Soil quality. Indicators of soil fertility]. (2006). *DSTU 4362:2004 from 1st January 2006*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
 24. Mineralna chastyna gruntu, sklad i znachennya [Mineral part of the soil, its composition and significance]. URL: http://ias.pp.ua/f/mineral_part_of_soil.pdf [in Ukrainian].
 25. Salinity Laboratory Staff. (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Hdbk, 60, 160 [in English].
 26. Elnaggar, A.A. & Noller, J.S. (2010). Application of remote-sensing data and decision-tree analysis to mapping salt-affected soils over large areas. *Remote Sensing*, 2 (1), 151–165 [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 07.05.2021

АНТИБИОТИКИ В ҐРУНТІ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ҐРУНТОВУ МІКРОБІОТУ

Я.Ф. Жукова¹, О.В. Дмитренко¹, С.С. Петрищенко¹,
Н.М. Литвиненко¹, А.М. Кирильчук¹, А.І. Павліченко²

¹ Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України» (м. Київ, Україна)

e-mail: yaroslava.f.zhukova@gmail.com; ORCID: 0000-0002-2755-5431

e-mail: ecolab23071964@ukr.net; ORCID: 0000-0002-6945-7637

e-mail: sergijps@ukr.net

e-mail: n_lit@ukr.net

e-mail: angela.kyrylchuk@gmail.com; ORCID: 0000-0003-3948-5810

² Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН»

(сmt Чабани, Фастівський р-н, Київська обл., Україна)

e-mail: alladvd@ukr.net; ORCID: 0000-0001-6930-2312

Антибіотики є вирішальними чинниками у боротьбі з інфекційними захворюваннями впродовж останніх 50 років. У сільському господарстві їх широко застосовують під час лікування тварин, птахів та вирощуванні аквакультур, для запобігання псування кормів, як стимулятори росту та продуктивності домашньої худоби, при виробництві незамінних амінокислот як домішок у корми тощо. Наразі застосування антибіотиків у тваринництві набуло надмірного поширення через запобігання епідемії глобального масиштабу. Своєю чергою, потрапляння антибіотиків у воду та ґрунт, зокрема через органічні добрива, створює потенційну загрозу для цих середовищ. Так, у ґрунтових мікроорганізмах поширюється різноманіття генів резистентності до антибіотиків (ГРА), що є на сьогодні світовою проблемою у сфері охорони здоров'я. Вважають, що стійкість антибіотиків після потрапляння в ґрунт обумовлена переважно їх швидкістю розкладання та сорбцією до органічного ґрунтового матриксу. Широкий діапазон значень періоду напіврозпаду (DT50) цих сполук у ґрунтах свідчить, що їх стійкість, залежить від низки факторів: властивостей ґрунту, кліматичних умов (температура, кількість опадів, вологість), фізико-хімічних характеристик антибіотиків. Є дані, що антибіотики змінюють ферментативну активність ґрунтових мікроорганізмів, особливо вони впливають на здатність метаболізувати вуглець різного походження. Крім того, антибіотики не тільки впливають на загальну чисельність мікробіоти, а й на відносний вміст різних груп (грамнегативні та грампозитивні бактерії, гриби) у мікробних популяціях. Важливість досліджень ГРА ґрунтових мікроорганізмів у тому, що вони призвели до відкриття нових генів, які відповідають за стійкість бактерій до антибіотиків.

Ключові слова: абіотичні/біотичні процеси, ґрунтові бактерії, період напіврозпаду, резистентність, ферментативна активність.

ВСТУП

Антибіотики або за сучасною термінологією протимікробні препарати — це складні органічні молекули, які у своїй хімічній структурі мають різні функціональні групи. Вплив антибіотиків може бути спрямовано на інгібування синтезу білка, дихальних ферментів, пригнічення синтезу нуклеїнових кислот, порушення функ-

ціонування клітинної стінки, клітинної мембрани та роботи іонних каналів тощо [1]. За характером впливу на бактеріальну клітину антибіотики поділяють на дві групи: бактеріостатичні (бактерії залишаються живі, але не в змозі розмножуватися) та бактеріцидні (призводять до загибелі бактерій).

Максимальне споживання антибіотиків спостерігається в країнах, що розвиваються, при цьому тенденція до зменшення засто-

© Я.Ф. Жукова, О.В. Дмитренко, С.С. Петрищенко,
Н.М. Литвиненко, А.М. Кирильчук, А.І. Павліченко, 2021

сування антибіотиків намічається в Фінляндії, Люксембурзі, Норвегії та Швеції [2]. У 2000–2015 рр. такі країни, як США, Франція, Італія, Індія, Китай і Пакистан найбільше застосовували антибіотики у різних галузях порівняно з іншими країнами. Найпоширенішими групами антибіотиків у США і Європейському Союзі є пеніциліни, макроліди, цефалоспорини і фторхінолони [2].

У зв'язку з тим, що виробництво антибіотиків у світі зростає, а загальне глобальне використання становить від 100 000 до 200 000 т щороку, велике занепокоєння викликають випадки забруднення антибіотиками об'єктів навколишнього середовища [3; 4].

Низкою науковців доведено, що в організмах людей і тварин більшість антибіотиків повністю не засвоюються, великий відсоток використаних для них препаратів потрапляє у воду та ґрунт з побутовими стічними водами, з гноєм тваринного походження, мулом стічних вод, твердими біологічними відходами (багаті поживними речовинами органічні матеріали, отримані в результаті очищення стічних вод) під час зрошення та удобрювання сільськогосподарських угідь.

Концентрація залишків антибіотиків пеніцилінового ряду в гної, стічних водах, мулі, твердих біологічних відходах і ґрунті істотно варіюють від нанограм до мікрограм на мл, що пояснюється типом препарату і його метаболізмом в організмі тварин, тривалості лікування та часу відбору проб відносно періоду лікування.

У стічних водах найвищі виявлені концентрації мають тетрацикліни, які найчастіше зустрічаються в гної тварин [5].

Іншою групою антибіотиків зі значною концентрацією в гної є фторхінолони, сульфонаміди та тилозин, що належить до макролідних антибіотиків [6].

Тверді біологічні відходи, порівняно з гноєм, містять значно меншу кількість антибіотиків.

Найвищі концентрації зазвичай виявляють на полях, які обробляють гноєм, або де знаходиться худоба. До того ж, кон-

центрації окситетрацикліну та хлортетрацикліну в деяких сільськогосподарських угіддях можуть досягати надзвичайно високого рівня, в той час як концентрації ципрофлоксацину і норфлоксацину зазвичай значно нижчі.

Точне кількісне визначення антибіотиків та продуктів їх трансформації в ґрунті є надзвичайно важливим та потребує провідних аналітичних методів, таких як спектрофотометрія та високоефективна рідинна хроматографія з тандемною мас-спектрометрією (HPLC/MS) і відповідного обладнання.

Підвищена концентрація антибіотиків у ґрунті сприяє зростанню кількості стійких до антибіотиків бактерій, а це призводить до зміни чутливості до антибіотиків всієї мікробної популяції [7–9] (рис. 1).

Навіть дуже низькі концентрації антибіотиків у ґрунті (нижче мінімальної інгібіторної концентрації (МК)) створюють умови для генетичних змін бактеріальних геномів і передачі генів резистентності до антибіотиків (ГПА) та асоційованих мобільних генетичних елементів (МГЕ), таких як плазміди, транспозони та геномні острови, між мікробами й всередині їх популяцій [10].

Крім того, спільний відбір та експресія резистентних генів на мобільних генетичних елементах (МГЕ) можуть сприяти поширенню ГПА (ARG) навіть між віддалено спорідненими видами бактерій.

Автохтонні бактерії в ґрунті також можуть бути джерелом резистентних генів у навколишньому середовищі, ці гени здатні передаватися бактеріям, що знаходяться в людському організмі [11]. Такі гени, наприклад, гени стійкості до тетрацикліну, були виявлені в трьох різних ґрунтах, зібраних у Китаї в провінціях Юньнань, Сичуань та у Тибеті.

Крім селекції антибіотико-резистентних мікроорганізмів та поширення генів резистентності в ґрунтовому середовищі, антибіотики також впливають на кількість та генетичне різноманіття ґрунтових мікроорганізмів [12–14], загальну мікробну активність [15; 16], ферментативну актив-

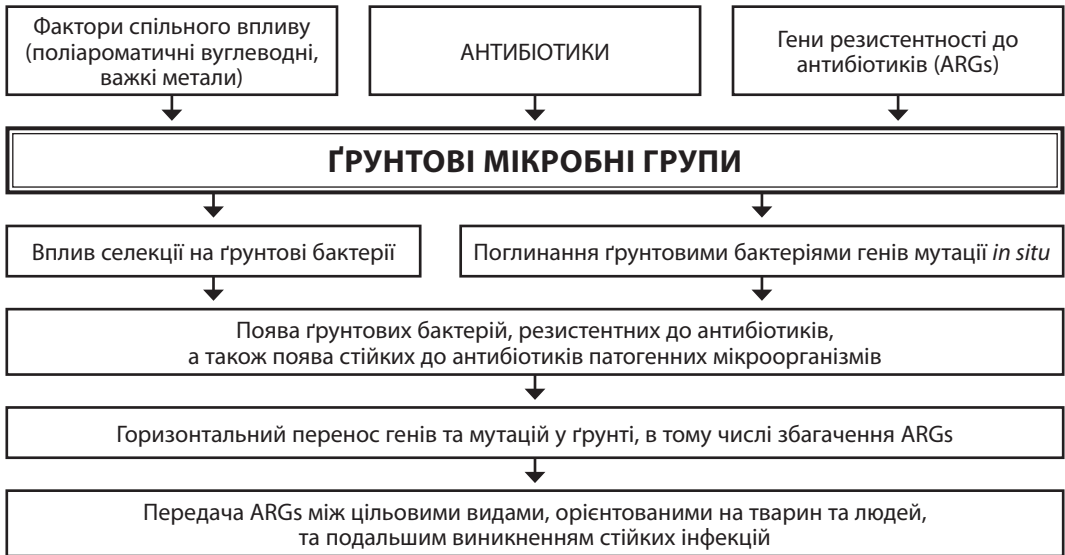


Рис. 1. Перенесення генів стійкості до антибіотиків через ґрунтові мікроорганізми

ність [13–15], і на мінералізацію вуглецю разом із азотним циклом [20].

Метою цього огляду є аналіз трансформації антибіотиків у ґрунті; їх вплив на життєдіяльність мікробної спільноти.

Швидкість розкладання антибіотиків у ґрунті. У ґрунтового середовищі з антибіотиками відбуваються різноманітні абіотичні та/або біотичні процеси, у тому числі трансформація, розпад [14; 15], сорбція-десорбція [21], поглинання рослинами [6], стік та потрапляння в підземні води [5] (рис. 2).

Гідроліз вважають одним із найважливіших шляхів абіотичного розпаду антибіотиків, при цьому β -лактами особливо схильні до гідролітичної деградації, тоді як макроліди та сульфонаміди менш сприйнятливі до гідролізу. Деградація хінолонів і тетрациклінів на поверхні ґрунту під час внесення гною на поля відбувається завдяки фотодеградації. Результати про розпад антибіотиків за рахунок окисно-відновних перетворень практично відсутні.

Вважають, що трансформація або деградація антибіотиків у навколишньому середовищі, передусім у ґрунтах, залежить від їх молекулярної будови (рис. 3)

та фізико-хімічних властивостей [5; 11; 20; 23]. Саме цим можна пояснити широкий спектр періоду напіврозпаду їх у ґрунті — починаючи від половини доби до 9 років (рис. 4). Так, напіврозпад амоксициліну становить 0,43–0,57 доби, хлортетрацикліну менше 1 доби [22]. В той час як для азитроміцину, офлоксацину і тетрацикліну в ґрунтах був зафіксований період напіврозпаду відповідно 408–3466, 866–1733 та 578 діб.

Аналіз даних про деградацію антибіотиків у різних ґрунтах, свідчить, що значення DT50 (середнє значення періоду напіврозпаду речовини у ґрунті) — істотно відрізняються для антибіотиків у межах однієї групи, та інколи навіть для однакових антибіотиків. Відмінності у стійкості, ймовірно, зумовлені різним складом ґрунту, а також дозами антибіотиків та умовами, в яких проводяться дослідження. Однак можна зробити висновок, що фторхінолони, макроліди та тетрацикліни характеризуються високими значеннями DT50 (рис. 4).

Для оцінювання екологічного впливу антибіотиків було запроваджено коефіцієнт сорбції ($K_{\text{сор}}$). До стійких антибіотиків належать сполуки зі значеннями



Рис. 2. Розпад антибіотиків у ґрунті

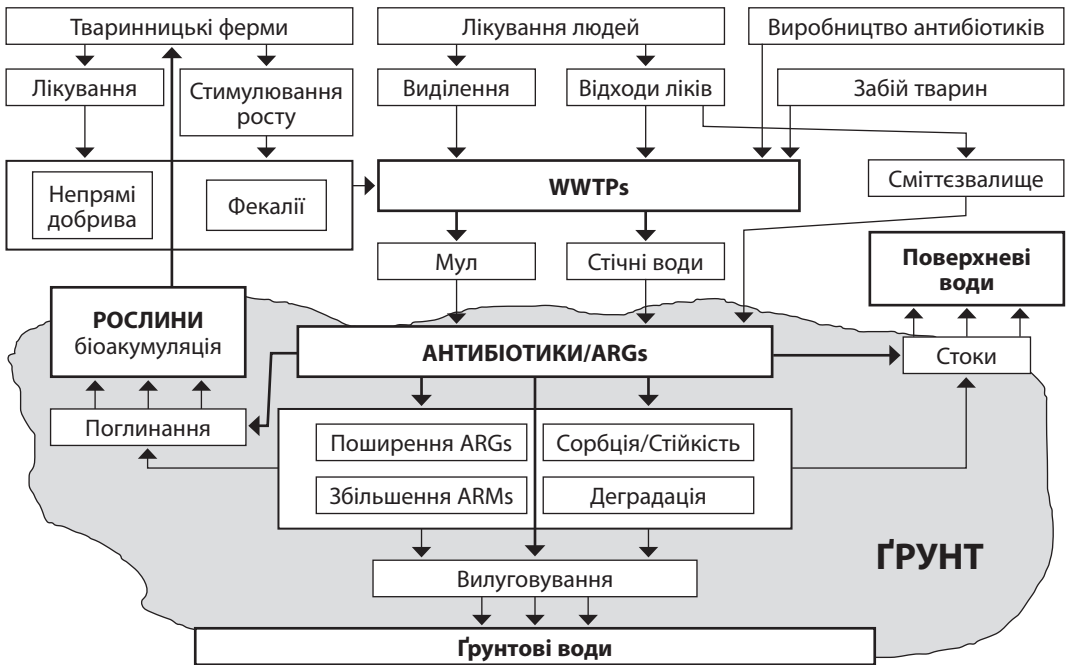


Рис. 3. Трансформація антибіотиків у навколишньому середовищі

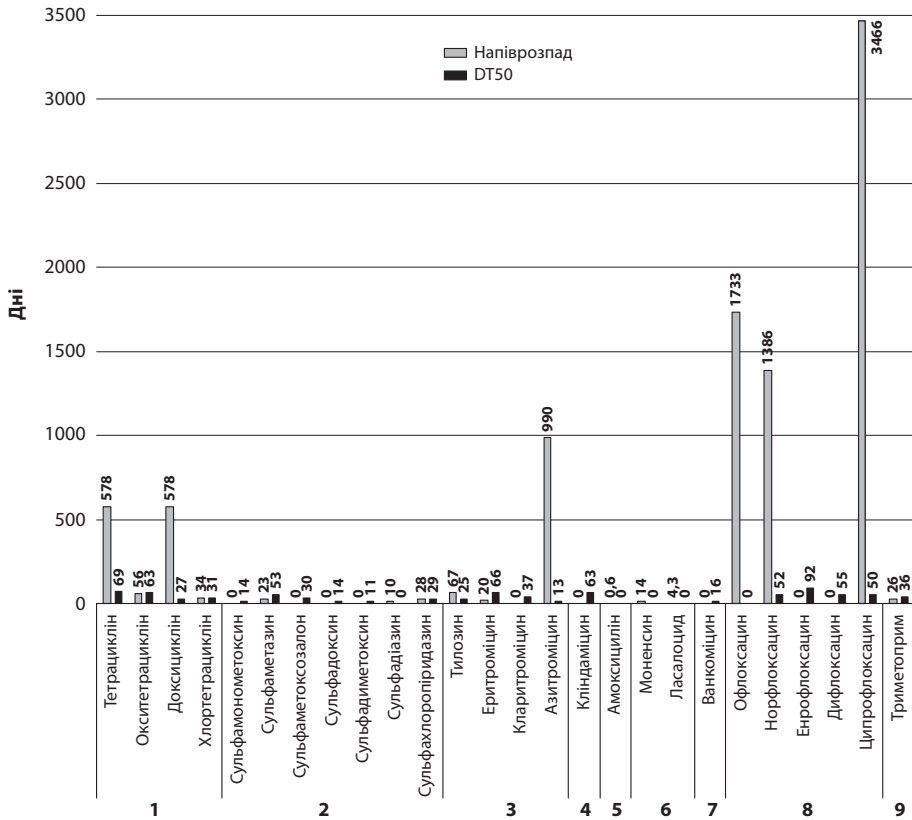


Рис. 4. Спектр періоду напіврозпаду антибіотиків у ґрунті:

1 – тетрацикліни; 2 – сульфонаміди; 3 – макроліди; 4 – лінкозаміди; 5 – β-лактами; 6 – іонофори; 7 – глікопептиди; 8 – фторхінолони; 9 – діамінопіримідини

$K_{\text{сop}} > 4000$ л/кг. Вони є немобільними і руйнуються в ґрунтах повільно, понад 60 діб. Антибіотики, що характеризуються значеннями $K_{\text{сop}} < 15$ л/кг є нестійкими, їх DT50 менше 5 діб.

Завдяки своїм властивостям тетрацикліни, фторхінолони, макроліди та сульфонаміди сильно зв'язуються з компонентами ґрунту, утворюючи стійкі залишки. Так, за експерименту з сульфаметазином його початкові дози у ґрунті – 20 мг/кг і 100 мг/кг – проявляли сильну афінність до ґрунтових компонентів, у результаті концентрація цього антибіотика становила 62,1 мкг/кг і 31,5 мкг/кг на початку експерименту, і 255,5 мкг/кг та 129,8 мкг/кг на 56-ту добу, відповідно [23]. Слід відзначити, що дослідження антибіотиків у

ґрунті ускладнюються низкою проблем, одна з яких втрата антибактеріальних властивостей і, відповідно, неможливість їх виявлення [1].

Вважають, що адсорбція і десорбція антибіотиків залежать також від кислотності та вологості ґрунту. Так, за збільшення рН ґрунту сорбція сульфонамідів зменшується, а сорбція макролідів зростає. У першому випадку здатність до адсорбції пов'язана зі змінами у фракції іонізації сульфонаміду, оскільки він із катіонної форми перетворюється на нейтральну та аніонну форми. Афінність сульфонамідів відрізняється від афінності тетрациклінів і фторхінолонів, які взаємодіють із ґрунтом переважно шляхом катіонного обміну та поверхневого комплексоутворення. Вза-

галі зниження рН призводить до зростання сорбції катіонних форм антибіотиків, і це дає можливість зробити припущення, що електростатичні взаємодії є пріоритетними механізмами сорбції для сульфонамідів та макролідів [12; 16].

Важливим чинником до трансформації антибіотиків у ґрунті відносять мікробну деградацію. Так, штами, які належать до видів *Microbacterium*, *Burkholderia* [11], *Stenotrophomonas*, *Labrys* [24], *Ochrobactrum* [11, 24] та *Escherichia* [24], мають здатність розщеплювати сульфаметазин, пеніцилін G, тетрациклін, еритроміцин і доксициклін у рідких культурах. Бактерії, виділені з мулу, гною тваринного походження, стічних вод, що належать до видів *Klebsiella*, *Acinetobacter*, *Escherichia* [11], *Microbacterium*, *Labrys* і *Bacillus*, мають здатність розщеплювати хлорамфенікол, сульфапиридин, сульфаметазин, ципрофлоксацин, норфлоксацин і цефтіокур. При цьому розщеплення сульфаметазину у ґрунті спричиняє мінералізацію цього антибіотика на 44–57%.

Чинники, що впливають на розпад антибіотиків у ґрунті. Розпад антибіотиків залежить не лише від катаболічної активності ґрунтових мікроорганізмів, але й від властивостей ґрунту, тобто, від вмісту органічних речовин, рН, вологості, температури, кисневого статусу, структури ґрунту. Так, показники DT50 для окситетрацикліну сягали значень 30,2 і 39,4 діб для сільськогосподарських ґрунтів із низьким або високим вмістом органічного вуглецю.

Встановлено вплив типу ґрунту на деградацію антибіотиків. Так, швидкість розщеплення кліндаміцину, сульфаметоксазолу і триметоприму в 12 різних ґрунтах мала високу варіацію – 44–98%, 25–99 і 13–84% відповідно упродовж 61 доби. Схожу залежність швидкості розпаду антибіотику від типу ґрунту було встановлено для хлортетрацикліну [7], сульфаклоропіридазину, сульфадіазину, сульфаметоксазолу і тетрацикліну [21; 25]. В іншому експерименті було показано значне зменшення швидкості розпаду хлортетрацикліну, еритроміцину і тилозину у супіщаному суглинковому

ґрунті, доданих у концентрації 5,6 мг/кг ґрунту.

Є дані, що на швидкість трансформації антибіотиків впливає температура ґрунтового матриксу. Так, за температури ґрунту +30°C спостерігали зменшення вмісту хлортетрацикліну та бацитрацину на 56% та 77% відповідно, порівняно з вихідною концентрацією 5,6 мкг/г ґрунту через 30 діб. До того ж, загалом не залишилось еритроміцину, бамберміцину, пеніциліну, стрептоміцину. За температури +20°C рівень хлортетрацикліну знизився лише на 12%, бацитрацину – на 67%, за температури +4°C рівень хлортетрацикліну та бамберміцину залишився незмінним. Доведено, що низькі температури уповільнюють розкладання сульфаметоксазолу, незалежно від глибини ґрунту.

Варто відзначити, що швидкість деградації антибіотиків залежить від їх концентрації в ґрунті. Так, збільшення доз ципрофлоксацину від 1 мг/кг до 5 мг/кг і до 50 мг/кг ґрунту призводить до зменшення їх вмісту на 75%, 62, 40% відповідно впродовж 40 діб [15]. Аналогічну тенденцію спостерігали і сульфаметоксазолу, азитроміцину, офлоксацину, тетрацикліну. Тобто високі концентрації антибіотиків сприяють їх тривалому знаходженню в ґрунтах.

Процеси аерації прискорюють процеси деградації антибіотиків. Так, період напіврозпаду еритроміцину, норфлоксацину, сульфаметазину і тетрацикліну, концентрація яких становила 0,1 мг/кг ґрунту, зростав від 6,4 діб, 2,9 діб, 24,8 і 31,5 діб в аеробних умовах до 11,0 діб, 5,6 діб, 34,7 і 43,3 діб в анаеробних умовах, відповідно [5]. Однак не було помічено значного впливу інкубаційних умов на ступінь деградації триметоприму, для якого напіврозпад становив приблизно 26 діб як для аеробних, так і анаеробних умов [21].

Вплив антибіотиків на ґрунтові мікроорганізми. Ґрунтові мікроорганізми беруть участь у багатьох життєво важливих процесах, що відбуваються в ґрунті. Вони відіграють вирішальну роль у трансформації органічних речовин, стабілізації структури ґрунту та забезпеченні його ро-

дючості, пригніченні розвитку патогенної мікрофлори. Висока антимікробна активність антибіотиків у ґрунті диференційовано гальмує розвиток ґрунтових мікроорганізмів, впливає на їх видовий склад, що може навіть призвести до зміни екологічної функціональності ґрунту [10; 26; 27] (рис. 1).

Так, навіть низькі концентрації антибіотиків (нижче мінімальної інгібіторної дози, МІС) значно знижують ґрунтове дихання. Особливо це явище помітно в разі наявності у ґрунтах, що містять сульфаметоксазол, сульфаметазин, сульфадіазин та триметоприм [17; 26]. Цей феномен був тимчасовим і залежав від швидкості трансформації цих сполук, зокрема від їх біодоступності. Водночас тетрациклін, хлортетрациклін, окситетрациклін, сульфадіазин, сульфапіридин та тилозин практично не впливали на ґрунтове дихання [17; 20].

Наявність антибіотиків у ґрунті впливає на процеси нітрифікації та/або денітрифікації, до того ж, гальмування цих процесів залежить від тривалості впливу та типу сполуки. Зниження швидкості нітрифікації спричиняється окситетрацикліном у концентрації 30 мг/кг, а сульфадіазинном за 100 мг/кг за разового застосування [19; 26]. Водночас, ципрофлоксацин та норфлоксацин стимулюють швидкість нітрифікації в ґрунті, але лише за мінімальної концентрації антибіотику — 1 мг/кг ґрунту [15]. Низькі дози сульфаметоксазолу, сульфадіазину, наразину або гентаміцину (500 мкг/кг ґрунту) гальмують денітрифікацію, а дози <1 мкг/кг ґрунту короткочасно стимулюють процес. Зовсім не впливають на нітрифікацію монензин та хлортетрациклін у концентраціях 0,01–0,1 та 0,0003–0,3 мг/кг ґрунту.

Цікавим феноменом є вплив антибіотиків на швидкість трансформації заліза в ґрунті. Так, сульфадіазин та монензин блокують відновлення заліза Fe(III) в ґрунті від кількох діб до 50 діб.

Сильне пригнічення відновлення Fe(III) спостерігається у ґрунті, забрудненому сульфаметоксазолом та окситетрацикліном у концентраціях >10 мг/кг ґрунту [27].

Слід зазначити, що відсутність стандартизованих тестів перешкоджає порівнянням, які б зумовили до загальних висновків щодо впливу антибіотиків на біогеохімічні цикли та обіг заліза.

Специфічну ферментативну активність вважають важливим показником реакції мікроорганізмів на стрес, спричинений антибіотиками в ґрунті [13; 16; 19; 22].

Низкою науковців досліджено зміни в загальній активності ферментів ґрунтових мікроорганізмів, таких як дегідрогенази (DHA), фосфатази (PHOS) та уреазі (URE) [12]. Інгібування дегідрогенази та арилсульфатази було зафіксовано за зростання концентрації окситетрацикліну — у межах 1–200 мг/кг впродовж 7 тижнів [18]. Тилозин, бензилпеніцилін та сульфадіазин інгібували активність ґрунтових дегідрогеназ та фосфатази від 35% до 70% порівняно з контролем [14].

Тимчасове зниження активності дегідрогенази у ґрунті було виявлено за застосування окситетрацикліну або лінкоміцину — 50 мг/кг та 200 мг/кг [13] та хлортетрацикліну в концентрації 1 мг/кг, 10 мг/кг та 100 мг/кг ґрунту [16]. Однак на активність дегідрогенази не впливали сульфапіридин або окситетрациклін навіть за дозування 1 мг/кг ґрунту [20].

Встановлено, що активність фосфатази (PHOS) залежить від типів та концентрації антибіотиків у ґрунті. Так, хлортетрациклін, тетрациклін, тилозин, сульфаметоксазол, сульфаметазин і триметоприм у дозах 1–300 мг/кг ґрунту гальмують активність кислотної фосфатази (PHOS-H) [16; 17]. До того ж, лужна фосфатаза (PHOS-OH) чутлива до застосування окситетрацикліну, її ферментативна активність знижується на 41,3% за концентрації 10 мг/кг ґрунту, а за концентрації 30 мг/кг зменшується на 64,3–80,8% [15]. Не впливає на активність нейтральних фосфатазу впродовж 120 діб окситетрациклін (ОТС) у концентрації до 30 мг/кг [19].

Пригнічення активності ферментів у ґрунтах, оброблених антибіотиками, може бути пов'язано з пригніченням росту або загибеллю чутливих мікроорганізмів.

Своєю чергою, підвищена активність ферментів під тиском антибіотиків може бути наслідком здатності багатьох бактерій до співіснування з антибіотиками як джерелом вуглецю.

Можна припустити, що ферменти, вироблені такими бактеріями, компенсують негативний вплив антибіотиків на ферментативну активність за рахунок підвищення активності стійкої до антибіотиків мікробної популяції. Це, своєю чергою, може бути пов'язано зі здатністю деяких мікроорганізмів використовувати антибіотики у своєму метаболізмі. Крім того, наявність деяких антибіотиків у ґрунті може спричинити надмірне розмноження популяції грибів, які, як правило, менш чутливі до антибіотиків, ніж бактерії [3; 8; 9; 12].

ВИСНОВКИ

Моніторинг стічних вод, органічних добрив та ґрунту для виявлення вмісту антибіотиків є нагальним питанням через збільшення застосування цих хімічних сполук у сільському господарстві.

Трансформація або розкладання антибіотиків у навколишньому середовищі залежить як від їх молекулярної будови та фізико-хімічних властивостей, концентрації, так і від низки інших чинників. У ґрун-

тах швидкість деградації антибіотиків залежить від таких факторів, як тип ґрунту, вміст гумусу, рН, вологості, температури, кисневого статусу, структури ґрунту тощо.

Антибіотики, що потрапили у ґрунт, можуть істотно впливати на чисельність, активність і розвиток ґрунтових мікроорганізмів. Вплив антибіотиків на активність і різноманітність мікробних спільнот залежить від фізико-хімічних показників ґрунту, антимікробної активності й дози антибіотику, часу впливу та інших параметрів.

Ґрунтові мікроорганізми гинуть або інгібуються в присутності антибіотиків, що може призвести до зростання чисельності стійких бактерій, що своєю чергою, може змінити видовий склад мікробних спільнот.

Однак певні мікроорганізми можуть адаптуватися до антибіотиків і проявити здатність до їх трансформації. Виявлено тимчасовий негативний вплив антибіотиків на функціональне, структурне та генетичне різноманіття ґрунтових мікробних спільнот. Є припущення, що менш токсичні продукти трансформації сприятимуть відновленню чисельності мікробіоти відносно початкових порушень, спричинених впливом антибіотиків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kümmerer K. Antibiotics in the aquatic environment – A review – Part, I. *Chemosphere*. 2009. Vol. 75. P. 417–434. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.11.086>.
2. Summary of the latest data on antibiotic consumption in the European Union. European Centre for Disease Prevention and Control. Antimicrobial consumption: in *ECDC Annual Epidemiological Report for 2016*. (Stockholm: ECDC).
3. Symochko L. et al. Soil microbial diversity and antibiotic resistance in natural and transformed ecosystems. *International Journal of Ecosystems and Ecology Sciences (IJEES)*, 2019. Vol. 9. P. 581–590. DOI: <https://doi.org/10.31407/ijeec>.
4. Symochko L., Mariychuk R., Demyanyuk O. and Symochko V. Enrofloxacin in Agroecosystems: Uptake by Plants and Phytotoxic Effect: in *International Conference «Technologies of Environmental Protection»*, (23–25 October, 2019). High Tatras, Slovakia. P. 240–245.
5. Larsson D.G.J. Antibiotics in the environment. *Ups. International Journal of Medical Sciences*. 2014. Vol. 119. P. 108–112. DOI: <https://doi.org/10.3109/03009734.2014.896438>.
6. Bouki C., Venieri D. and Diamadopoulos E. Detection and fate of antibiotic resistant bacteria in wastewater treatment plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2013. Vol. 91. P. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.01.016>.
7. Michael I. et al. Urban wastewater treatment plants as hotspots for the release of antibiotics in the environment: a review. *Water Research*. 2013. Vol. 47. P. 957–995. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.11.027>.
8. Симочко Л., Марійчук Р., Дем'янюк О., Симочко В. Антибіотики в агроекосистемах: мікробіом і резистом ґрунту. *Агроекологічний журнал*. 2019. № 4. С. 85–93. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2019.189463>.
9. Симочко Л.Ю. Антибіотикорезистентні мікроорганізми в агро-екосистемах як чинник ризику для здоров'я людини. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 2. С. 201–204.

10. Pan X., Qiang Z., Ben W. and Chen M. Residual veterinary antibiotics in swine manure from concentrated animal feeding operations in Shandong Province, China. *Chemosphere*. 2011. Vol. 84. P. 695–700. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.03.022>.
11. Dolliver H., Gupta S. and Noll S. Antibiotic degradation during manure composting. *Journal of Environmental Quality*. 2008. Vol. 37. P. 1245. DOI: <https://doi.org/10.2134/jeq2007.0399>.
12. Jones-Lepp T.L. and Stevens R. Pharmaceuticals and personal care products in biosolids/sewage sludge: the interface between analytical chemistry and regulation. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2007. Vol. 387. P. 1173–1183. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00216-006-0942-z>.
13. Hou J. et al. Occurrence and distribution of sulfonamides, tetracyclines, quinolones, macrolides, and nitrofurans in livestock manure and amended soils of Northern China. *Environmental Science and Pollution Research*. 2015. Vol. 22. P. 4545–4554. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3632-y>.
14. Halling-Sørensen et al. Dissipation and effects of chlortetracycline and tylosin in two agricultural soils: a field-scale study in southern Denmark. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2005. Vol. 24. P. 802–810. DOI: <https://doi.org/10.1897/03-576.1>.
15. Keen P.L. and Patrick D.M. Tracking change: a look at the ecological footprint of antibiotics and antimicrobial resistance. *Antibiotics*. 2013. Vol. 2. P. 191–205. DOI: <https://doi.org/10.3390/antibiotics2020191>.
16. Grenni P., Ancona V. and Barra Caracciolo A. Ecological effects of antibiotics on natural ecosystems: a review. *Microchemical Journal*. 2018. Vol. 136. P. 25–39. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2017.02.006>.
17. Zhang J. et al. Occurrence and fate of antibiotic and heavy metal resistance genes in the total process of biological treatment and land application of animal manure: a review. *Huanjing Kexue Xuebao. Acta Scientiae Circumstantiae*. 2015. Vol. 35. P. 935–946. DOI: <https://doi.org/10.13671/j.hjkxxb.2014.0843>.
18. Wang S. et al. Tetracycline resistance genes identified from distinct soil environments in China by functional metagenomics. *Frontiers in microbiology*. 2017. Vol. 8. P. 1406. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01406>.
19. Akimenko Y.V., Kazeev K.S. and Kolesnikov S.I. Impact assessment of soil contamination with antibiotics (For example, an ordinary chernozem). *American Journal of Applied Sciences*. 2015. Vol. 12. P. 80–88. DOI: <https://doi.org/10.3844/ajassp.2015.80.88>.
20. Hammesfahr U. et al. Impact of the antibiotic sulfadiazine and pig manure on the microbial community structure in agricultural soils. *Soil Biology and Biochemistry*. 2008. Vol. 40. P. 1583–1591. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2008.01.010>.
21. Unger I.M. et al. Antibiotic effects on microbial community characteristics in soils under conservation management practices. *Soil Science Society of America Journal*. 2013. Vol. 77. P. 100–112. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj2012.0099>.
22. Reichel R., Michelini L., Ghisi R. and Thiele-Bruhn S. Soil bacterial community response to sulfadiazine in the soil-root zone. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 2015. Vol. 178. P. 499–506. DOI: <https://doi.org/10.1002/jpln.201400352>.
23. Cui H. et al. Influence of ciprofloxacin on microbial community structure and function in soils. *Biology and Fertility of Soils*. 2014. Vol. 50. P. 939–947. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00374-014-0914-y>.
24. Liu B. et al. Effects of chlortetracycline on soil microbial communities: comparisons of enzyme activities to the functional diversity via Biolog Eco-Plates™. *European Journal of Soil Biology*. 2015. Vol. 68. P. 69–76. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2015.01.002>.
25. Liu F. et al. Effects of six selected antibiotics on plant growth and soil microbial and enzymatic activities. *Environmental Pollution*. 2009. Vol. 157. P. 1636–1642. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2008.12.021>.
26. Chen W. et al. Oxytetracycline on functions and structure of soil microbial community. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2013. Vol. 13. P. 967–975. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-95162013005000076>.
27. Ma T. et al. Effects of different concentrations and application frequencies of oxytetracycline on soil enzyme activities and microbial community diversity. *European Journal of Soil Biology*. 2016. Vol. 76. P. 53–60. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2016.07.004>.

REFERENCES

1. Kümmerer, K. (2009). Antibiotics in the aquatic environment – A review – Part, I. *Chemosphere*, 75, 417–434. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.11.086> [in English].
2. ECDC (2018). ESAC-Net surveillance data (2017). «Summary of the latest data on antibiotic consumption in the European Union. European Centre for Disease Prevention and Control. Antimicrobial consumption,» in *ECDC Annual Epidemiological Report for 2016*. (Stockholm: ECDC) [in English].
3. Symochko, L. et al. (2019). Soil microbial diversity and antibiotic resistance in natural and transformed ecosystems. *International Journal of Ecosystems and Ecology Sciences (IJEES)*, 9 (3), 581–590. DOI: <https://doi.org/10.31407/ijeec> [in English].
4. Symochko, L., Mariychuk, R., Demyanyuk, O. & Symochko, V. (2019). Enrofloxacin in Agroecosystems: Uptake by Plants and Phytotoxic Effect. *International Conference «Technologies of Environmental Protection»* (pp. 240–245). High Tatras, Slovakia [in English].
5. Larsson, D.G.J. (2014). Antibiotics in the environment. *Ups. Journal of Medical Sciences*, 119, 108–112. DOI: <https://doi.org/10.3109/03009734.2014.896438> [in English].

6. Bouki, C., Venieri, D. and Diamadopoulos, E. (2013). Detection and fate of antibiotic resistant bacteria in wastewater treatment plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *91*, 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.01.016> [in English].
7. Michael, I. et al. (2013). Urban wastewater treatment plants as hotspots for the release of antibiotics in the environment: a review. *Water Research*, *47*, 957–995. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.11.027> [in English].
8. Symochko, L., Mariychuk, R., Demyanyuk, O. & Symochko, V. (2019). Antybiotyky v ahroekosystemakh: mikrobiom i rezystom ґruntu [Antibiotics in agroecosystems: soil microbiome and resistome]. *Ahroekolohichniy zhurnal – Agroecological journal*, *4*, 85–93. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2019.189463> [in Ukrainian].
9. Symochko, L.Iu. (2017). Antybiotyko rezystentni mikroorganizmy v ahro-ekosystemakh yak chynnyk ryzyku dlia zdorovia liudyny [Antibiotic resistant microorganisms in agroecosystems as a risk factor for human health]. *Ahroekolohichniy zhurnal – Agroecological journal*, *2*, 201–204 [in Ukrainian].
10. Pan, X., Qiang, Z., Ben, W. and Chen, M. (2011). Residual veterinary antibiotics in swine manure from concentrated animal feeding operations in Shandong Province, China. *Chemosphere*, *84*, 695–700. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.03.022> [in English].
11. Dolliver, H., Gupta, S. and Noll, S. (2008). Antibiotic degradation during manure composting. *Journal of Environmental Quality*, *37*, 1245. DOI: <https://doi.org/10.2134/jeq2007.0399> [in English].
12. Jones-Lepp, T. L. and Stevens, R. (2007). Pharmaceuticals and personal care products in biosolids/sewage sludge: the interface between analytical chemistry and regulation. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, *387*, 1173–1183. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00216-006-0942-z> [in English].
13. Hou, J. et al. (2015). Occurrence and distribution of sulfonamides, tetracyclines, quinolones, macrolides, and nitrofurans in livestock manure and amended soils of Northern China. *Environmental Science and Pollution Research*, *22*, 4545–4554. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3632-y> [in English].
14. Halling-Sørensen, B. et al. (2005). Dissipation and effects of chlortetracycline and tylosin in two agricultural soils: a field-scale study in southern Denmark. *Environmental Toxicology and Chemistry*, *24*, 802–810. DOI: <https://doi.org/10.1897/03-576.1> [in English].
15. Keen, P.L. and Patrick, D.M. (2013). Tracking change: a look at the ecological footprint of antibiotics and antimicrobial resistance. *Antibiotics*, *2*, 191–205. DOI: <https://doi.org/10.3390/antibiotics2020191> [in English].
16. Grenni, P., Ancona, V. and Barra Caracciolo, A. (2018). Ecological effects of antibiotics on natural ecosystems: a review. *Microchemical Journal*, *136*, 25–39. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2017.02.006> [in English].
17. Zhang, J. et al. (2015). Occurrence and fate of antibiotic and heavy metal resistance genes in the total process of biological treatment and land application of animal manure: a review. Huanjing Kexue Xuebao. *Acta Scientiae Circumstantiae*, *35*, 935–946. DOI: <https://doi.org/10.13671/j.hjkxxb.2014.0843> [in English].
18. Wang, S. et al. (2017). Tetracycline resistance genes identified from distinct soil environments in China by functional metagenomics. *Frontiers in Microbiology*, *8*, 1406. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01406> [in English].
19. Akimenko, Y.V., Kazeev, K.S. and Kolesnikov, S.I. (2015). Impact assessment of soil contamination with antibiotics (For example, an ordinary chernozem). *American Journal of Applied Sciences*, *12*, 80–88. DOI: <https://doi.org/10.3844/ajassp.2015.80.88> [in English].
20. Hammesfahr, U. et al. (2008). Impact of the antibiotic sulfadiazine and pig manure on the microbial community structure in agricultural soils. *Soil Biology and Biochemistry*, *40*, 1583–1591. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2008.01.010> [in English].
21. Unger, I.M. et al. (2013). Antibiotic effects on microbial community characteristics in soils under conservation management practices. *Soil Science Society of America Journal*, *77*, 100–112. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj2012.0099> [in English].
22. Reichel, R., Micheline, L., Ghisi, R. and Thiele-Bruhn, S. (2015). Soil bacterial community response to sulfadiazine in the soil-root zone. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, *178*, 499–506. DOI: <https://doi.org/10.1002/jpln.201400352> [in English].
23. Cui, H. et al. (2014). Influence of ciprofloxacin on microbial community structure and function in soils. *Biology and Fertility of Soils*, *50*, 939–947. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00374-014-0914-y> [in English].
24. Liu, B. et al. (2015). Effects of chlortetracycline on soil microbial communities: comparisons of enzyme activities to the functional diversity via Biolog EcoPlates™. *European Journal of Soil Biology*, *68*, 69–76. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2015.01.002> [in English].
25. Liu, F. et al. (2009). Effects of six selected antibiotics on plant growth and soil microbial and enzymatic activities. *Environmental Pollution*, *157*, 1636–1642. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2008.12.021> [in English].
26. Chen, W. et al. (2013). Oxytetracycline on functions and structure of soil microbial community. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *13*, 967–975. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-95162013005000076> [in English].
27. Ma, T. et al. (2016). Effects of different concentrations and application frequencies of oxytetracycline on soil enzyme activities and microbial community diversity. *European Journal of Soil Biology*, *76*, 53–60. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2016.07.004> [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 21.05.2021

ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВЗАЄМОДІЇ ХІМІЧНИХ ТА БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ ЗА ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ СОЇ

О.В. Тертична¹, М.М. Селінний², Г.І. Рябуха²,
Н.О. Єременко², Д.А. Бутурлим²

¹ Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: olyater@ukr.net; ORCID: 0000-0002-9514-2858

² Національний університет «Чернігівська політехніка» (м. Чернігів, Україна)
e-mail: selm@meta.ua; ORCID: 0000-000-5682-7099
e-mail: g.ryabukha@gmail.com; ORCID: 0000-0003-2146-7489
e-mail: eremenkon098@gmail.com; ORCID: 0000-0003-2596-7958
e-mail: dianabuturlym@ukr.net; ORCID: 0000-0003-2970-3116

*Представлене дослідження ґрунтується на необхідності сумісного використання хімічних та біологічних препаратів для ефективного вирощування зернобобових культур. Досліджено вплив інокуляції та хімічних протруйників на процеси росту, розвитку й формування врожайності насіння сої, виявлено морфологічні особливості рослин сої, визначено вплив хімічних протруйників та бактеріальних препаратів на розвиток і продуктивність сої із врахуванням погодних умов. З'ясовано особливості формування продуктивності сої сорту Кофу, залежно від інокуляції препаратами на основі специфічних бульбочкових бактерій *V. japonicum* Ризолік Топ з протектором Премакс, ХайКот Супер+ ХайКот Супер Extender, Оптимайз та хімічними протруйниками Систіва й Гаучо Плюс у зоні Полісся Чернігівської обл. Експериментально доведено, що застосування інокулянта Ризолік Топ із протектором Премакс і додаткова обробка хімічними препаратами Систіва й Гаучо Плюс навіть за наявності місцевої популяції бульбочкових бактерій забезпечили приріст урожайності, збільшення кількості активних бульбочок та висоти рослин. Виявлено негативний вплив недостатньої вологи та підвищених температур повітря на симбіоз рослин сої із бульбочковими бактеріями, що призводить до зниження врожаю зерна та його якості. Доведено позитивний вплив інокулянтів на підвищення продуктивності симбіотичних соєво-ризобіальних систем за дії несприятливих умов довкілля. Подальші дослідження рекомендовано зосередити на використанні більшої дози інокулянтів при обробці насіння з метою уникнення ризику зниження ефективності мікробних препаратів через негативний вплив хімічних протруйників при сумісному застосуванні.*

Ключові слова: симбіоз, соя, інокуляція, бульбочкові бактерії, бактеріальний препарат, хімічний протруйник, погодні умови.

ВСТУП

За даними Світової продовольчої організації (ФАО) сою вирощують у понад 80 країнах. На сьогодні світове виробництво сої становить майже 365 млн т. Незмінно лідерами є Бразилія, США та Аргентина, які в 2019–2020 рр. зібрали 272 млн т сої, що становить 74% світового виробництва. Також до провідних виробників належать Китай (18,1 млн т), Парагвай (9,9 млн т) та Індію (9,5 млн т) [1]. Україна розташу-

валася на восьмому місці з виробництва сої у світі та посідає шосте місце з її продажу. Згідно з даними Держстатистики України, в 2019 р. аграрії зібрали 3,699 млн т сої проти 4,461 млн т в 2018 р. За останні три роки посівні площі скоротилися на 26%. Так, у 2020 р. в Україні соєю було засіяно лише 1255 тис. га зі 1446 тис. га запланованих, і це є найнижчим показником за останні дев'ять років.

На сучасному етапі розвитку землеробства серед зернобобових культур соя є основною складовою в структурі посів-

них площ та визначає рівень виробництва рослинного білка в Україні. Це найрентабельніша культура, вирощування якої дає змогу значно поліпшити економічний стан господарств. Вітчизняна галузь рослинництва має великі можливості для збільшення виробництва насіння цієї культури та отримувати прибутки від її реалізації. Тому в сучасних технологіях вирощування сої пріоритетне значення має правильний підбір мікробних препаратів (інокулянтів) та використання регуляторів росту рослин, які здатні активізувати дію інокулянтів і підвищити захисні й адаптогенні властивості рослинного організму.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

У дослідженнях провідних вітчизняних вчених знайшли відображення питання щодо сумісного використання хімічних та біологічних препаратів для ефективного вирощування бобових культур. Варто відзначити, що окрім цього дослідження, оцінювання ефективності бобово-ризобіального симбіозу від застосування інокулянта *Bradyrhizobium japonicum* та вивчення впливу пестицидного навантаження на бобово-ризобіальну систему проводилися Патиною В.П., Алексеевим О.О. [2]. Дослідження формування врожайності сої під впливом інокуляції проводили Новицька Н.В., Джемесюк О.В. [3]. За впливом інокуляції бактеріями *B. japonicum* в умовах Полісся України спостерігали Дідора В.Г., Ступницька О.С. [4]. На думку Волкогона В.В. та авторів досить важливим чинником правильної й успішної інокуляції є поєднання між собою сумісних хімічних протруйників із бактеріальними препаратами, оскільки токсична дія перших може значно знижувати ефект бактеризації [5]. Вплив різних погодних умов на біологічні процеси у ґрунті висвітлено у наукових здобутках вчених ІАП НААН Шерстобоевої О.В., Дем'янюк О.С. та ін. [6].

Отже, дослідження взаємодії хімічних і біологічних препаратів передпосівної обробки на розвиток та врожайність сої

є актуальним питанням сьогодення для агровиробників.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Закладення польового досліду проводилося з дотриманням загальноприйнятих методик [7]. Враховуючи виробничі умови проведення досліджень, варіанти досліду розміщувалися послідовно без повторень. Площа кожної ділянки (30000 м²) дала змогу проводити спостереження, виміри та обрахунки не менш як у трьох повтореннях.

Дослідження проводили на скоростиглому сорті сої — Кофу з використанням бактеріальних препаратів та хімічних протруйників. Сорт сої Кофу зареєстрований у 2015 р. Виробник CanadianSeeds. Тип розвитку індетермінантний. Вегетаційний період становить 107–117 дб. Олійність сягає 21–23%, вміст білка 41–42%. Висота кріплення нижнього стручка — 12 см. Адаптований до різноманітних ґрунтово-кліматичних умов вирощування. Розмір насіння середній. Маса 1000 насінин — 185–195 г. Потенційна врожайність 5,5 т/га.

Загальна схема досліджень (табл. 1) включала чотири варіанти та мала такий вигляд:

Таблиця 1. Загальна схема досліджень

№ з/п	Варіанти досліду	
1	Систіва + Гаучо Плюс	—
2		Ризолік Топ
3		Оптимайз 400
4		ХайКот Супер

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Дослідження проводили в 2019 р. у господарстві, яке розташоване в зоні Полісся, с. Городище, Менського р-ну, Чернігівської обл. Виробничі умови проведення досліджень дають змогу отримати репрезентативні дані та використовувати їх для розроблення рекомендацій іншим господарствам цього регіону. Господарство займа-

ється вирощуванням та зберіганням зерна зернових, олійних та зернобобових культур, у т.ч. сої. Обсяг виробництва останньої становить 2–3 тис. т на рік. Соя посідає друге місце за площею посівів у господарстві, а саме 2000 га. Цей дослід було закладено на полі площею 50 га. Ґрунт – дерново-середньопідзолистий, характеризується різко диференційованим профілем, сформувався в умовах помірного теплого клімату на супісках, близько до підземних вод. Відповідно орний шар (НЕа) не перевищує 25–28 см та характеризується такими параметрами: бурувато-брудний у вологому стані і сірувато-палевий у сухому, зв’язно-піщаний або легкосупіщаний, безструктурний, або порохуватий, різко, по лінії оранки, відмежовується від наступного горизонту.

Уміст гумусу в ґрунті дослідної ділянки становить 1,7%. Кислотність підвищена (рН 5,0–5,8), що пригнічує розвиток біологічних процесів. Гідролітична кислотність – 2,28–2,90 мг-екв /100 г ґрунту. Вміст азоту за Корнфілдом – 84 мг/кг, рухомих форм P_2O_5 – 20,9 мг/кг, обмінного K_2O – 72,3 мг/кг.

Клімат місця проведення дослідів помірно континентальний, характеризується досить теплим літом і порівняно м’якою зимою та достатньою зволоженістю. Середня багаторічна температура найтеплішого місяця (липня) від $+18^{\circ}C$ до $+19,5^{\circ}C$, найбільш холодного (січня) від $-6^{\circ}C$ до $-8^{\circ}C$. Період із температурою понад $10^{\circ}C$ триває 150–160 діб на рік. Кількість опадів на рік – 500–600 мм. Такі кліматичні умови є досить сприятливими для вирощування ранньостиглих сортів сої [8].

Період досліджень 2019 р. характеризувався такими погодними умовами (табл. 2). За вегетацію сої випало лише 226,2 мм опадів, що є меншим за мінімальну кількість вологи для вегетації рослини, яка становить 300 мм. Посів сої проводився при достатній вологості ґрунту і температурі повітря $17^{\circ}C$. Оподи в першій половині травня та оптимальні температури (15 – $18^{\circ}C$) сприяли хорошему проростанню насіння і розвитку проростків.

Слід зауважити, що оподи випадали нерівномірно і рік спостережень виявився доволі контрастним. Посушливі спекотні періоди змінювалися тимчасовим похолоданням із поодинокими випадками злив. Погодні умови були нестабільними та відрізнялися від багаторічних даних спостережень.

Достатня кількість опадів та досить високі температури повітря на початку вегетації сої стимулювали її активний ріст та розвиток ризобактеріальної системи. Однак, високі температури повітря в червні (до $32,7^{\circ}C$) під час розвитку репродуктивних органів і періоду цвітіння при тривалому бездошовому інтервалу негативно вплинули на врожайність сої, а нестача вологи погіршила умови для прояву роботи інокулянта. Відсутність опадів із другої декади серпня дала змогу раніше зібрати врожай, проте не сприяла повноцінному наливу насіння сої.

Важливо зазначити, що у сої фіксація азоту бульбочковими бактеріями і надходження його в рослину найбільш інтенсивно відбуваються у фазі цвітіння, формування і росту бобів за температури повітря 24 – $28^{\circ}C$ і відносній вологості 40–60%.

Таблиця 2. Погодні умови періоду досліджень [8]

Місяць	Середня температура повітря, $^{\circ}C$	Кількість опадів, мм
Травень	16,4	75,0
Червень	22,7	16,1
Липень	18,6	77,3
Серпень	18,7	56,8
Вересень	16,9	1,0

Близькі до вказаних умови спостерігалися впродовж липня, що дало можливість відновити життєдіяльність бульбочкових бактерій після посушливих умов у червні [9].

Досліджували ефективність взаємодії хімічних та біологічних препаратів при протруюванні/інокуляції насіння сої. Фунгіцидно-інсектицидний захист у господарстві є обов'язковим і зумовлений можливістю ураження сої значною кількістю збудників грибною, бактеріальною та вірусною етіологією. Як хімічні протруйники використовували: Систіва (1 л/т насіння) + Гаучо Плюс 466 (0,6 л/т насіння).

Систіва (BASF) — фунгіцидний протруйник, забезпечує захист від хвороб листя, джерелом інфекцій яких є насіннєвий матеріал, ґрунт і рослинні рештки. Діюча речовина: флуксапіроксад 333 г/л [10].

Гаучо Плюс 466 (Bayer) — двокомпонентний протруйник системної дії, для передпосівної обробки насіння зернових та зернобобових культур проти широкого спектра шкідників. Діюча речовина: імідаклоприд 233 г/л + клотіанідин 233 г/л [11].

Хімічне протруювання проводилося за 10 діб до інокуляції, для того, щоб насіння встигло просохнути. Сумісність хімічних протруйників та мікробних препаратів було заздалегідь перевірено. Операція здійснювалась за допомогою протруювача стаціонарного камерного ПКС — 20 П.

Інокуляція насіння проводиться безпосередньо перед посівом. Адже насіння оброблюють живими культурами мікроорганізмів. У нашому дослідженні використовували такі бактеріальні препарати:

- 1) Ризолік Топ + протектор Премакс в нормі 3+1 л/т;
- 2) Оптимайз 400 — 1,8 л/т;
- 3) ХайКот Супер + ХайКот Супер Extender — 1,42 л/т.

Ризолік Топ (Виробник Різобактер Аргентина). Інокулянт, в основі якого є бактерії *Bradyrhizobium japonicum*. Використовується для обробки насіння сої попередньо обробленої фунгіцидом та/або інсектицидом. Титр 1×10^9 бактерій/мл. Виробником зазначено, що є сумісним з

усіма відомими протруйниками. Використовується разом із протектором Премакс.

Оптимайз 400 — концентрований біопрепарат для обробки посівного матеріалу сої. В основі бактерії *Bradyrhizobium japonicum* 5×10^9 + Ліпо-хітоолігосахарид $2 \times 10^{-7}\%$. Рідка препаративна форма.

Двокомпонентна рідка формуляція ХайКот Супер Соя та Екстендер. Діючі речовини: бактерії роду *Bradyrhizobium japonicum* (штам 532 С), титр не менше 1×10^{10} живих КУО на 1 мл препарату.

Обрані мікробні препарати мають в основі бактерії одного штаму, але в кожному препараті їх кількість відрізняється, що дасть змогу виділити з трьох інокулянтів один, який проявить найбільшу ефективність та рентабельність у застосуванні. Вивчення ефективності взаємодії хімічних і біологічних препаратів за передпосівної обробки сої включало в себе, окрім порівняння урожайних даних, ще й спостереження за рослинами впродовж вегетації та оцінку розвитку бульбочкових бактерій у ризосфері рослин (табл. 3).

Слід відзначити, що передпосівна бактеризація насіння сприяла підвищенню біометричних показників рослин впродовж вегетації сої. Так, за рахунок застосування мікробних препаратів середня висота рослин сої збільшилась від 1,8% (ХайКот Супер) до 9,3% (Ризолік Топ) порівняно з варіантом із протруювачами.

Бульбочки розміщувалися переважно на головному корені та розгалуженнях першого порядку на глибині 0–15 см. Вони мали світло-рожеве забарвлення, що опосередковано може свідчити про їхню азотфіксувальну активність (рис.). Найбільшу кількість активних бульбочок було виявлено у варіанті з інокулянтом Ризолік Топ і становило в середньому 31 шт./рослину, що на 83,9% більше за кількість бульбочок на варіанті з протруєним насінням. Важливим фактом є те, що у контролі без обробки насіння середня кількість активних бульбочок та їх маса є більшою, ніж у варіанті з хімічними протруйниками без інокуляції, що може вказувати на деяку пригнічувальну дію хімічних препаратів на утворення й

Таблиця 3. Аналіз утворення бульбочок за використання різних інокулянтів на сорті Кофу

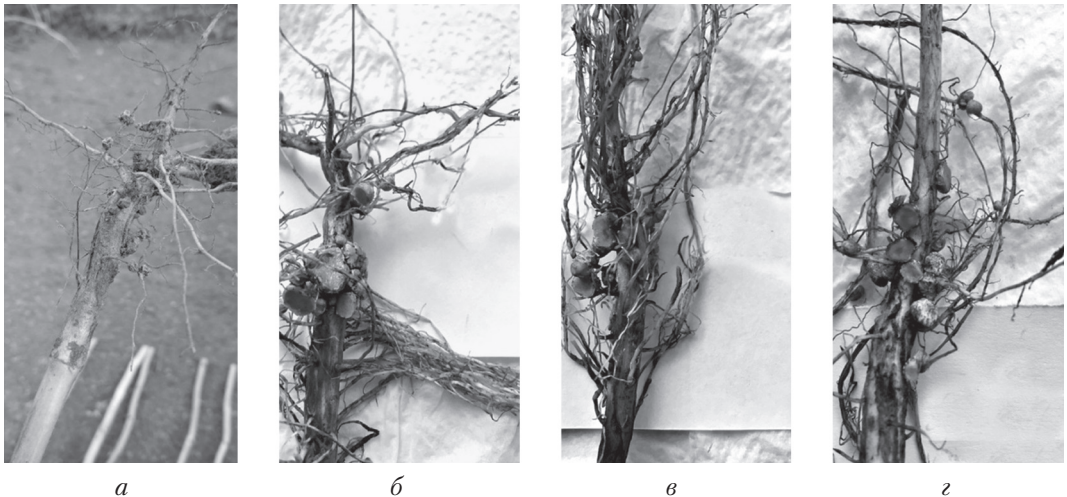
Назва інокулянта	Середня висота рослин, см	Кількість активних бульбочок, шт./рослину	Маса активних бульбочок, г/рослину	Врожайність, т/га
Контроль (без обробки)	82,15±0,47	7,25±0,29	0,18±0,04	1,96±0,03
Контроль – фон (Систіва та Гаучо Плюс)	83,25±0,87	5,25±0,29	0,12±0,01	2,15±0,04
Ризолік Топ + протектор Премакс	91,50±0,96	31,25±0,29	0,66±0,02	2,98±0,05
ХайКот Супер + ХайКот Супер Extender	84,50±1,06	21,75±0,55	0,31±0,01	2,85±0,03
Оптимайз 400	87,15±0,47	9,75±0,29	0,23±0,02	2,55±0,03

функціонування бульбочкових бактерій. Однак, при цьому, врожайність у варіанті з протруйниками на 9% є більшою, ніж на контролі без обробок.

Передпосівний захист насіння сої від хвороб і шкідників більш впливає на врожайність, аніж незначне переважання кількості бульбочок. Найкращі результати в досліді отримано у варіанті із мікробним препаратом Ризолік Топ + протектор Премакс (титр 1×10^9). У цьому варіанті найбільша середня висота рослин, кількість

активних бульбочок та їх маса. Врожайність сої із застосуванням цього інокулянта порівняно із контролем – фоном більша на 27,9% (приріст – 8,3 ц/га).

Нижчі результати показав варіант із інокулянтом ХайКот Супер (титр 1×10^{10}). Кількість активних бульбочок була нижчою на 32,3%, ніж за обробки препаратом Ризолік Топ, але більшою в чотири рази, ніж у варіанті з хімічними протруйниками. Приріст урожайності становив 7 ц/га (24,6%).



Кореневі бульбочки на чотирьох варіантах досліді:
а – контроль; *б* – Ризолік Топ; *в* – Оптимайз; *г* – ХайКот Супер

Найнижчий приріст урожайності серед інокулянтів дав препарат Оптимайз 400 (титр 5×10^9) — 4 ц/га (15,7% від контролю — фону). Кількість активних бульбочок із цим інокулянтом більша вдвічі, маса на 47,8%, порівняно з варіантом без обробки мікробним препаратом, а лише хімічним. Варто звернути увагу, що найефективнішим мікробним препаратом виявився той титр, який є найменшим і становить лише 1×10^9 живих КУО на 1 мл препарату (Ризолік Топ+ протектор Премакс).

Існує доволі широкий ареал поширення хвороб та шкідників сої, але вчасне та якісне оцінювання фітосанітарного стану є основою захисту культури в технології її вирощування. На контрольній ділянці, яка взагалі не оброблювалася ЗЗР, спостерігався досить широкий спектр хвороб та шкідників, що підтверджує необхідність у захисті рослин. Однак не варто зловживати та неконтрольовано використовувати засоби хімічного захисту для того, щоб запобігти фітотоксичному впливу на розвиток рослин та на утворення і дію азотфіксуювальних бактерій.

Таким чином, отримані результати дають підстави стверджувати, що додаткове застосування інокулянта Ризолік Топ із протектором Премакс та додаткова обробка хімічними препаратами Систіва та Гаучо Плюс навіть за наявності місцевої популяції бульбочкових бактерій, забезпечили приріст урожайності на 8,3 ц/га, тим самим збільшується кількість активних бульбочок — 31 шт. на рослину, маса яких становить 0,66 г/рослину й висота рослин — 91,5 см,

що є наслідком кращого забезпечення рослин сої азотом у цьому варіанті. Інокулянт ХайКот Супер + ХайКот Супер Extender та обробка хімічними препаратами Систіва та Гаучо Плюс дали приріст урожайності на 7,0 ц/га, висота рослин у середньому — 84,5 см, кількість активних бульбочок збільшилась — 21 шт. на рослину, маса активних бульбочок стала — 0,31 г/рослину. Найменшу кількість активних бульбочок отримано з інокулянтом Оптимайз 400 — всього 10 шт. на рослину, масою 0,23 г/рослину, а висота — 87 см, приріст урожаю — 4,0 ц.

ВИСНОВКИ

Згідно з результатами досліджу, можна стверджувати, що у варіантах з обробкою насіння інокулянтами сформувалась більша кількість бобів на рослині та їх маса, висота рослин, що забезпечило загалом вищий урожай зерна. Однак, варто зазначити, що на точність отриманих результатів великий вплив мали посушливі погодні умови з періодичними зливами, які спостерігалися під час вегетації сої. Саме відсутність достатньої вологи та високі температури повітря погіршують симбіоз кореневої системи сої із бульбочковими бактеріями, внаслідок чого зменшується біологічна фіксація молекулярного азоту. Внаслідок цього спостерігається зниження врожаю зерна та його якості. Отже, інокулянти позитивно впливають на ріст, розвиток, хворобостійкість та врожайність сої, а також сприяють підвищенню продуктивності симбіотичних соєво-ризобіальних систем за дії несприятливих умов довкілля.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шимкова М. Світовий ринок сої та місце України на ньому. *Огляд цін*. 2020. № 11. URL: <https://pricereview.com.ua/articles/svitovij-rinok-so%D1%97-ta-misce-ukra%D1%97ni-na-nomu>.
2. Алексеев О.О. Функціонування симбіотичної системи сої за умов бактеріальної і вірусної інфекції: дис. ... д-ра с.-г. наук: 03.00.07. Вінниця, 2017. 205 с.
3. Новицька Н.В., Джемесюк О.В. Формування урожайності сої під впливом інокуляції та підживлення. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2017. № 1–2. С. 43–47.
4. Дідора В.Г., Ступницька О.С. Фотосинтетична активність та урожайність сої залежно від елементів технології вирощування в умовах Полісся України. *Вісник ЖНАЕУ*. 2014. № 2. С. 106–112.
5. Мікробні препарати в сучасних аграрних технологіях: науково-практичні рекомендації / за ред. В.В. Волкогона. Київ: ПП Лисенко М.М., 2015. 248 с.
6. Дем'янюк О.С., Шерстобоева О.В., Крижанівський А.Б. Таксономічна структура мікробіоценозу ґрунту за різних погодних умов. *Вісник Сумського НАУ*. Вип. 2 (31). С. 228–234.

7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Колос, 1979. 416 с.
8. Метеопост. URL: <https://meteopost.com/ua/>.
9. Бабич А.О., Петриченко В.Ф., Адамень Ф.Ф. Проблема фотосинтезу і біологічної фіксації азоту бобовими культурами. *Вісник аграрної науки*. 1996. № 2. С. 34–39.
10. Препарати БАСФ для захисту сої. URL: <https://www.agro.basf.ua/>.
11. Bayer. URL: <https://www.bayer.com/en/bayer-group>

REFERENCES

1. Shymkova, M. (2020). Svitoviy rynok soi ta mistse Ukrainy na nomu [The world soybean market and Ukraine's place in it]. *Ohliad tsin – Price overview*, (11). URL: <https://pricereview.com.ua/articles/svitoviy-rinok-so%D1%97-ta-misce-ukra%D1%97ni-na-nomu> [in Ukrainian].
2. Aliksieiev, O.O. (2017). Funktsionuvannya symbiotichnoi systemy soia za umov bakterialnoi i virusnoi infektsii [Functioning of the symbiotic system of soy under conditions of bacterial and viral infections]. *Doctor's thesis*. Vinnytsia [in Ukrainian].
3. Novytska, N.V. & Dzemesiuk, O.V. (2017). Formuvannya urozhainosti soi pid vplyvom inokuliacii ta pidzhyvlennia [Formation of soybean yield under the influence of inoculation and nourishment]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarynoi akademii – Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 1-2, 43–47 [in Ukrainian].
4. Didora, V.H. & Stupnitska, O.S. (2014). Fotosyntetichna aktyvnist ta urozhainist soi zalezno vid elementiv tekhnologii vyroshchuvannia v umovakh Polissia Ukrainy [Photosynthetic activity and yield of soybeans depending on the elements of cultivation technology in Polissya Ukraine]. *Visnyk ZhNAEU – Bulletin of ZhNAEU*, 2, 106–112 [in Ukrainian].
5. Volkohon, V.V. (Ed.) (2015). *Mikrobni preparaty v suchasnykh ahrarykh tekhnolohiiakh naukovopraktychni rekomendatsii [Microbial preparations in modern agricultural technologies, scientific and practical recommendations]*. Kyiv: PP Lysenko M.M. [in Ukrainian].
6. Dem'yanyuk, O.S., Sherstoboeva, O.V. & Krizhanivskij, A.B. Taksonomichna struktura mikrobiocenozy rruntu za riznih pogodnih umov [Taxonomic structure of soil microbiocenosis of different weather's conditions]. *Visnik Sums'kogo NAU – Bulletin of Sumy NAU*, 2 (31), 228–234 [in Ukrainian].
7. Dosphekhov, B.A. (1979). *Metodyka polevogo opyta [Methods of field experience]*. Moskva: Kolos [in Russian].
8. Метеопост [Weather station]. (n.d.). URL: <https://meteopost.com/ua> [in Ukrainian].
9. Babych, A.O., Petrychenko, V.F. & Adamen, F.F. (1996). Problema fotosyntezy i biolohichnoi fiksiatsii azotu bobovymy kulturamy [The problem of photosynthesis and biological fixation of nitrogen by legumes]. *Visnyk ahrarynoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, (2), 34–39 [in Ukrainian].
10. Preparaty BASF dlya zakhystu soyi [BASF preparations for soybean protection]. (n.d.). URL: <https://www.agro.basf.ua/> [in Ukrainian].
11. Bayer (n.d.). URL: <https://www.bayer.com/en/bayer-group> [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 06.06.2021

МІНЛИВІСТЬ МАСИ 1000 ЗЕРЕН ГЕНОТИПІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ (*TRITICUM AESTIVUM* L.) ЗАЛЕЖНО ВІД ЕКОЛОГІЧНИХ І АГРОТЕХНІЧНИХ ЧИННИКІВ

О.А. Демидов¹, І.В. Правдзіва¹, В.М. Гудзенко¹,
О.С. Дем'янюк², Н.В. Василенко¹

¹ Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН
(с. Центральне, Обухівський р-н, Київська обл., Україна)
e-mail: twheats@ukr.net; ORCID: 0000-0002-5715-2908
e-mail: irinaprawdzyva@gmail.com; ORCID: 0000-0002-0808-1584
e-mail: barley22@ukr.net; ORCID: 0000-0002-9738-1203
e-mail: vasylenkonv147@gmail.com; ORCID: 0000-0002-4326-6613

² Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: demolena@ukr.net; ORCID: 0000-0002-4134-9853

В екологічних умовах центральної частини Лісостепу України (Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН України) досліджено вплив умов року (2016/17–2018/19 рр.), строку сівби (26 вересня, 5 жовтня, 16 жовтня) та різних попередників (сидеральний пар, гірчиця, соя, соняшник, кукурудза) на мінливість маси 1000 зерен сімнадцяти сучасних генотипів пшениці озимої. Роки досліджень були контрастними за гідротермічним режимом із нерівномірним розподілом опадів за місяцями. В умовах центральної частини Лісостепу України виявлено значну варіабельність маси 1000 зерен залежно від умов років дослідження. Найбільшу мінливість даної ознаки відмічали в 2016/17 р. (23,1–42,2 г), найменшу — в 2018/19 р. (37,0–41,1 г). Найбільш істотний вплив на масу 1000 зерен пшениці озимої мали умови року вирощування (63,2%). Частка впливу генотипу становила 7,0%, попередника — 4,8%, строку сівби — 0,4%. У розрізі окремих років встановлено зміну частки впливу в загальній дисперсії її складових: генотипу (23,5–30,1%), попередника (12,7–39,8%), строку сівби (0,8–6,1%) та взаємодій між ними (2,0–26,5%). Також, і в розрізі окремих генотипів виявлено різне співвідношення впливу умов року (55,3–84,8%), строку сівби (0,1–4,2%) та попередника (1,7–14,7%) на формування маси 1000 зерен. За період дослідження у середньому для всіх генотипів встановлено максимальну масу 1000 зерен після попередника сидеральний пар (42,6 г), найменшу — після сої (39,0 г). Зі зміщенням строку сівби від 26 вересня до 16 жовтня виявлено загальну тенденцію зменшення маси 1000 зерен після попередників гірчиця, соняшник, кукурудза, соя. Виявлено достовірні відмінності в реакції досліджуваних генотипів на строки сівби після різних попередників. Встановлено найбільший вплив попередників на масу 1000 зерен у сорту МІП Дарунок, строків сівби — сорту МІП Відзнака. Виділено сорти Трудівниця миронівська, Балада миронівська, МІП Дніпрянка, Аврора миронівська, МІП Дарунок, які достовірно переважали стандарт за масою 1000 зерен в середньому за роками досліджень, строками сівби та попередниками.

Ключові слова: *Triticum aestivum* L., маса 1000 зерен, гідротермічний режим, антропогенні чинники, варіабельність, частка впливу чинника, ANOVA.

ВСТУП

Пшениця (*Triticum aestivum* L.) — одна з основних культур для харчування людства, яка забезпечує близько 20% усіх спожитих калорій [1]. Відповідно до цього, зростання виробництва зерна, що відповідає вимогам

світових стандартів за якісними показниками є одним із важливих завдань сільськогосподарської науки та виробництва [2; 3]. Наріжним каменем в даному аспекті є створення сучасних сортів пшениці озимої, здатних не лише формувати високу врожайність та якість продукції, але й меншою мірою негативно реагувати на сучасні

погодні флуктуації, що є наслідком кліматичних змін, а також бути пристосованими до різних технологій вирощування.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Урожайність зерна пшениці — кількісна ознака, що є сумарним кінцевим результатом сполучення низки її елементів структури, одним з основних, серед яких, є маса 1000 зерен [4–7]. Окрім того, маса 1000 зерен — один з основних кількісних показників, що характеризує не лише врожайність, але й технологічні і фізичні показники якості зерна [8]. Зразки зерна з більшою масою 1000 зерен мають вищий вихід борошна, а також вищий вихід кондиційного насіння, що, своєю чергою, впливає на продуктивність насінневих посівів [9; 10]. Встановлено, що даний показник формується не лише залежно від сортових особливостей, але також під впливом екологічних умов вирощування і агротехнічних заходів [11].

Аналіз структури посівних площ сільськогосподарських культур в Україні за останні роки вказує, що переважну частину (окрім пшениці безпосередньо) займають такі культури, як соняшник, кукурудза та соя [12]. Тому, значні площі пшениці озимої висівають саме після наведених попередників. Своєю чергою, залежно від попередників та погодних умов певного року суттєво варіюють строки сівби пшениці озимої [13]. Різний час збирання попередників у виробничих умовах, а також варіювання за роками параметрів водного і температурного режимів в осінній період вказують на актуальність дослідження різних строків сівби пшениці озимої [14]. Відомо, що ранні строки сівби можуть призводити до переростання рослин в осінній період, а це, своєю чергою, знижує зимостійкість, провокує вилягання і збільшення відсотку ураження збудниками хвороб протягом весняно-літньої вегетації. За пізніх строків сівби, недорозвинені з осені рослини не завжди можуть компенсувати продуктивний стеблостій весняним кущінням, що істотно впливає на рівень урожайності

та показники якості. Таким чином, лише за сівби в оптимальні строки та після правильно підібраних попередніх культур для кожного сорту можливо отримати високу врожайність з відповідними показниками якості зерна [15; 16]. Практичне значення має інформація як щодо оптимального для кожного генотипу попередника та строку сівби, так і виділення генотипів з вищим рівнем фенотипової стабільності за врожайністю та показниками якості після різних попередників та за різних строків сівби [17; 18].

Таким чином, вище окреслені аспекти повинні бути обов'язково враховані при оцінюванні та проведенні добору генотипів у селекційному процесі, а також у подальшому за розробки технології вирощування уже створених та зареєстрованих сортів.

З огляду на це, мета досліджень — виявити особливості впливу абіотичних і антропогенних чинників на рівень прояву та варіювання маси 1000 зерен пшениці м'якої озимої в екологічних умовах центральної частини Лісостепу України. Відповідно до цього завданням було виявлення статистичними методами аналізу частки впливу погодних умов різних років досліджень, строків сівби, попередників і різних взаємодій між ними на формування маси 1000 зерен у лінійки перспективних сортів пшениці м'якої озимої. Практичний аспект досліджень — визначення оптимальних градацій досліджених чинників для окремих генотипів, а також виділення сортів з підвищеним та стабільним рівнем прояву даної ознаки в середньому за усіма варіантами досліджу.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проведено в Миронівському інституті пшениці імені В.М. Ремесла НААН України у 2016/17–2018/19 рр. Матеріалом для досліджень були сімнадцять генотипів пшениці м'якої озимої: G1 Подолянка (стандарт), G2 МІП Валенсія, G3 МІП Вишиванка, G4 МІП Княжна, G5 Трудівниця миронівська, G6 Балада миронівська, G7 Вежа миронівська, G8 Грація

миронівська, G9 Естафета миронівська, G10 МІП Ассоль, G11 МІП Дніпрянка, G12 Аврора миронівська, G13 МІП Відзнака, G14 МІП Дарунок, G15 МІП Лада, G16 МІП Фортуна, G17 МІП Ювілейна висіяні за трьох строків сівби (I – 26 вересня, II – 5 жовтня, III – 16 жовтня), після п'яти попередників (сидеральний пар (GM), гірчиця (MS), соя (SB), соняшник (SF), кукурудза (CR)).

Грунтовий покрив – чорнозем глибокий, малогумусний, слабковилугований. Потужність гумусового горизонту становить 38–40 см. Вміст гумусу 3,7–3,9%, лужногідролізованого азоту – 55–64 мг, фосфору – 205–238 мг, обмінного калію – 82–110 мг на 1 кг ґрунту. рН сольове – 5,1–6,6. Питома частка твердої фази ґрунту знаходиться в межах 2,62–2,71 г/см³. Об'ємна маса ґрунту за профілем не перевищує 1,29 г/см³, орного шару – 1,27 см³.

Агротехніка вирощування загальноприйнята для зони Лісостепу [19]. Сівбу здійснювали селекційною сівалкою СН-10 Ц з нормою висіву 5 млн схожих насінин на 1 га. Ділянки розміщували за повною рендомізованою схемою в чотириразовій повторності. Облікова площа – 10 м². Збирали прямим комбайнуванням комбайном «Sampro-130». Визначали масу 1000 зерен з кожного повторення відповідно до ГОСТ 10842–89 [20].

Статистичну обробку отриманих даних проводили за методами описової і варіаційної статистики, а також дисперсійного аналізу (ANOVA) з використанням програм Statistica 8.0, Excel 2010.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Роки досліджень були контрастними за гідротермічним режимом з нерівномірним розподілом опадів за місяцями (табл. 1). Середня температура повітря щороку перевищувала середню багаторічну (СБП) на 0,8–1,7°C. Найбільше варіювання середньомісячних температур за роками спостерігали переважно з листопада по березень. Загалом до посушливих можна віднести 2016/17 і 2018/19 вегетаційні роки, а більш зволеним був 2017/18 р. Сума опадів у ці роки становила відповідно 78%, 91 та 120% порівняно до СБП кількості. Особливо слід відмітити нестачу опадів у серпні в усі роки випробувань (в середньому менше на 36 мм до СБП кількості), у вересні 2016/17 р. і 2017/18 р. (відповідно на 48 та 37 мм менше СБП), у жовтні 2018/19 р. (на 18 мм менше СБП), у березні 2016/17 р. (на 22 мм менше до СБП кількості), у квітні 2017/18 р. і 2018/19 р. (відповідно на 20 та 18 мм менше до СБП), а також у травні 2016/17 р. і 2017/18 р. (відповідно на 28 і 18 мм менше СБП), у червні 2016/17 р. (на 59 мм менше СБП).

Таблиця 1. Середньомісячні значення гідротермічного режиму за період проведення досліджень, 2016/17–2018/19 рр.

Рік	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	За рік
<i>Температура повітря, °C</i>													
2016/17 р.	21,1	15,7	6,7	1,4	-1,8	-5,3	-2,6	6,0	10,4	15,4	20,6	20,9	9,0
2017/18 р.	22,4	17,0	8,6	3,5	2,2	-2,9	-3,6	-1,8	13,3	18,4	20,2	21,1	9,9
2018/19 р.	22,0	16,7	10,6	0,0	-1,8	-5,0	0,3	4,6	10,4	17,4	22,7	19,6	9,8
СБП	19,5	14,4	8,2	2,2	-2,3	-4,6	-3,7	1,2	9,1	15,3	18,5	20,2	8,2
<i>Сума опадів, мм</i>													
2016/17 р.	37	2	75	44	31	31	33	12	43	23	20	102	453
2017/18 р.	20	13	74	52	115	63	37	93	21	33	97	79	697
2018/19 р.	15	89	28	22	72	40	26	27	23	50	87	50	529
СБП	60	50	36	40	42	36	31	34	41	51	79	79	579

Примітка: СБП – середній багаторічний показник (1980–2016 рр.).

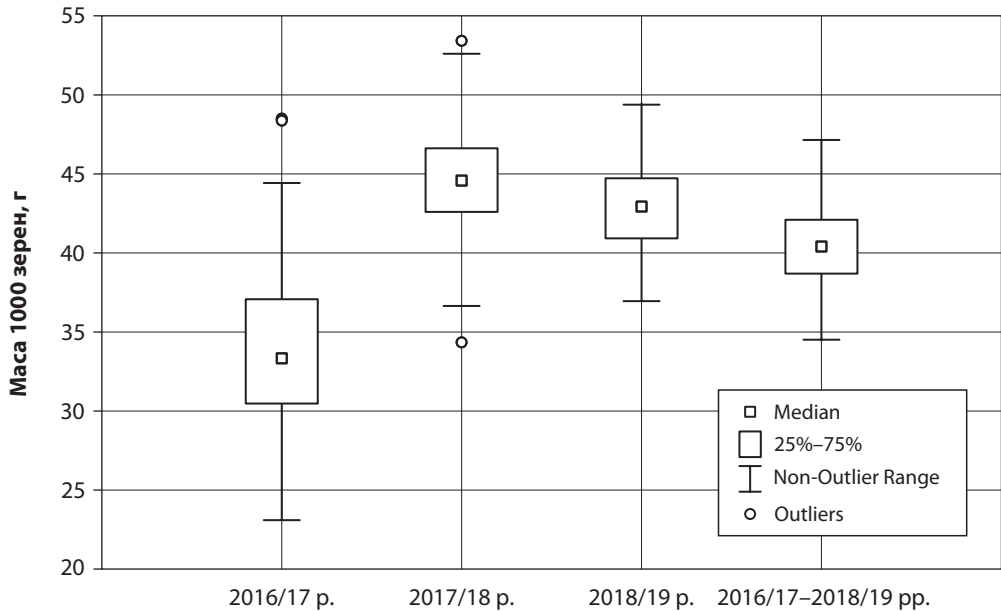


Рис. 1. Варіювання маси 1000 зерен генотипів пшениці озимої залежно від умов року, г

Виявлено значну мінливість маси 1000 зерен пшениці озимої залежно від гідротермічних умов років дослідження (рис. 1). Найбільшу варіабельність даного показника відмічено в 2016/17 р. (23,1–48,4 г), найменшу – в 2018/19 р. (37,0–49,5 г). У середньому для усієї вибірки генотипів після п'яти попередників за трьох строків сівби максимальну (44,5 г) масу 1000 зерен відмічено в 2017/18 р., найнижчу (33,9 г) – в 2016/17 р. У 2018/19 р. даний показник становив 42,9 г.

За результатами дисперсійного аналізу (табл. 2) встановлено переважання впливу умов року вирощування на масу 1000 зерен сортів пшениці м'якої озимої (63,2%). Частка впливу генотипу становила 7,0%, попередника – 4,8%. Істотного впливу строків сівби на даний показник не виявлено. Виявлено значний (7,4%) вплив взаємодії чинників рік × попередник, що свідчить про різний вплив попередніх культур на масу 1000 зерен у різні роки вирощування.

Найбільшу частку впливу умов року на даний показник отримано також у дослідях

Коломієць та ін., Skudra et al., Twizerimana A. et al. [10; 21; 22]. Однак, за результатами Li S. et al. [1] маса 1000 зерен більшою мірою залежала від генотипу.

Аналізуючи вплив факторів генотип, попередник, строк сівби на масу 1000 зерен та взаємодії між ними в розрізі років, спостерігали значну варіабельність (табл. 3). Частка впливу генотипу була найбільшою (30,1%) в 2017/18 р., попередника (39,8%) в 2016/17 р., строку сівби (6,1%) в 2018/19 р.

Встановлено значний внесок у загальну дисперсію взаємодії факторів генотип × попередник з максимальною часткою 26,5% (2018/19 р.) та генотип × попередник × строк сівби з варіацією від 11,0 (2017/18 р.) до 19,2% (2018/19 р.), що свідчить про різну реакцію генотипів на контрастні строки сівби після різних попередників у різні роки.

Виявлено різне співвідношення впливу умов року, строку сівби та попередника для різних генотипів (табл. 4). Зокрема, частка умов року варіювала від 55,3 до 84,8%, попередника від 1,7 до 14,7%, строку

Таблиця 2. Результати дисперсійного аналізу маси 1000 зерен генотипів пшениці м'якої озимої, 2016/17–2018/19 рр.

Джерело варіації	df	SS	MS	F _{фак.}	F _{теор.}	Частка впливу, %
Загальна	3059	106381,7			1%	
Генотип (А)	16	7408,2	463,0	1682,2	2,0	7,0
Рік (В)	2	67248,6	33624,3	122166,2	4,6	63,2
Попередник (С)	4	5109,8	1277,4	4641,3	3,3	4,8
Строк сівби (D)	2	444,0	222,0	806,5	4,6	0,4
А×В	32	3260,3	101,9	370,2	1,7	3,1
А×С	64	1026,7	16,0	58,3	1,5	1,0
А×D	32	765,3	23,9	86,9	1,7	0,7
В×С	8	7882,3	985,3	3579,8	2,5	7,4
В×D	4	325,4	81,4	295,6	3,3	0,3
С×D	8	298,0	37,3	135,4	2,5	0,3
А×В×С	128	3006,6	23,5	85,3	1,3	2,8
А×В×D	64	1113,8	17,4	63,2	1,5	1,0
В×С×D	16	1931,0	120,7	438,5	2,0	1,8
А×С×D	128	2014,1	15,7	57,2	1,3	1,9
А×В×С×D	256	3916,1	15,3	55,6	1,2	3,7
Невраховані фактори	2295	631,7	0,3	—	—	0,6

Примітка: df – число ступенів свободи, SS – сума квадратів, MS – середній квадрат, F_{фак.} – критерій Фішера фактичне значення, F_{теор.} – критерій Фішера теоретичне значення.

Таблиця 3. Частка впливу факторів (розрахована від суми квадратів) на масу 1000 зерен пшениці м'якої озимої залежно від умов року вирощування, %

Рік	Джерело варіації	Число ступенів волі	Частка впливу, %
2016/17 р.	Генотип (А)	16	27,2
	Попередник (С)	4	39,8
	Строк сівби (D)	2	0,8
	А×С	64	6,7
	А×D	32	4,3
	С×D	8	4,6
	А×С×D	128	15,8
	Невраховані фактори	765	0,9
2017/18 р.	Генотип (А)	16	30,1
	Попередник (С)	4	31,8
	Строк сівби (D)	2	1,8
	А×С	64	7,8
	А×D	32	4,7
	С×D	8	10,7
	А×С×D	128	11,0
	Невраховані фактори	765	2,1

Закінчення таблиці 3

Рік	Джерело варіації	Число ступенів волі	Частка впливу, %
2018/19 р.	Генотип (А)	16	23,5
	Попередник (С)	4	12,7
	Строк сівби (D)	2	6,1
	A×C	64	26,5
	A×D	32	6,8
	C×D	8	2,0
	A×C×D	128	19,2
	Невраховані фактори	765	3,3

Таблиця 4. Частка впливу (%) факторів на масу 1000 зерен різних генотипів пшениці озимої, 2016/17–2018/19 рр.

Шифр	Генотип	Рік (В)	Попередник (С)	Строк (D)	В×С	В×D	С×D	В×С×D	Невраховані фактори
G1	Подольанка	58,6	8,2	2,5	15,2	0,2	3,0	11,6	0,7
G2	МІП Валенсія	73,0	7,8	1,1	10,4	1,0	1,3	4,9	0,6
G3	МІП Вишиванка	75,4	5,2	0,1	10,1	1,4	1,4	5,7	0,8
G4	МІП Княжна	64,5	5,5	1,6	19,7	0,9	2,0	4,6	1,2
G5	Трудівниця миронівська	68,8	9,6	1,4	7,9	0,6	3,1	7,5	1,1
G6	Балада миронівська	55,3	8,4	1,5	16,8	5,3	3,5	8,3	0,8
G7	Вежа миронівська	76,0	4,1	0,3	10,8	0,3	4,4	3,5	0,5
G8	Грація миронівська	65,8	4,7	0,4	12,6	3,6	2,6	9,8	0,5
G9	Естафета миронівська	84,8	4,6	1,1	5,6	0,3	1,7	1,6	0,4
G10	МІП Ассоль	73,1	4,9	0,3	9,4	1,2	1,4	9,2	0,5
G11	МІП Дніпрянка	75,5	1,7	0,6	7,4	3,2	2,1	8,8	0,7
G12	Аврора миронівська	56,1	9,3	0,5	21,7	1,0	4,3	6,2	0,8
G13	МІП Відзнака	76,2	2,8	4,2	9,3	1,0	2,1	3,7	0,6
G14	МІП Дарунок	68,6	14,7	2,8	6,4	1,2	2,0	3,8	0,6
G15	МІП Лада	60,4	5,5	0,8	18,7	3,1	4,0	6,9	0,6
G16	МІП Фортуна	76,2	4,2	1,2	11,1	1,3	0,5	4,9	0,7
G17	МІП Ювілейна	83,0	7,7	1,2	3,7	0,4	1,4	2,2	0,4

сівби від 0,1 до 4,2%, взаємодії факторів рік × попередник, рік × строк сівби, попередник × строк сівби, рік × попередник × строк сівби (3,7–21,7; 0,2–5,3; 0,5–4,4; 1,6–11,6% відповідно).

Встановлено найменший вплив попередника на масу 1000 зерен сортів МІП Дніпрянка та МІП Відзнака (1,7; 2,8%, відповідно), найбільший – сорту МІП Дарунок

(14,7% відповідно). Максимальний вплив строків сівби на даний показник виявлено лише у сорту МІП Відзнака (4,2%) в інших сортів частка впливу не перевищувала 2,8%. Відзначали істотну частку взаємодії факторів рік × попередник у сортів Грація миронівська, Подольанка, Балада миронівська, МІП Лада, МІП Княжна, Аврора миронівська (12,6%; 15,26; 16,86; 18,76; 19,76;

Таблиця 5. Маса 1000 зерен (г) пшениці озимої (середнє для 17 генотипів) залежно від строків сівби та попередників, середнє за 2016/17–2018/19 рр.

Строк сівби	GM	MS	SF	CR	SB	Середнє
I	42,8	41,7	40,0	40,5	39,3	40,9
II	43,3	40,9	39,4	39,4	39,2	40,4
III	41,7	40,4	39,2	39,9	38,4	39,9
Середнє	42,6	41,0	39,5	39,9	39,0	40,4
НІР ₀₅	0,8	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7

21,7% відповідно) та значну частку взаємодії чинників рік × попередник × строк сівби у сорту Подолянка (11,6%).

У середньому для всіх генотипів за 2016/17–2018/19 рр. максимальну масу 1000 зерен (42,6 г) отримали після попередника сидеральний пар, найменшу (39,0 г) – після сої (табл. 5). Схожу закономірність спостерігали й інші дослідники [18].

Зі зміщенням строку сівби від 26 вересня до 16 жовтня виявлено загальну тенденцію зменшення маси 1000 зерен у середньому по досліді. Однак після попередника сидеральний пар отримано найвищу крупність зернівки за сівби 5 жовтня (див. табл. 5).

Для окремих генотипів зі зміщенням строку сівби до 16 жовтня відмічали збільшення маси 1000 зерен після певних попередників (рис. 2).

Так, після сидерального пару – у сортів Балада миронівська, МІП Лада; після гірчиці – у сортів Трудівниця миронівська, МІП Дніпрянка, Аврора миронівська, МІП Лада; після соняшнику – у сортів МІП Вишиванка, МІП Княжна, МІП Лада; після кукурудзи – у сортів Естафета миронівська, МІП Дарунок; після сої – у сортів МІП Вишиванка, Грація миронівська, МІП Дніпрянка, МІП Лада. Також помітно, що для низки генотипів оптимальним був другий строк сівби після певних попередників. Істотно вищу масу 1000 зерен за сівби 5 жовтня у середньому за 2016/17–2018/19 рр. після попередника сидеральний пар сформували сорти МІП Валенсія (43,0 г), Трудівниця миронівська (45,1 г), Вежа миронівська (46,7 г), Естафета миронівська (43,4 г), Аврора миронівська (47,2 г), МІП

Відзнака (43,3 г); після соняшнику – Подолянка (40,5 г), Трудівниця миронівська (41,9 г), Грація миронівська (41,6 г), МІП Ассоль (38,4 г); після кукурудзи – Трудівниця миронівська (41,6 г), МІП Дарунок (43,0 г), МІП Ассоль (37,7 г), Аврора миронівська (43,6 г); після сої – Подолянка (41,2 г), Естафета миронівська (39,3 г), МІП Лада (39,2 г).

У 2018/19 р. за масою 1000 зерен достовірно переважали стандарт Подолянка 56,3% сортів, в 2016/17 р. та 2017/18 р. – 31,3%. У середньому за всіма варіантами досліді в роки випробування сорти Трудівниця миронівська (41,6 г), Балада миронівська (42,2 г), МІП Дніпрянка (42,1 г), Аврора миронівська (42,6 г), МІП Дарунок (42,9 г) істотно переважали стандарт (40,7 г) (рис. 3). Сорти МІП Княжна (41,0 г), Вежа миронівська (40,9 г), Грація миронівська (41,0 г) також переважали стандарт Подолянка, але в межах найменшої істотної різниці.

Отже, у результаті проведених досліджень виявлено частки впливу гідротермічних умов року вирощування, строків сівби, попередників та їх взаємодій на формування маси 1000 зерен перспективних генотипів пшениці м'якої озимої в екологічних умовах центральної частини Лісостепу України.

Проведено диференціювання та виокремлено сорти пшениці м'якої озимої з підвищеним та стабільним рівнем прояву маси 1000 зерен у розрізі досліджених градацій чинників, як навколишнього природного середовища (гідротермічні умови років), так і антропогенного навантаження (строки сівби та попередники).

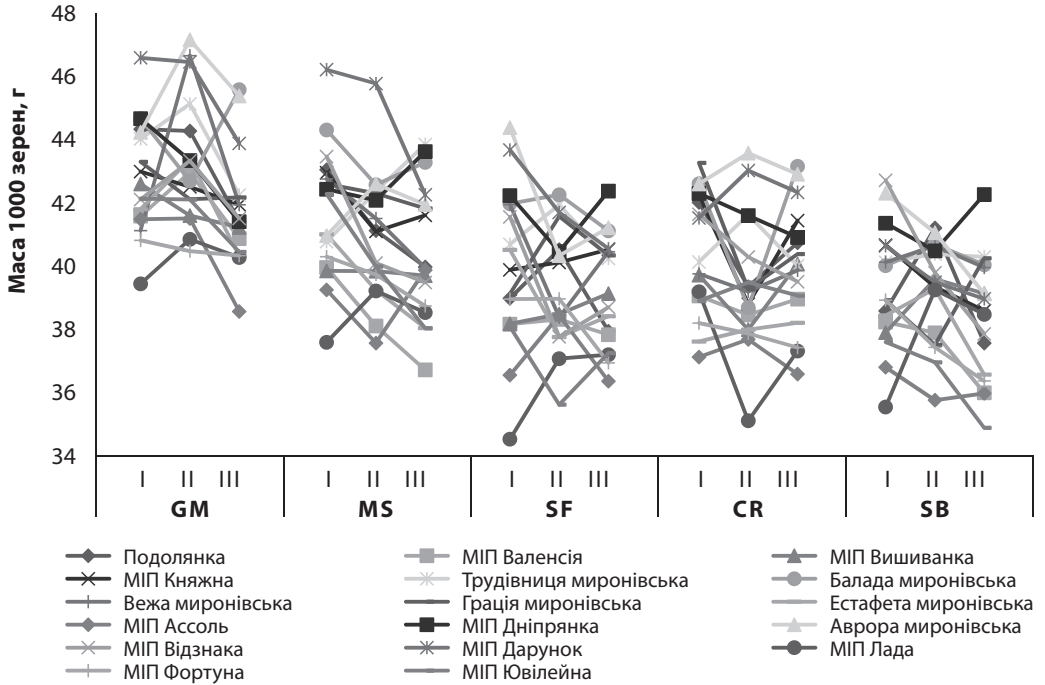


Рис. 2. Варіювання маси 1000 зерен сортів пшениці м'якої озимої залежно від строків сівби та попередників, середнє за 2016/17–2018/19 рр.

Примітка. Строки сівби: I – 26 вересня, II – 5 жовтня, III – 16 жовтня; попередники: сидеральний пар – GM, гірчиця – MS, соя – SB, сояніжник – SF, кукурудза – CR.

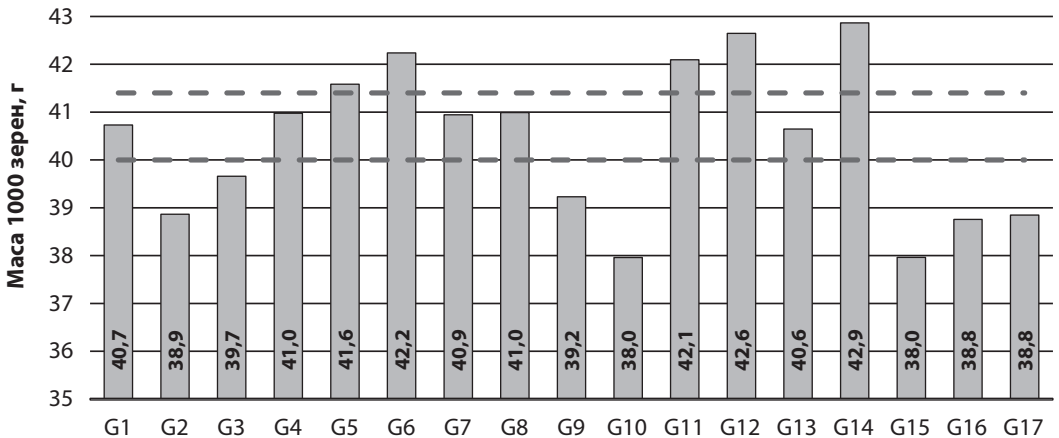


Рис. 3. Маса 1000 зерен у різних генотипів пшениці озимої в середньому за строками сівби та після усіх попередників, 2016/17–2018/19 рр.

Примітка. Позначення генотипів таке: G1 Подолянка, G2 МІП Валенсія, G3 МІП Вишиванка, G4 МІП Княжна, G5 Трудівниця миронівська, G6 Балада миронівська, G7 Вежа миронівська, G8 Грація миронівська, G9 Естафета миронівська, G10 МІП Ассоль, G11 МІП Дніпрянка, G12 Аврора миронівська, G13 МІП Відзнака, G14 МІП Дарунок, G15 МІП Лада, G16 МІП Фортуна, G17 МІП Ювілейна.

ВИСНОВКИ

Виявлено значну варіабельність рівня прояву маси 1000 зерен пшениці озимої в екологічних умовах центральної частини Лісостепу України залежно від умов року, генотипу, строку сівби та після різних попередників. Найбільш істотний вплив на масу 1000 зерен пшениці озимої мали умови року вирощування. У розрізі окремих років встановлено істотну зміну частки впливу в загальній дисперсії генотипу, попередника, строку сівби та взаємодій між ними.

Максимальну масу 1000 зерен у середньому для всіх генотипів за період дослідження спостерігали після попередника сидеральний пар, найменшу — після сої.

Виявлено загальну тенденцію зменшення рівня прояву ознаки зі зміщенням строку сівби від 26 вересня до 16 жовтня після попередників гірчиця, соняшник, кукурудза, соя. Встановлено достовірні відмінності в реакції досліджуваних генотипів на строки сівби після різних попередників. Максимальний вплив попередників на формування маси 1000 зерен був для сорту МІП Дарунок, строків сівби — сорту МІП Відзнака.

У середньому за усіма варіантами досліду достовірно переважали стандарт за масою 1000 зерен генотипи пшениці озимої Трудівниця миронівська, Балада миронівська, МІП Дніпрянка, Аврора миронівська, МІП Дарунок.

ЛІТЕРАТУРА

- Li S. et al. Dissection of genetic basis underpinning kernel weight-related traits in common wheat. *Plants (Basel)*. 2021. Vol. 10(4). P. 713–727. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10040713>
- Li T. et al. Identification and validation of a novel locus controlling spikelet number in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Frontiers in Plant Science*. 2021. Vol. 12: 611106. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.611106>
- Betsiashvilia M. et al. Agro-morphological and biochemical characterization of Georgian common wheat (*T. aestivum*) — «Dolis puri» sub-varieties. *Annals of Agrarian Science*. 2020. Vol. 18. Iss. 4. P. 448–458.
- Wang R. et al. QTL identification and KASP marker development for productive tiller and fertile spikelet numbers in two high-yielding hard white spring wheat cultivars. *Molecular Breeding*. 2018. Vol. 38. P. 135–147. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11032-018-0894-y>
- Kuzay S. et al. Identification of a candidate gene for a QTL for spikelet number per spike on wheat chromosome arm 7AL by high-resolution genetic mapping. *Theoretical and Applied Genetics*. 2019. Vol. 132. Iss. 9. P. 2689–2705. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-019-03382-5>
- Cao S. et al. Genetic architecture underpinning yield component traits in wheat. *Theoretical and Applied Genetics*. 2020. Vol. 133. P. 1811–1823. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-020-03562-8>
- Kumar A. et al. Genome wide genetic dissection of wheat quality and yield related traits and their relationship with grain shape and size traits in an elite × non-adapted bread wheat cross. *PLoS One*. 2019. Vol. 14(9): e0221826. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221826>
- Sapirstein H., Wu Y., Koxsel F. and Graf R.J. A study of factors influencing the water absorption capacity of Canadian hard red winter wheat. *Journal of Cereal Science*. 2018. Vol. 81. P. 52–59. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.01.012>
- Okon E., Etta H.E. and Zuba V. Variation of grain weight -ear⁻¹ and -plant⁻¹ and 1000-grain weight traits of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties under the effect of different treatments. *European Journal of Pharmaceutical and Medical Research*. 2016. Vol. 3 (4). P. 24–29.
- Коломієць Л.А., Кириленко В.В., Маринка С.М. Формування показників адаптивності (урожайності, маси 1000 зерен та натури зерна) ліній пшениці озимої залежно від гідротермічних умов у зоні Лісостепу України. *Селекція і насінництво*. 2012. Випуск 102. С. 22–29. DOI: <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2012.59814>
- Близнюк Б.В. та ін. Вплив агроекологічних чинників і сорткових особливостей на врожайність та якість зерна пшениці м'якої озимої. *Агроекологічний журнал*. 2019. № 1. С. 62–73. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2019.163258>
- Рослинництво України за 2019 р.: статист. зб. / за ред. О. Прокопенка. Київ: Державна служба статистики України, 2020. 183 с.
- Costa R. et al. Effect of sowing date and seeding rate on bread wheat yield and test weight under Mediterranean conditions. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 2013. Vol. 25. Iss. 12. P. 951–961. DOI: <https://doi.org/10.9755/ejfa.v25i12.16731>
- Демидов О.А., Сіроштан А.А. Вплив погодних умов і агротехнічних заходів на посівні якості насіння та врожайність пшениці озимої. *Агро-екологічний журнал*. 2018. № 1. С. 74–80.
- Habibi A. and Fazily T. Effect of sowing dates on growth, yield attributes and yield of four wheat varieties. *EPRA International Journal of Research and Development*. 2020. Vol. 5. Iss. 1. P. 56–59. DOI: <https://doi.org/10.36713/epra3895>

16. Гудзенко В.Н. Статистическая и графическая (GGE biplot) оценка адаптивной способности и стабильности селекционных линий ячменя озимого. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2019. Т. 23. № 1. С. 110–118. DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ19.469>
17. Правдзіва І.В., Демидов О.А., Гудзенко В.М., Дергачов О.Л. Оцінювання врожайності та стабільності генотипів пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.) залежно від попередників та строків сівби. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2020. Vol. 16. № 3. С. 291–302. DOI: <https://doi.org/10.21498/2518-1017.16.3.2020.214923>
18. Жемела Г.П., Шакалій С.М. Вплив попередників на врожайність та якість зерна пшениці м'якої озимої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2012. № 3. С. 20–22. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2012.03.03>
19. Технологія виробництва насіння пшениці озимої (Методичні рекомендації) / за ред. А.А. Сіроштана, В.П. Кавунця. Київ: ТОВ ЦП Компринт, 2016. 92 с.
20. ГОСТ 10842–89 (ИСО 520–77). Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян. [Действующий от 1991-07-01]. Изд. офис. Москва: Стандартинформ, 2009. 4 с.
21. Skudra I. and Ruža A. Ziemas kviešu 1000 graudu masas un graudu tilpummasas ietekmējošo faktoru izvērtējums. In: *Zinātniski praktiskā konference «Līdzsvarota Lauksaimniecība»* (Februāris 25–26, 2016). LLU, Jelgava, Latvija. P. 217–218.
22. Twizerimana A. et al. The combined effect of different sowing methods and seed rates on the quality features and yield of winter wheat. *Agriculture*. 2020. Vol. 10. Iss. 5. P. 153–173. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture10050153>

REFERENCES

1. Li, S. et al. (2021). Dissection of genetic basis underpinning kernel weight-related traits in common wheat. *Plants (Basel)*, 10 (4), 713–727. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10040713> [in English].
2. Li, T. et al. (2021). Identification and validation of a novel locus controlling spikelet number in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Frontiers in Plant Science*, 12: 611106. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.611106> [in English].
3. Betsiashvilia, M. et al. (2020). Agro-morphological and biochemical characterization of Georgian common wheat (*T. aestivum*) – «Dolis puri» sub-varieties. *Annals of Agrarian Science*, 18 (4), 448–458 [in English].
4. Wang, R. et al. (2018). QTL identification and KASP marker development for productive tiller and fertile spikelet numbers in two high-yielding hard white spring wheat cultivars. *Molecular Breeding*, 38, 135–147. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11032-018-0894-y> [in English].
5. Kuzay, S. et al. (2019). Identification of a candidate gene for a QTL for spikelet number per spike on wheat chromosome arm 7AL by high-resolution genetic mapping. *Theoretical and Applied Genetics*, 132 (9), 2689–2705. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-019-03382-5> [in English].
6. Cao, S. et al. (2020). Genetic architecture underpinning yield component traits in wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 133, 1811–1823. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-020-03562-8> [in English].
7. Kumar, A. et al. (2019). Genome wide genetic dissection of wheat quality and yield related traits and their relationship with grain shape and size traits in an elite × non-adapted bread wheat cross. *PLoS One*, 14 (9): e0221826. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221826> [in English].
8. Sapirstein, H., Wu, Y., Koxsel, F. & Graf, R.J. (2018). A study of factors influencing the water absorption capacity of Canadian hard red winter wheat. *Journal of Cereal Science*, 81, 52–59. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.01.012> [in English].
9. Okon, E., Etta, H.E. & Zuba, V. (2016). Variation of grain weight $\cdot \text{ear}^{-1}$ and $\cdot \text{plant}^{-1}$ and 1000-grain weight traits of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties under the effect of different treatments. *European Journal of Pharmaceutical and Medical Research*, 3 (4), 24–29 [in English].
10. Kolomiets, L.A., Kyrylenko, V.V. & Marynka, S.M. (2012). Formuvannia pokaznykyv adaptyvnosti (urozhainosti, masy 1000 zeren ta natury zerna) linii pshenytsi ozymoi zalezno vid hidrottermichnykh umov u zoni Lisostepu Ukrainy [Formation of indicators of adaptability (yield, of 1000 grains weight and test weight) of winter wheat lines depending on hydrothermal conditions in the Forest-Steppe of Ukraine]. *Selektisia i nasimnytstvo – Breeding and seed production*, 102, 22–29. DOI: <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2012.59814> [in Ukrainian].
11. Blyznyuk, B.V. et al. (2019). Vplyv ahroekolohichnykh chynnykyv i sortovykh osoblyvosti na vrozhaynist ta yakist zerna pshenytsi m'yakoi ozymoi [Influence of agro-ecological factors and varietal characteristics on yield and grain quality of bread winter wheat]. *Ahroekolohichnyi zhurnal – Agroecological journal*, 1, 62–73. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2019.163258> [in Ukrainian].
12. Prokopenko, O. (Ed.). Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. (2020). *Roslynnnytstvo Ukrainy za 2019 rik: statystychnyi zbirnik [Crop production of Ukraine for 2019: Statistical collection]*. Kyiv [in Ukrainian].
13. Costa, R. et al. (2013). Effect of sowing date and seeding rate on bread wheat yield and test weight under Mediterranean conditions. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 25 (12), 951–961. DOI: <https://doi.org/10.9755/ejfa.v25i12.16731> [in English].
14. Demydov, O.A. & Sirosthan, A.A. (2018). Vplyv pohodnykh umov i ahrotekhnichnykh zakhodiv na posivni yakosti nasinnia ta vrozhaynist pshenytsi

- ozymoi [Influence of weather conditions and agro-technical measures on sowing qualities of seeds and yield of winter wheat]. *Ahroekologichnyi zhurnal – Agroecological journal*, 1, 74–80 [in Ukrainian].
15. Habibi, A. & Fazily, T. (2020). Effect of sowing dates on growth, yield attributes and yield of four wheat varieties. *EPRA International Journal of Research and Development*, 5 (1), 56–59. DOI: <https://doi.org/10.36713/epra3895> [in English].
 16. Gudzenko, V.N. (2019). Statisticheskaya i graficheskaya (GGE biplot) otsenka adaptivnoy sposobnosti i stabil'nosti selektsionnykh liniy yachmenya ozimogo [Statistical and graphical (GGE biplot) evaluation of the adaptive ability and stability of winter barley breeding lines]. *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii – Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 23 (1), 110–118. DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ19.469> [in Russian].
 17. Pravdziva, I.V., Demydov, O.A., Hudzenko, V.M. & Derhachov, O.L. (2020). Otsiniuvannia vrozhainosti ta stabil'nosti henotypiv pshenytsi miakoi ozymoi (*Triticum aestivum* L.) zalezno vid poperednykiv ta strokiv sivby [Evaluation of yield and stability of bread winter wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) depending on predecessors and sowing dates]. *Plant Varieties Studying and Protection*, 16 (3), 291–302. DOI: <https://doi.org/10.21498/2518-1017.16.3.2020.214923> [in Ukrainian].
 18. Zhemela, H.P. & Shakaliy, S.M. (2012). Vplyv poperednykiv na vrozhaynist ta yakist zerna pshenytsi m'iakoi ozymoi [Influence of precursors on grain yield and quality of soft winter wheat]. *Visnyk Poltav'skoi derzhavnoi ahrarnoi akademii – Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 3, 20–22. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2012.03.03> [in Ukrainian].
 19. Siroshstan, A.A. & Kavunets, V.P. (Eds.). (2016). *Tekhnolohiia vyrobnytstva nasinnia pshenytsi ozymoi (Metodychni rekomendatsiyi) [Technology of production of winter wheat seeds (Methodical recommendations)]*. Kyiv: TOV TSP Kompyrnt [in Ukrainian].
 20. Zerno zernovykh i bobovykh kul'tur i semena maslichnykh kul'tur. Metod opredeleniya massy 1000 zeren ili 1000 semyan [Grain of grain and legume crops and oil seeds. Method for determining the mass of 1000 grains or 1000 seeds]. (2009). *GOST 10842–89 (ISO 520–77) from 1st Juli 1991*. Moskva: Standartinform [in Russian].
 21. Skudra, I. & Ruža, A. Ziemas kviešu 1000 graudu masas un graudu tilpummasas ietekmējošo faktoru izvērtējums. In: *Zinātniski praktiskā konference «Līdzsvarota Lauksaimniecība»* (Februāris 25–26, 2016). LLU, Jelgava, Latvija. P. 217–218 [in Latvian].
 22. Twizerimana, A. et al. (2020). The combined effect of different sowing methods and seed rates on the quality features and yield of winter wheat. *Agriculture*, 10 (5), 153–173. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture10050153> [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 31.05.2021

ВПЛИВ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ НА УРОЖАЙНІСТЬ ТА ПОСІВНІ ЯКОСТІ ГОРОХУ ПОСІВНОГО (*PISUM SATIVUM* L.) ЗА ОРГАНІЧНОГО НАСІННИЦТВА

Ю.В. Терновий¹, І.М. Городиська², А.М. Ліщук²,
М.В. Драга², А.В. Вдовиченко¹

¹ Скви́рська дослідна станція органічного виробництва ІАП НААН
(м. Сквир, Київська обл., Україна)

e-mail: ternowoj@i.ua; ORCID: 0000-0002-5829-5089

e-mail: vdovychenko.a@asnova.com; ORCID: 0000-0001-8818-4155

² Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)

e-mail: anni0479@gmail.com; ORCID: 0000-0002-1580-3450

e-mail: lishchuk.alla.n@gmail.com; ORCID: 0000-0002-8339-9365

e-mail: m_draga@hotmail.com; ORCID: 0000-0001-9456-4728

Відповідно до законодавства України однією з вимог до органічного рослинництва є використання органічного насіння та органічного посадкового матеріалу. Високу продуктивність та якість посівного матеріалу для органічного виробництва сільськогосподарської продукції можна отримати лише за умови оптимального забезпечення рослин і ґрунту поживними речовинами й захисту рослин від хвороб, шкідників та бур'янів. Метою роботи було вивчення технологій захисту та живлення гороху із застосуванням вітчизняних біопрепаратів у насінницьких органічних агрофітосенозах. Досліджено вплив органічних технологій вирощування гороху посівного (*Pisum sativum* L.) сорту Стартер (Німеччина) за використання комплексів біологічних препаратів вітчизняних виробників на показники посівної якості насіння (масу 1000 насінин, енергію проростання, схожість). Встановлено позитивний вплив усіх варіантів використання біопрепаратів (поєднання передпосівної обробки насіння, ґрунту та посівів) на якість отриманого насінневого матеріалу і його відповідність вимогам ДСТУ 2240-93 «Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості для репродукційного насіння». Встановлено, що використання комплексів біологічних препаратів вітчизняного виробництва в органічних технологіях забезпечує отримання насіння гороху посівного зі схожістю 94-95%, приріст урожаю насіння гороху — до 0,85 т/га (препарат Амінеон від виробника ТОВ «ЕМУ Грін»). Визначено, що із числа шкідочинних організмів, розповсюджених у органічних посівах гороху посівного, найбільшої шкоди завдає комаха ряду твердокрилих (Coleoptera) — горохова зернівка або брухус (*Bruchus pisorum* L.). До того ж, популяція брухусу збільшувалася у сівозміні, розміщеній на загальній ділянці без просторової ізоляції кожного поля. Головними критеріями виробництва органічного посівного матеріалу бобових культур, в тому числі і гороху посівного, є відповідність технології основним принципам органічного виробництва, здатність її забезпечувати отримання насіння з високими посівними та сортовими якостями та відсутність зараження і пошкодження хворобами й шкідниками.

Ключові слова: сортова якість, посівний матеріал, посівна якість насіння, урожайність, органічне виробництво, біологічні препарати.

ВСТУП

За останніми оцінками Науково-дослідного інституту органічного сільськогосподарства (FiBL), площа під органічним землеробством у світі за останні 21 рік

зросла більше ніж у 6 разів, а за десять років (з 2008 по 2018 рр.) — збільшилася з 34,5 млн га до 71,5 млн га. Кількість фермерів теж подвоїлася — від 1,4 млн до приблизно 2,8 млн [1]. Не є винятком і Україна, де органічне виробництво щороку набуває дедалі більшого поширення.

Так, відповідно до інформації Європейської Комісії, за підсумками 2019 р., Україна посіла 2 місце зі 123 країн за обсягами імпортованої органічної продукції до ЄС, піднявшись на дві сходинки порівняно з 2018 р. За даними моніторингу, проведеного Мінекономіки України, у 2019 р. загальна площа сільськогосподарських земель з органічним статусом та перехідного періоду становила близько 468 тис. га (1,1% від загальної площі земель сільськогосподарського призначення України). При цьому нараховувалось 617 операторів органічного ринку, з них 470 — сільськогосподарські виробники [1].

Широке впровадження органічного виробництва вимагає, серед іншого, і дотримання вимог законодавства щодо насіння та садивного матеріалу, що використовуються в органічних технологіях.

Основи органічного виробництва насіння сільськогосподарських культур у Європейському Союзі закладено в статті 12 Постанови Ради (ЄС) № 834/2007, від 28 червня 2007 р., стосовно органічного виробництва і маркування органічних продуктів, в якій йдеться про те, що в органічному рослинництві «слід використовувати лише насіння та вегетативний садивний матеріал, отримані методами органічного виробництва», а саме «материнську рослину для насіння та батьківську рослину вегетативного садивного матеріалу було вирощено у відповідності до правил, викладених у даній Постанові, принаймні протягом одного покоління, або, у випадку багаторічних культур, протягом двох вегетаційних періодів» [2].

Згідно із Законом України «Про основні принципи та вимоги до органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції», що був введений у дію 2 серпня 2019 р., насінництво та розсадництво є одним із напрямів органічного виробництва [3]. Згідно з цим законом, органічним вважається насіння і садивний матеріал, розмножені відповідно до вимог законодавства у сфері органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції, а саме використання для сівби органічного

насіння та використання для посадки органічного садивного матеріалу, крім випадків, встановлених цим Законом.

«Детальними правилами виробництва органічної продукції (сировини) рослинного походження», затвердженими Постановою Кабінету Міністрів України від 31 серпня 2016 р. № 587, передбачено, що для виробництва органічної продукції може використовуватися лише насіння і садивний матеріал, що отримані методом органічного виробництва (материнські та батьківські форми рослин, вирощені впродовж одного покоління, і багаторічні культури, вирощені впродовж двох вегетаційних періодів); насіння і садивний матеріал для виробництва органічної продукції повинні бути стійкими до хвороб та шкідників.

Таким чином, вимоги законодавства ЄС і України стосуються лише технологій, за якими може бути вирощено органічне насіння, але при цьому не визначено критерії та показники, які б забезпечували високу якість посівного матеріалу для органічного виробництва сільськогосподарської продукції.

У традиційному виробництві до основних критеріїв, за якими визначається якість посівного матеріалу, належать: чистота насіння, його схожість, енергія проростання, маса 1000 насінин, та сортові якості, які характеризуються генетичною однорідністю й вирівняністю основних ознак, властивих для сорту.

Використання якісного насіння за зазначеними критеріями є важливим кроком до отримання дружніх сходів і, як результат — високого та якісного врожаю.

Для вирощування органічного насіння найкращим є використання добазового (елітного) необробленого насіння, з подальшим отриманням репродукційного. Для репродукційного насіння ДСТУ 2240-93 [4] встановлено такі показники якості: сортова чистота не менше 98%, схожість не менше 92%, максимальна вологість насіння 15%.

Основні положення, прописані у вищевказаних законах, не впливають на процес

первинного насінництва бобових культур, але кардинально змінюють технологію виробництва органічного насіння. На насінницьких посівах сільськогосподарських культур дуже важливо дотримуватись усіх вимог технології. Під такі посіви виділяють найродючіші і незасмічені бур'янами площі. Сівбу проводять добірним високоякісним насінням в оптимальні строки на дбайливо підготовлених полях. Дуже важливим прийомом для всіх сільськогосподарських культур є старанне вирівнювання поверхні поля. Крім того, на насінницьких посівах використовують максимально збалансовану систему живлення та захисту з метою отримання якісного насіння за розміром та фітосанітарним станом.

Для вирішення цих питань в органічному виробництві необхідно розробити систему біологічних та агротехнічних заходів [5–7], що забезпечать оптимальний захист та живлення насінницьких органічних агрофітоценозів із метою отримання якісного насіннєвого матеріалу.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Останнім часом горох, як важлива складова сівозміни, набуває повсюдного поширення в органічному виробництві. Зростають і площі органічного виробництва цієї культури. За даними 2019 р., Україна експортувала 6,7 тис. т органічного гороху, вийшовши на ринки Швейцарії, Нідерландів, Італії та Іспанії. Забезпечення виробництва такої кількості органічної продукції цієї культури потребує значної кількості органічного посівного матеріалу, оскільки норма висіву гороху в органічному виробництві сягає 400 кг/га. На сьогодні більшість органічних виробників вирощують власний органічний посівний матеріал, працюючи за схемою: висів неорганічного необробленого хімічними засобами насіння, вирощування його на сертифікованих ділянках, збір органічного насіння, яке в подальшому висівають як для товарних цілей, так і для отримання органічного насіння. На жаль, із часом така схема призводить до погіршення сортових якостей та,

як результат, зниження всіх господарсько-цінних показників культури.

Усі ці питання розглядалися на форумі EkoSeedForum [8], що відбувся ще у 2014 р. в м. Познань (Польща) під патронатом IFOAM EU Group (Брюссель, Бельгія) (International Federation of Organic Agriculture Movements European Regional Group, Brussels, Belgium), у якому брали участь 19 країн, переважно Центрально-Східної Європи, такі як: Бельгія, Швейцарія, Німеччина, Польща, Болгарія, Австрія, Словенія, Латвія, Естонія, Угорщина та ін. Незначні обсяги використання органічного насіння в органічному рослинництві негативно відображаються на ринковій конкурентоспроможності та не стимулюють органічних виробників займатися насінництвом [8].

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для формування високоякісного посівного матеріалу гороху посівного (*Pisum sativum* L.) сорту Стартер вивчали дію біологічних препаратів за різних технологій їх використання. Схема досліду включала 7 комплексів біологічних препаратів, які найпоширеніші в органічному виробництві (рис. 1).

Обробку біологічними препаратами проводили перед посівом та впродовж 3-х фаз розвитку гороху згідно з технологічними картами, представленими виробниками для даної культури (табл. 1, 2).

Одночасно із внесенням біопрепаратів на всіх дослідних ділянках, за винятком контролю, вносили біоінсектициди Колорадоцид (9 л/га) та Боверін (3 л/га) у фазі бутонізації та Бітоксикацілін БТУ-Р (7 л/га) у фазі початку утворення бобів.

Досліди проводили впродовж 2016–2020 рр. в умовах Правобережного Лісо-stepу України на Сквирському демонстраційному полігоні органічного виробництва Сквирської дослідної станції органічного виробництва Інституту агроекології і природокористування НААН (СДСОВ ІАП НААН). Територія демонстраційного полігону належить до рівнинного чорноземного

1. Горох посівний, сорт Стартер (обробка препаратами ТД «ЕНЗИМ АГРО»)
2. Горох посівний, сорт Стартер (обробка препаратами БТУ-Центр)
3. Горох посівний, сорт Стартер (обробка препаратами Центру ефективних технологій)
4. Горох посівний, сорт Стартер (обробка препаратами ТОВ «Агрофірма Колос»)
5. Горох посівний, сорт Стартер (обробка препаратами ПП «НВП «Еко-гарант»)
6. Горох посівний, сорт Стартер (обробка препаратами МЕБФ «AQUA-VITAE»)
7. Горох посівний, сорт Стартер (обробка препаратами ТОВ «ЕМУ Грін»)
8. Горох посівний, сорт Стартер (без обробки, контроль)

Рис. 1. Схема дослідних ділянок гороху посівного

Примітка: Стартер – сорт іноземної селекційно-насінницької фірми «Norddeutsche Pflanzenzucht Hans-Georg Lembke KG» (Німеччина).

Таблиця 1. Використання комплексів біопрепаратів для передпосівної обробки насіння гороху посівного та ґрунту

№ варіанта	Виробник комплексів препаратів	Назва операції	Назва препарату	Норма витрати	Одиниці вимірювання
1	ТД «Ензим Агро»	Обробка насіння	VINITRO Горох (інокулянт біологічний горох)	0,7	л/т
			Біофосфорин	1,0	
			Фітодоктор	1,0	
2	ТОВ «БТУ-Центр»	Обробка ґрунту	Міко-Хелп	2,0	л/га
			Граундфікс	7,0	
			Енпосам	0,5	
		Обробка насіння	Міко-Хелп	2,0	л/т
			Органік баланс	1,0	
			Азотофіт Р	0,5	
			Хелпрост насіння	1,0	
Енпосам	0,5				
3	Центр ефективних технологій	Обробка ґрунту	Емочка родючість	20,0	л/га
		Обробка насіння	Емочка оригінал	15,0	л/т
4	ТОВ «АФ Колос»	Обробка ґрунту	Мікробіофіт (для бактеризації ґрунту)	2,0	л/га
			Вермібіогумат (для бактеризації ґрунту)	2,0	
		Обробка насіння	Мікробіофіт	0,6	л/т
			Вермібіогумат	1,2	
5	ПП НВП «Еко Гарант»	Обробка ґрунту	Біонорма (антистрес)	2,0	л/га
		Обробка насіння	Біополіцид	1,0	л/т
			Ризоактив Р горох	2,0	

Закінчення таблиці 1

№ варіанта	Виробник комплексів препаратів	Назва операції	Назва препарату	Норма витрати	Одиниці вимірювання
6	МЕФ «Аква Віта»	Обробка насіння	Ріверм	0,6	л/т
7	ТОВ «ЕМУ Грін»	Обробка насіння	Амінеон	1,0	л/т
8	Контроль (без обробки)				

Таблиця 2. Використання комплексів біопрепаратів для обробки посівів гороху посівного впродовж вегетації

№ варіанта	Виробники комплексів препаратів	Фази розвитку					
		4-х листків		бутонізація		утворення бобів	
		назва препарату	норма витрати, л/га	назва препарату	норма витрати, л/га	назва препарату	норма витрати, л/га
1	ТД «Ензим Агро»	Обробку не проводили		Триходермін	2,0	Триходермін	2,0
				Фітодоктор	1,0	Фітодоктор	1,0
				Урожай органік	1,5	Урожай органік	1,5
2	ТОВ «БТУ-Центр»	Органік баланс	0,5	Фіто Хелп	0,5	Органік баланс	0,5
		Енпосам	0,3	Органік баланс	0,5	Хелпрост	1,0
				Хелпрост	1,0	Енпосам	0,3
				Хелпрост бор	0,5		
				Енпосам	0,3		
3	Центр ефективних технологій	Біо АГ «Емочка родючість»	10	Біо АГ «Емочка родючість»	10,0	Біо АГ «Емочка родючість»	10,0
4	ТОВ «АФ Колос»	Мікробіофіт горох	1	Мікробіофіт горох	1,0	Мікробіофіт горох	1,0
		Вермі-біогумат	2	Вермібіогумат	2,0	Вермібіогумат	2,0
5	ППП НВП «Еко Гарант»	Біонорма	1	Біонорма	2,0	Обробіток не проводили	
6	МЕФ «Аква Віта»	Ріверм	7,5	Ріверм	4,5	Ріверм	4,5
7	ТОВ «ЕМУ Грін»	Амінеон	2	Амінеон	2,0	Амінеон	2,0
8	Контроль (без обробки)						

агрогрунтового мікрорайону Київської обл. Наразі полігон сертифіковано для виробництва органічної продукції сертифікаційним органом ТОВ «Органік стандарт». Дослідні ділянки розміщували в шестипільній сівозміні, попередник — пшениця озима, яку вирощували по сидеральному пару.

Умови проведення досліджень були наближені до польових, площа дослідної ділянки — 5,0 га. Ґрунт дослідних полів — чорнозем малогумусний крупнопилкуватосередньосуглинковий за гранулометричним складом.

Польові та лабораторні досліді проводили за загальноприйнятими методиками [9; 10]. Облік урожаю насіння гороху здійснювали вимірювально-ваговим методом з облікової ділянки.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Перехід виробництва продукції від традиційного до органічного способу несе в собі ще цілу низку змін та небезпек. Зміна технологічного процесу полягає у відмові від хімічних засобів захисту рослин та добрив.

Основними вимогами до органічного рослинництва на підставі Закону України «Про основні принципи та вимоги до органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції» від 10.07.2018 № 2496-VIII [3] є:

- застосування для захисту рослин переважно агротехнічних, біологічних, механічних і фізичних методів з урахуванням відповідних сівозмін та сортівідбору;
- використання біологічних препаратів, що оптимізують біологічну активність ґрунтів і забезпечують збалансоване постачання поживних речовин рослинам;
- використання добрив, меліорантів, матеріалів мікробіологічного, рослинного чи тваринного походження та інших речовин, що застосовуються для підвищення родючості ґрунтів та врожайності сільськогосподарських культур, для поліпшення якості рослинницької продукції, за умови, що вони внесені до Переліку речовин, дозволених до використання у процесі органічного виробництва;

- використання ґрунтозахисних технологій вирощування рослин, що запобігають виникненню у ґрунті ерозійних чи інших деградаційних процесів;
- заборона використання мінеральних азотних добрив;
- здійснення біологічного контролю за шкідниками та хворобами рослин.

За таких умов несприятливий вплив абіотичних та біотичних чинників може стати критичним для агрофітоценозів, у тому числі насінницьких. Великого значення за вирощування гороху набуває взаємовплив абіотичних факторів із біотичними на початку вегетації культури. Це виражається у сприянні температурних режимів та опадів на розвиток і поширення патогенів, що значно погіршує умови росту рослин.

Горох належить до ранніх ярих культур, посів якого здійснюється, як правило, у першій декаді квітня. Здатність отримувати сходи за невисоких температур, швидко формувати вегетативну масу, робить цю культуру конкурентоспроможною щодо бур'янів. Кількаразове боронування органічних посівів культури до появи сходів і по сходах забезпечує практично 100% чистоту від бур'янів до фази технічної стиглості.

Попередні дослідження показали, що біологічні препарати істотно не впливали на фази розвитку гороху посівного сорту Стартер і настання фази технічної стиглості відбувалося у всіх варіантах одночасно. Незначна різниця фіксувалася в окремі роки лише за початком фази цвітіння і формування бобу. П'ятирічні дослідження (2016–2020 рр.) показали, що період від посіву культури до її технічної стиглості тривав у середньому 92 доби. До того ж, погодні умови року не мали істотного впливу на тривалість вегетаційного періоду, за виключенням впливу на настання окремих фаз розвитку гороху.

Візуальні спостереження за посівами гороху не дали можливості надати перевагу конкретній технології використання біопрепаратів. Лише отримані показники врожайності (табл. 3) та біометричні показники дали змогу охарактеризувати ко-

Таблиця 3. Вплив комплексів біологічних препаратів на врожайність насіння гороху посівного сорту Стартер (середнє за 2016–2020 рр.), т/га

№ варіанта	Комплексна обробка біологічними препаратами від виробника	Врожайність	Приріст
1	ТД «ЕНЗИМ АГРО»	2,23±0,03	0,45
2	ПП «БТУ-Центр»	2,42±0,03	0,64
3	ТОВ «Центр ефективних технологій»	2,36±0,02	0,58
4	ТОВ «Агрофірма Колос»	2,33±0,03	0,55
5	ПП «НВП «Еко-гарант»	2,41±0,02	0,63
6	МЕФ «Аква Віта»	2,24±0,03	0,46
7	ТОВ «ЕМУ Грін»	2,61±0,02	0,83
8	Контроль	1,78±0,06	—

жен досліджуваний варіант, який включав як передпосівну обробку ґрунту та насіння гороху біопрепаратами, так і використання біопрепаратів на насінницьких посівах гороху впродовж вегетації, як фактори впливу на якісні та кількісні ознаки культури в органічному агрофітоценозі.

Дослідження показали, що всі комплекси препаратів забезпечували перевагу над контрольним варіантом. Найвищу ефективність забезпечив препарат Амінеон від виробника ТОВ «ЕМУ Грін», на рівні 0,83 т/га порівняно з контролем. За несприятливих для органічного агрофітоценозу гороху умов 2018 р., цей препарат забезпечив максимальний приріст урожаю. Використання біопрепаратів сприяло збільшенню величин насінини, проте впливу застосування біопрепаратів на кількість формування

насінин на одну рослину не відбувалося (табл. 4). Висота рослин у процесі вегетації не залежала від застосування препаратів біологічного походження, не змінювалась порівняно з контролем і кількість зав'язування на рослині бобів. Спостерігалася більша вирівняність за біометричними показниками на оброблених біологічними препаратами ділянках, порівняно з контролем.

Досліджували вплив біологічних препаратів на посівні якості органічного насіння гороху. Результати досліджень (2016–2020 рр.) засвідчили високу ефективність використання біопрепаратів на основні показники якості органічного посівного матеріалу, що відповідали вимогам ДСТУ 2240-93 для репродукційного насіння [4]. В той самий час вирощування гороху без

Таблиця 4. Вплив біопрепаратів на біометричні показники гороху (середнє за 2016–2020 рр.)

№ варіанта	Обробка комплексом біологічних препаратів від виробника	Довжина стебла, см	Кількість бобів на рослині, шт.	Кількість насінин з рослини, шт.
1	ТД «ЕНЗИМ АГРО»	49±3	10±1	48±3
2	ПП «БТУ-Центр»	51±3	10±1	50±2
3	ТОВ «Центр ефективних технологій»	50±2	10±1	51±2
4	ТОВ «Агрофірма Колос»	48±3	10±2	49±2
5	ПП «НВП «Еко-гарант»	52±3	10±1	52±2
6	МЕФ «Аква Віта»	50±2	10±2	48±3
7	ТОВ «ЕМУ Грін»	52±3	10±1	52±2
8	Контроль	48±5	9±2	47±3

обробки біологічними препаратами не дало можливості забезпечити схожість насіння на рівні стандарту (табл. 5).

Дослідження фітопатогенного стану посівів упродовж 2016–2020 рр. показало поодинокі випадки зараження окремих рослин на всіх дослідних ділянках грибами роду *Phoma* s.l. (Sacc. 1880), що викликають суху гниль (фомоз) гороху [8]. Хвороба не поширювалась і істотної загрози посівам культури не становила. Найбільшої шкоди органічним агрофітоценозам гороху завдають шкідники. З появою сходів гороху щороку фіксували ушкодження листків культури щетинистим бульбочковим довгоносом (*Sitona crinitus* Hrb.), але це пошкодження було нетривалим у часі і не

впливало на повноцінне функціонування агрофітоценозу. Істотне пошкодження було зафіксовано у 2018 р. гороховою попелицею (*Acyrtosiphon pisum* Harr.). Розповсюдженню шкідника сприяли високі весняні температури та відсутність опадів. Шкодочинність шкідника знизилася врожайність на 50%. Разом із тим, цей шкідник проявляється лише в специфічних умовах і не може завдавати шкоди щороку.

Дослідженнями встановлено щорічне заселення посівів гороху брухусом (*Bruchus pisorum* L.). До того ж, спостерігається щорічна тенденція до збільшення його шкодочинності у сівозміні, яка функціонує на одній загальній ділянці і не забезпечує просторової ізоляції кожного поля (табл. 6).

Таблиця 5. Вплив біологічних препаратів на посівну якість органічного насіннєвого матеріалу гороху (середнє за 2016–2020 рр.)

№ варіанта	Обробка комплексом біологічних препаратів від виробника	Маса 1000 насінин, г	Енергія проростання, %	Схожість, %
1	ТД «ЕНЗИМ АГРО»	195	84	94
2	ПП «БТУ-Центр»	195	83	95
3	ТОВ «Центр ефективних технологій»	200	84	96
4	ТОВ «Агрофірма Колос»	193	84	93
5	ПП «НВП «Еко-гарант»	202	86	96
6	МЕФ «Аква Віта»	196	84	94
7	ТОВ «ЕМУ Грін»	200	85	96
8	Контроль	184	79	90
НІР ₀₅		6,5	2,6	2,7

Таблиця 6. Заселеність агрофітоценозів гороху брухусом (*Bruchus pisorum* L.) в 2016–2020 рр.

№ варіанта	Обробка комплексом біологічних препаратів від виробника	Пошкодженість посівного матеріалу гороху, %				
		2016 рік	2017 рік	2018 рік	2019 рік	2020 рік
1	ТД «ЕНЗИМ АГРО»	6,2	12,3	23,3	20,1	22,1
2	ПП «БТУ-Центр»	6,9	12,6	21,6	19,4	21,6
3	ТОВ «Центр ефективних технологій»	7,3	14,2	26,3	24,3	24,2
4	ТОВ «Агрофірма Колос»	7,5	13,8	25,4	22,3	26,5
5	ПП «НВП «Еко-гарант»	7,8	14,7	24,8	22,7	23,9
6	МЕФ «Аква Віта»	7,4	14,2	26,2	23,4	26,0
7	ТОВ «ЕМУ Грін»	7,1	13,3	24,3	20,7	23,9
8	Контроль	9,5	18,8	58,4	49,9	57,1

На жаль, біологічні засоби захисту лише частково зменшують шкодочинність комах на органічних посівах гороху, але не забезпечують вирішення питання захисту агрофітоценозу. Це питання потребує подальших досліджень та введення в існуючі комплекси біопрепаратів додаткових агентів, що сприятимуть ефективному захисту органічних посівів від шкодочинних організмів.

ВИСНОВКИ

Використання препаратів біологічного походження в насінницьких посівах гороху сприяє підвищенню врожайності культури та її якісних показників.

Встановлено, що обробка органічних посівів гороху біологічним препаратом Амінеон від виробника ТОВ «ЕМУ Грін» збільшувала врожайність насіння в середньому на 0,76 т/га, або 48,6% порівняно з контролем. Комплекси біологічних препаратів від інших виробників були менш

ефективними. Зокрема, комплекс біопрепаратів від виробника ТД «ЕНЗИМ АГРО» збільшував урожайність гороху посівного на 0,45 т/га порівняно з контролем.

Доведено позитивний вплив усіх біологічних препаратів на посівні якості насіння гороху: енергія проростання насіння збільшилася на 4–5% порівняно з контролем, а схожість становила 94–95% (у контролі – 91%). Також спостерігалася більша вирівняність посівів гороху за біометричними показниками на оброблених біологічними препаратами ділянках порівняно з контролем.

Встановлено незначний вплив біологічних препаратів на зменшення шкодочинності одного з найнебезпечніших шкідників посівів гороху – брухусу (*Bruchus pisorum* L.), що за перевищення біологічного порога шкодочинності комахи може бути критичним чинником для отримання стійких урожаїв високої якості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Органічне виробництво в Україні. Інформаційно-аналітичний портал АПК України. URL: <https://agro.me.gov.ua/ua/napryamki/organichne-virobnictvo/organichne-virobnictvo-v-ukrayini>.
2. Про органічне виробництво та маркування органічної продукції: Постанова Ради ЄС від 28.06.2007 р. № 834/2007. URL: http://organicstandard.com.ua/files/standards/ua/ec/EU%20Reg_834_2007%20Organic%20Production_UA.pdf.
3. Про основні принципи та вимоги до органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції: Закон України від 03.07.2019 р. *Відомості Верховної Ради України*. 2018. № 36. С. 275.
4. ДСТУ 2240-93. Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості. [Чинний від 1994-07-01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 1994. 74 с.
5. Городиська І.М., Терновий Ю.В., Чуб А.О. Роль біологічних препаратів у органічному землеробстві. *Збалансоване природокористування*. 2018. № 2. С. 54–58.
6. Терновий Ю.В., Городиська І.М., Чуб А.О., Плаксюк Л.Б. Сортовий асортимент сої для органічного виробництва. *Агроєкологічний журнал*. 2018. № 3. С. 45–51. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrog_2018_3_9.
7. Horodyska I. et al. Technologies of Protection and Nutrition in Agrophytocenoses of Legumes for Organic Seed Production. *Environmental Research, Engineering and Management*. 2021. Vol. 77. No 1. P. 47–58. URL <https://doi.org/10.5755/j01.ere.m.77.1.23459>.
8. EkoSeedForum – International Conference on Organic Seeds. *Organic Plant Breeding and Crop Biodiversity*. URL: http://www.semirurali.net/index.php?option=com_dpcalendar&view=event&id=308&Itemid=406.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
10. Трибель С.О., Сігарьова Д.Д., Секун М.П. Методики випробування і застосування пестицидів. Київ: Світ, 2001. С. 381–382.

REFERENCES

1. Informatsiyno analitychniy portal APK Ukrainy. (2021). *Organichne vyrobnytstvo v Ukraini* [Information and analytical portal of the AIC of Ukraine. Organic production in Ukraine]. URL: <https://agro.me.gov.ua/ua/napryamki/organichne-virobnictvo/organichne-virobnictvo-v-ukrayini> [in Ukrainian].
2. The European Council. (2007). On organic production and labeling of organic products: Resolu-

- tion of the European Council. URL: http://organicstandard.com.ua/files/standards/ua/ec/EU%20Reg_834_2007%20Organic%20Production_UA.pdf [in English].
3. Pro osnovni pryntsypy ta vymogy do organichnogo vyrobnytstva, obigu ta markuvannya organichnoyi produktsiyi: Zakon Ukrainy vid 03.07.2019 [On the basic principles and requirements for organic production, circulation and labeling of organic products: Law of Ukraine form 3rd July, 2019]. (2018). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy – Information from the Verkhovna Rada of Ukraine*, 36, art. 275 [in Ukrainian].
 4. Nasinnya silskogospodarskykh kultur. Sortovi ta posivni yakosti [Seeds of agricultural crops. Varietal and sowing qualities]. (1994). *DSTU 2240–93 from 1st July 1994*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
 5. Horodyska, I.M., Ternovij, Yu.V. & Chub, A.O. (2018). Rol' biologichnykh preparativ v organichnomu zemlerobstvi [The role of biological products in organic farming]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya – Balanced nature using*, 2, 54–5 [in Ukrainian].
 6. Ternovyi, Yu.V., Horodyska, I.M., Chub, A.O. & Plaksyuk, L.B. (2018). VSortovyi assortyment soyi dlya organichnogo vyrobnytstva [Variety assortment of soybean for organic production]. *Agroekologichniy zhurnal – Agroecological journal*, 3, 45–51 [in Ukrainian].
 7. Horodyska, I. et al. (2021). Technologies of Protection and Nutrition in Agrophytocenoses of Legumes for Organic Seed Production. *Environmental Research, Engineering and Management*, 77 (1), 47–58. DOI: <https://doi.org/10.5755/j01.erem.77.1.23459> [in English].
 8. EkoSeedForum. (2014). International Conference on Organic Seeds, Organic Plant Breeding and Crop Biodiversity. Poznan, Poland. URL: <https://sie.org.pl/aktualnosci/artykulyarchiwalne/ekoseed-forum-w-poznaniu/> [in English].
 9. Dospikhov, B.A. (1985). *Metodyka polevogo opyta [Methodology of field trials]*. Moscow: Agropromizdat [in Russian].
 10. Trybel, S.O. (Ed.) et al. (2001). *Metodyky vyprovuvannya i zastosuvannya pestytsydiv [Methods of testing and application of pesticides]*. Kyiv: Svit [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 25.04.2021

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ГЕНЕТИЧНИХ ДЖЕРЕЛ ПІДВИЩЕНОГО ТА СТАБІЛЬНОГО РІВНЯ ПРОЯВУ МАСИ 1000 ЗЕРЕН ЯЧМЕНЮ ЯРОГО (*HORDEUM VULGARE* L.)

В.М. Гудзенко¹, О.С. Дем'янюк², Т.П. Поліщук¹,
О.О. Бабій¹, А.А. Лисенко¹

¹ Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН
(с. Центральне, Обухівський р-н, Київська обл., Україна)

e-mail: barley22@ukr.net; ORCID: 0000-0002-9738-1203

e-mail: polistchuk.tetiana@gmail.com; ORCID: 0000-0001-9358-9181

e-mail: olha.gerste@gmail.com; ORCID: 0000-0003-3395-3732

e-mail: lisenkoana89@gmail.com; ORCID: 0000-0002-2575-5720

² Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: demolena@ukr.net; ORCID: 0000-0002-4134-9853

Дослідження проведено у 2018–2020 рр. в умовах Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла НААН. Мета — виділити нові генетичні джерела за поєднанням підвищеного та стабільного рівня прояву маси 1000 зерен ячменю ярого для створення нового вихідного матеріалу в екологічних умовах центральної частини Лісостепу України. Матеріалом для дослідження були 96 колекційних зразків ячменю ярого (*Hordeum vulgare* L.) різного екологічного походження. Для виявлення особливостей у межах різних підвидів (дворядного і шестирядного), груп різновидностей (плівчасті і голозерні), а також дворядних плівчастих зразків різного екологічного походження генотипи було розподілено на шість груп. У чотирьох групах зразків виділено генотипи, які поєднували максимальний рівень прояву ознаки та високі значення показників гомеостатичності (Нот) і селекційної цінності (Sc). У двох інших групах зразків генотипи, які в середньому за три роки мали вищу масу 1000 зерен, характеризувались не високими значеннями показників Нот і Sc унаслідок більшої варіабельності. Дисперсійним аналізом АММІ моделі встановлено практично однакову частку внеску в загальну дисперсію умов року (34,02%), генотипу (34,67) та їх взаємодії (31,32%). Виявлені особливості вказують, як на наявне у цій вибірці зразків ячменю ярого істотне генетичне різноманіття, так і значний вплив погодних умов року на формування маси 1000 зерен, а також різну реакцію генотипів за рівнем прояву ознаки на умови окремих років досліджень. Таким чином, із використанням статистичних параметрів та візуалізації GGE biplot виділено нові генетичні джерела оптимального поєднання підвищеного та стабільного рівня прояву ознаки. Для поліпшення сортів ячменю дворядного плівчастого за масою 1000 зерен рекомендовано використовувати як батьківські компоненти схрещування зразки Святовіт (UKR), Дар Носівщини (UKR), Смарагд (UKR), Sunshine (DEU), Lilly (DEU), Владлен (KGZ), голозерного — NSGJ-1 (SRB), шестирядного — Yerong (AUS).

Ключові слова: *Hordeum vulgare* L., маса 1000 зерен, колекційний зразок, екологічні умови, гомеостатичність, селекційна цінність, АММІ, GGE biplot.

ВСТУП

Формування, збереження і підтримання в життєздатному стані генетичних колекцій сільськогосподарських культур та їх комплексне дослідження визначають як пріоритетні завдання для забезпечення продовольчої безпеки людства [1]. Ячмінь

в Україні є однією з основних культур, яка має різні напрями використання зерна, основними з яких є зернофуражний, пивоварний та харчовий [2]. З огляду на це, всебічне оцінювання світового генетичного різноманіття та створення на цій основі сучасних сортів ячменю, які поєднують підвищений продуктивний потенціал, адаптивність, стійкість до біо- та абіотичних

чинників, а також відповідні якісні показники зерна є актуальним завданням.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Звуження генетичної основи сучасних сортів отримало визначення «генетична ерозія» [3]. Однак, результати проведених експериментальних досліджень різняться щодо наявності або відсутності ознак звуження генетичної основи сучасних сортів. Ґрунтовним генетичним аналізом європейського сортименту ячменю різних періодів селекційної роботи встановлено як втрату, так і залучення нових алелів [4]. У селекційних програмах, у яких постійно використовували різноманітний вихідний матеріал спостерігали розширення генетичного різноманіття сортів та підвищення потенціалу їх продуктивності. Водночас автори сходяться в думці, що сьогоденна тенденція до концентрації селекційної роботи у великих наукових центрах і, відповідно, зменшення кількості незалежних селекційних програм, можуть мати негативні наслідки щодо генетичного різноманіття створюваних сортів.

Слід відмітити, що оцінювання колекційного матеріалу за фенотиповим проявом цінних господарських ознак не втрачає цінності у практичній селекції [5]. Виокремлення генетичних джерел цінних ознак і властивостей присвячено більшість досліджень колекційного матеріалу ячменю в Україні [6–8].

Урожайність є узагальнюючим інтегральним показником господарської цінності сорту, яка формується за рахунок ознак нижчого порядку — її структурних елементів [9; 10]. Тому збільшення потенціалу врожайності відбувається за рахунок поліпшення окремих складових та їх оптимального поєднання в генотипі [11]. Одним із ключових елементів структури врожайності ячменю є маса 1000 зерен. Крім того, вона є важливою якісною характеристикою зерна та показником північної придатності насіння [12–15]. Маса 1000 зерен може бути одним з індикаторів стресостійкості [16–18].

Слід враховувати, що маса 1000 зерен, як і інші елементи структури врожайності є кількісною ознакою. Рівень її фенотипового прояву значною мірою модифікується залежно від впливу різноманітних чинників навколишнього середовища [19; 20]. У зв'язку з цим, одні й ті самі генотипи мають різну цінність в інших екологічних умовах. Таким чином, навіть для відомих генетичних джерел необхідним є всебічне дослідження за основними ознаками і властивостями безпосередньо в місці проведення селекційної роботи та поширення створюваних сортів.

Метою досліджень було виділення нових генетичних джерел за поєднанням підвищеного та стабільного рівня прояву маси 1000 зерен ячменю ярого (*Hordeum vulgare* L.) для створення нового вихідного матеріалу в екологічних умовах центральної частини Лісостепу України.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проведено впродовж 2018–2020 рр. в умовах Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла НААН. Ґрунтові та погодні умови проведення досліджень детально охарактеризовано нами у попередньому повідомленні [21]. Матеріалом для дослідження були 96 колекційних зразків ячменю ярого походженням з 15 країн, які отримано з Національного центру генетичних ресурсів рослин України. Зразки належать до двох підвидів: шестирядного (різновидності *var. pallidum* і *var. rikotense*) і дворядного, який представлений двома групами різновидностей — плівчастими (*var. nutans*, *var. deficiens*, *var. inerme*, *var. medicum*, *var. submedicum*) та голозерними (*var. nudum*, *var. nigrinudum*). Для виявлення особливостей прояву та варіабельності ознаки у зразків різних підвидів і груп різновидностей, а також дворядних плівчастих зразків різного походження їх було розподілено на шість груп. Плівчасті дворядні зразки сформували чотири групи: I — зразки походженням з України, II — зразки із Західної Європи (сюди ж віднесли по одному зразку з Авст-

ралії та Канади), III – зразки із Російської Федерації та Білорусі, IV – зразки із Казахстану, Киргизстану і Монголії. Голозерні зразки різного походження об'єднали в групу V, шестирядні зразки віднесли до групи VI.

Сівбу проводили сівалкою СКС-6-10Ц за настання фізичної стиглості ґрунту. Облікова площа ділянки 1 м². Повторність триразова. Розміщення ділянок – повними рендомізованими блоками. Стандарт – сорт ячменю ярого Взірєць розміщували через 20 номерів. Масу 1000 зерен визначали відбираючи проби з кожного повторення.

Визначали показники гомеостатичності (Ном) та селекційної цінності (Sc) відповідно до В.В. Хангільдіна, М.А. Литвиненка [22]. Статистичний аналіз здійснювали з використанням комп'ютерних програм Excel 2010 і Statistica 12. З метою виявлення взаємодії генотип–середовище, диференціації та виявлення генотипів, які оптимально поєднують підвищену масу 1000 зерен та її стабільність за роками у розрізі усієї вибірки генотипів (96 зразків) застосували дисперсійний аналіз АММІ моделі та візуалізації GGE biplot з використанням програми GEA-R. Принципи аналізу та інтерпретація експериментальних даних графічними підходами викладені в оригінальних публікаціях [23; 24].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Маса 1000 зерен істотно варіювала, залежно від умов року і досліджених генотипів, що наочно ілюструє *рис. 1*. Для використання в якості генетичних джерел із метою поліпшення найбільшу цінність становитимуть генотипи, з оптимальним поєднанням рівня прояву ознаки та її відносної стабільності за роками.

У першій групі зразків найбільше у середньому за три роки значення маси 1000 зерен ($X = 53,3$ г) у поєднанні з високими значеннями показників гомеостатичності (Ном = 578,0) та селекційної цінності (Sc = 44,3) мав зразок G76 Святівіт (UKR). Оптимально поєднував високе середнє значення маси 1000 зерен ($X = 53,0$ г) та

статистичні показники (Ном = 675,0; Sc = 45,9) зразок G74 Дар Носівщини (UKR). Окрім вище двох названих, також слід виділити зразок G75 Смарагд (UKR) ($X = 50,9$ г; Ном = 560,7; Sc = 42,8). Для порівняння, у стандарту Взірєць рівень прояву маси 1000 зерен у середньому за роки досліджень становив 48,7 г з варіюванням від 56,2 г в 2018 р. до 40,2 г у 2020 р., і значеннями статистичних показників Ном = 294,6; Sc = 34,8. Максимальне значення показника гомеостатичності (Ном = 750,2) у цій групі було в зразка G3 Реванш (UKR). Однак, середнє значення маси 1000 зерен у нього становило 41,1 г, а тому він характеризувався лише близьким до середнього значення для цієї вибірки генотипів значенням селекційної цінності (Sc = 36,9).

У другій групі зразків максимальну в середньому за три роки масу 1000 зерен мали зразки G87 Victorianna (DEU) (50,8 г) і G96 Despina (DEU) (50,6 г). Однак у зв'язку з варіабельністю рівня прояву ознаки за роками вони характеризувались відносно низькими значеннями статистичних параметрів. Зокрема, у зразка G87 Victorianna (DEU) маса 1000 зерен коливалась від 57,0 г у 2019 р. до 40,6 г у 2020 р. і, відповідно, Ном = 241,5, Sc = 33,7. У зразка G96 Despina (DEU) розмах варіювання був у межах від 57,6 г у 2018 р. до 38,40 г у 2020 р., а тому Ном = 289,9, Sc = 36,2. Дещо поступалися названим зразкам за середньою масою 1000 зерен, але істотно їх переважали за показниками гомеостатичності та селекційної цінності генотипи G97 Lilly (DEU) ($X = 48,5$ г; Ном = 654,0; Sc = 41,8) та G82 Sunshine (DEU) ($X = 47,6$ г; Ном = 663,0; Sc = 41,2).

У третій групі зразків зразок G55 ЯК-401 (RUS) з максимальною масою 1000 зерен (49,2 г) у середньому впродовж 2018–2020 рр. також не мав найвищих значень статистичних параметрів (Ном = 323,9; Sc = 36,5). Максимальні гомеостатичність (Ном = 1473,3) та селекційну цінність (Sc = 42,2) були в генотипу G23 Арат (RUS), однак середня маса 1000 зерен у нього становила лише 44,9 г. Проміжними

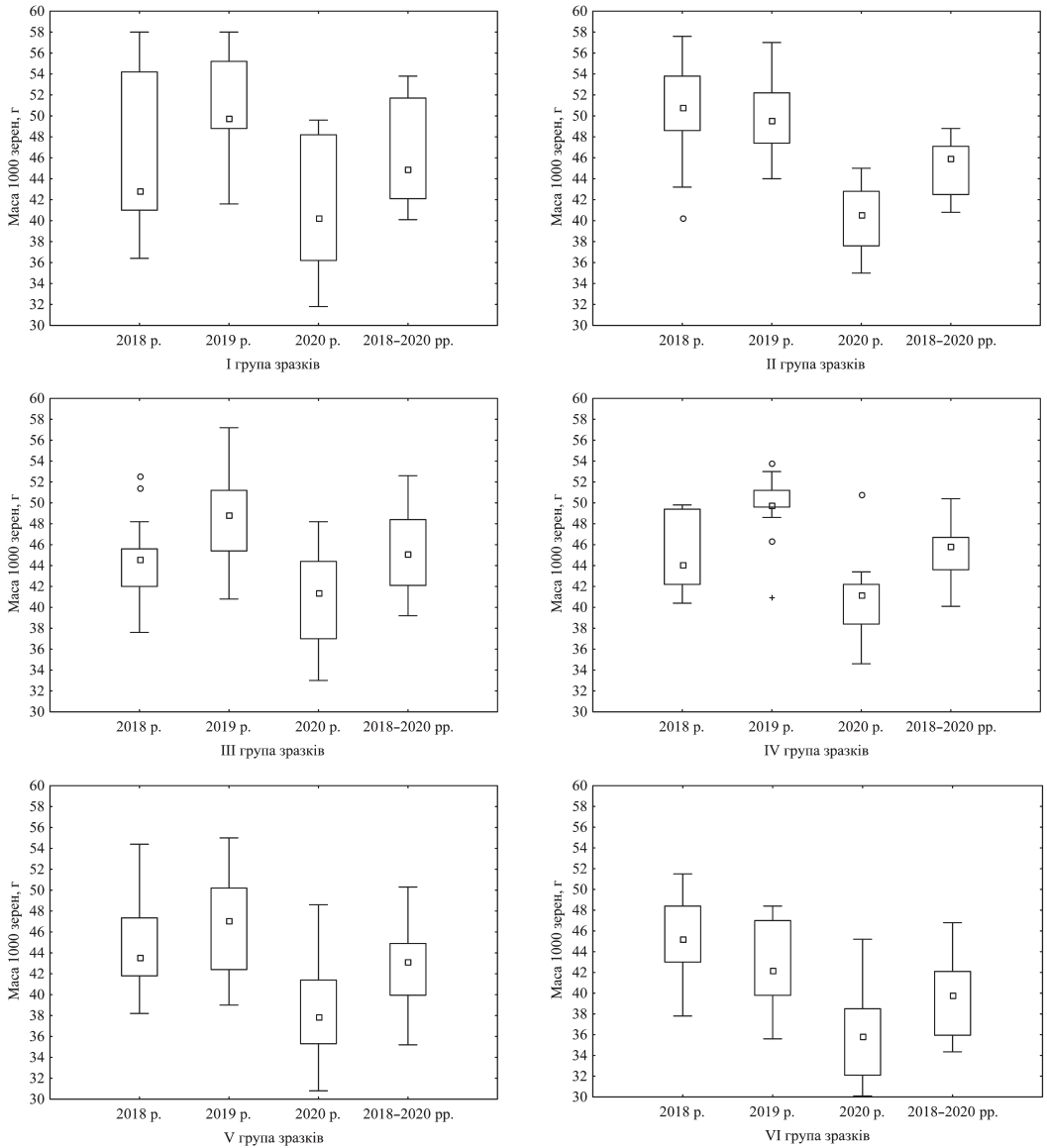


Рис. 1. Рівень прояву маси 1000 зерен у різних групах зразків ячменю ярого залежно від умов років досліджень

значеннями між вище охарактеризованими зразками III групи за масою 1000 зерен у поєднанні з підвищеними статистичними показниками характеризувались генотипи G22 Зубр (BLR) ($X = 46,8$ г; $\text{Hom} = 689,9$; $\text{Sc} = 41,2$), G20 Северянин (RUS) ($X = 46,5$ г; $\text{Hom} = 643,6$; $\text{Sc} = 40,7$) і G25 Меди-

кум 139 (RUS) ($X = 47,1$ г; $\text{Hom} = 583,5$; $\text{Sc} = 40,1$).

Щодо четвертої групи – поза конкуренцією був зразок G43 Владлен (KGZ), який поєднував максимальні значення маси 1000 зерен (49,1 г) та статистичних показників ($\text{Hom} = 1082,5$; $\text{Sc} = 45,1$).

Найвищий рівень прояву ознаки та високі гомеостатичність і селекційну цінність у п'ятій групі мав зразок G15 NSGJ-1 (SRB) ($X = 51,7$ г; $Hom = 916,0$; $Sc = 46,2$). Серед зразків шостої групи також помітним лідером за поєднанням середньої маси 1000 зерен ($X = 46,7$ г) та статистичних параметрів ($Hom = 1361,5$; $Sc = 43,6$) був G64 Yerong (AUS).

Таким чином, у I, IV, V і VI групах зразків виділено генотипи, які поєднували максимальну масу 1000 зерен та високі значення показників гомеостатичності і стабільності. Для II і III груп зразків характерним було те, що генотипи, які в середньому за три роки мали вищий рівень прояву маси 1000 зерен унаслідок більшої варіабельності в окремі роки характеризувались не високими значеннями показників гомеостатичності та селекційної цінності. Тобто кращі показники статистичних параметрів були у зразків із дещо нижчим середнім рівнем прояву ознаки, але меншою її варіабельністю в окремі роки. Також слід відмітити, що варіювання маси 1000 зерен у зразків не мало лінійності, а варіювало від мінімального до максимального значення у різних зразків у різні роки. Таким чином, можемо констатувати перехресний тип взаємодії генотип–середовище (умови року досліджень).

Дисперсійним аналізом АММІ моделі встановлено, що частка внеску у варіацію генотипу, середовища та їх взаємодії була практично на одному рівні (табл.). Дані підтверджують, як наявне у цій вибірці істотне генетичне різноманіття, так і значний вплив погодних умов року на формування

маси 1000 зерен, а також різну реакцію генотипів за рівнем прояву ознаки на умови окремих років досліджень.

GGE biplot диференціовальної здатності та репрезентативності середовищ інформує, що за рівнем прояву маси 1000 зерен 2019 р. (E19) і 2020 р. (E20) були відносно близькими один до одного, але істотно відрізнялись від 2018 р. (E18) (рис. 2). У той самий час, останній мав дещо вищу диференціовальну здатність. Слід зазначити, що жодне з середовищ не мало високої репрезентативності, що підкреслює варіабельність генотипів за рівнем прояву маси 1000 зерен у різні роки.

Таку саму закономірність підтверджено і даними рисунку візуалізації «хто-депереміг» (рис. 3). Лише два сектори містять як середовища, так і частину генотипів. Перший з них, об'єднує середовища E19 і E20, а також колекційні зразки G49 Крок (UKR), G52 Баскак (UKR), G55 ЯК-401 (RUS), G57 Шедрик (UKR), G43 Владлен (KGZ), G38 Ястреб (RUS), G25 Медикум 139 (RUS), G54 Аверс (UKR), G39 Абалак (RUS), G11 Нудум 95 (RUS), G20 Северянин (RUS), G22 Зубр (BLR), G46 Илек 16 (KAZ), G32 Ватан (KGZ), G22 Зубр (BLR), G35 Иргенинский 2 (RUS), G37 Натали (RUS), G45 Карагандинский 6 (KAZ), G18 Jet (CAN), G44 Азык (KAZ), G26 Кредо (RUS), G50 Antigone (GBR), G47 КАЗ-СУФФЛЕ 1 (KAZ), G42 Радзіміч (BLR), G29 Куралай (KAZ), G90 Biatlon (GBR) та G34 Золотник (RUS).

Другий сектор вміщує середовище E18, а також генотипи G76 Святовіт (UKR), G74 Дар Носівщини (UKR), G96 Despina

Дисперсійний аналіз АММІ моделі для маси 1000 зерен у колекційних зразків ячменю ярого, 2018–2020 рр.

Джерело варіації	Число ступенів волі	Середній квадрат	Частка внеску, %
Генотип	96	1796,49	34,02**
Середовище	2	38,14	34,67**
Взаємодія	192	17,23	31,32**
Factor 1*	97	72,46	70,84**
Factor 2*	95	30,46	29,16**

Примітка: * – Factor 1...2 – головні компоненти; ** – достовірно на 1% рівні.

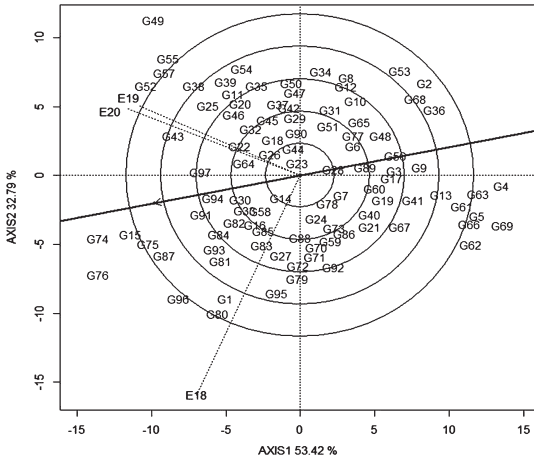


Рис. 2. GGE biplot диференціовальної здатності та репрезентативності середовищ, 2018–2020 рр.

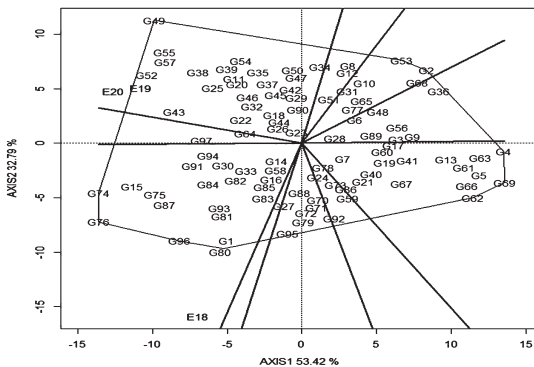


Рис. 3. GGE biplot «хто-де-переміг», 2018–2020 рр.

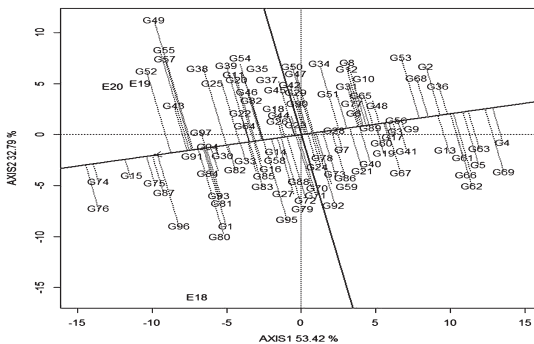


Рис. 4. GGE biplot середньосередовищна координація колекційних зразків ячменю ярого за середнім значенням маси 1000 зерен та її стабільністю, 2018–2020 рр.

(DEU), G80 Strier (DEU), G15 NSGJ-1 (SRB), G75 Смарагд (UKR), G87 Victorianna (DEU), G94 Skald (POL), G91 Kaputar (AUS), G84 Henrike (DEU), G93 Kormoran (POL), G81 Skarb (POL), G33 Шынар (KGZ), G82 Sunshine (DEU), G14 CDC Alamo (CAN), G58 Памяти Раисы (KAZ), G16 AC Alberte (CAN), G85 Almonte (CAN), G83 Conserto (GBR) та стандарт G1 Взірець (UKR). У вузькому секторі, що розмежує названі вище два мегасередовища розмістились генотипи G97 Lilly (DEU) і G64 Yerong (AUS). Решта генотипів потрапили до секторів без середовищ. Тобто, ці зразки не мали очевидних переваг у жодному з них.

На рис. 4 вертикальна лінія, яка перетинає основу GGE biplot репрезентує середнє значення рівня прояву маси 1000 зерен усієї вибірки генотипів виражене в одиницях головних компонентів.

Генотипи розташовані за лінією у напрямі позначеному на горизонтальній осі стрілкою мали вищу за середню масу 1000 зерен, і відповідно, становлять більший практичний інтерес, ніж зразки, які поступались середньому значенню у досліді. Максимальний рівень прояву ознаки у спадуючому порядку мали генотипи G76 Сяютовіт (UKR), G74 Дар Носівщини (UKR), G15 NSGJ-1 (SRB), G75 Смарагд (UKR), G87 Victorianna (DEU) і G96 Despina (DEU).

Пунктирними лініями позначено відхилення зразків від очікуваного середнього за роками рівня прояву маси 1000 зерен. Максимальне зміщення в сторону умов E19 і E20 мали генотипи G49 Крок (UKR), G55 ЯК-401 (RUS), G57 Щедрик (UKR), G52 Баскак (UKR), у напрямку середовища E18 – G80 Strier (DEU), G95 Suveren (POL), G79 Фэст (BLR), G96 Despina (DEU) і G72 Glacier AL.38 (GBR). Найбільш стабільними серед генотипів з вищою за середню у досліді масою 1000 зерен були G94 Skald (POL), G91 Kaputar (AUS), G30 Сырауры (KAZ).

Оптимальне поєднання рівня прояву маси 1000 зерен та її стабільності за ро-

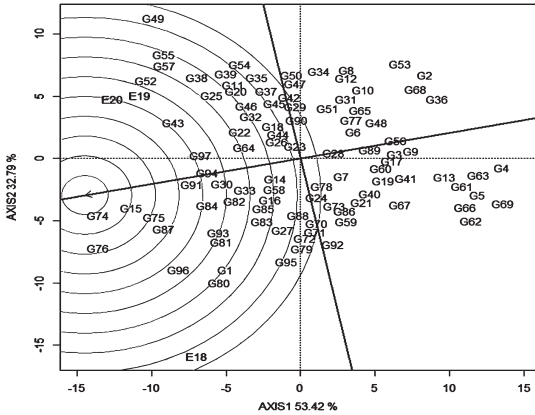


Рис. 5. GGE biplot ранжирування колекційних зразків ячменю ярого відносно «ідеального» генотипу за масою 1000 зерен, 2018–2020 рр.

ками мали генотипи G74 Дар Носівщини (UKR) і G15 NSGJ-1 (SRB). Які, відповідно, були і найбільш близькими до «ідеального генотипу», репрезентованого центром центричних кіл (рис. 5). Поступався їм за стабільністю зразок G76 Святівіт (UKR), за рівнем прояву ознаки та стабільністю – G75 Смарагд (UKR) і G87 Victorianna (DEU).

ВИСНОВКИ

У результаті трирічних (2018–2020 рр.) досліджень встановлено суттєві відмінності між колекційними зразками ячменю ярого за рівнем прояву маси 1000 зерен та її варіабельністю. Виявлено практично

однакову частку внеску в загальну дисперсію умов року (34,02%), генотипу (34,67) та їх взаємодії (31,32%). Дані вказують як на наявне у даній вибірці зразків ячменю ярого (*Hordeum vulgare* L.) істотне генетичне різноманіття, так і значний вплив погодних умов року на формування маси 1000 зерен, а також різну реакцію генотипів за рівнем прояву ознаки на умови окремих років досліджень.

За поєднанням підвищеної маси 1000 зерен та показників гомеостатичності і селекційної цінності у різних за підвидами, різновидностями, а також країнами походження групах зразків ячменю ярого виділено нові генетичні джерела для використання в селекційному процесі. Зокрема, для поліпшення сортів ячменю дворядного плівчастого за даною ознакою можна рекомендувати зразки Святівіт (UKR), Дар Носівщини (UKR), Смарагд (UKR), Sunshine (DEU), Lilly (DEU), Владлен (KGZ), голозерного – NSGJ-1 (SRB), шестирядного – Yerong (AUS)

Загалом серед усіх досліджених 96 зразків наближене до оптимального поєднання рівня прояву маси 1000 зерен і її стабільності за роками відповідно до GGE biplot моделі мали генотипи Дар Носівщини (UKR), NSGJ-1 (SRB), Святівіт (UKR), Смарагд (UKR).

ЛІТЕРАТУРА

- Govindaraj M., Vetriventhan M. and Srinivasan M. Importance of genetic diversity assessment in crop plants and its recent advances: an overview of its analytical perspectives. *Genetics Research International*. 2015. Article ID 431487. DOI: <https://doi.org/10.1155/2015/431487>.
- Лінчевський А.А. 95 років селекції ячменю в селекційно-генетичному інституті. *Збірник наукових праць СГІ–НЦНС*. 2012. Вип. 20. С. 66–83.
- Van de Wouw M. et al. Genetic erosion in crops: concept, research results and challenges. *Plant Genetic Resources*. 2010. Vol. 8 (1). P. 1–15. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1479262109990062>.
- Malysheva-Otto L. et al. Temporal trends of genetic diversity in European barley cultivars (*Hordeum vulgare* L.). *Molecular Breeding*. 2007. Vol. 20 (4). P. 309–322. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11032-007-9093-y>.
- Brantestam A.K. et al. Characterisation of agronomic performance of Baltic spring barley material. *Proceedings of Latvian Academy of Sciences. Section B*. 2014. Vol. 68 (3/4). P. 119–132.
- Ниска І.М. Характеристика зразків світового генофонду ячменю ярого за основними господарськими ознаками. *Генетичні ресурси рослин*. 2015. Вип. 17. С. 29–33.
- Петухова І.А., Рябчун В.К., Музафарова В.А., Падалка О.І. Оцінка сортів ячменю ярого для круп'яного напрямку використання за комплексом цінних господарських ознак в умовах Лісостепу України. *Генетичні ресурси рослин*. 2016. № 18. С. 31–40.

8. Гудзенко В.М., Дем'янюк О.С. Генетичне поліпшення ячменю дворядного ярого за кількісними ознаками у Лісостепі України. *Агроекологічний журнал*. 2018. № 1. С. 81–86. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2018.160581>
9. Xu X. et al. Genome-wide association analysis of grain yield-associated traits in a Pan-European barley cultivar collection. *The Plant Genome*. 2018. Vol. 11 (1). Article ID 170073. DOI: <https://doi.org/10.3835/plantgenome2017.08.0073>.
10. Swati S. et al. Genetic architecture of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes for grain yield and yield attributing traits. *Wheat and Barley Research*. 2018. Vol. 10 (3). P. 179–184. DOI: <https://doi.org/10.25174/2249-4065/2018/83148>.
11. Rodrigues O., Minella E. and Costenaro E.R. Genetic improvement of barley (*Hordeum vulgare* L.) in Brazil: yield increase and associated traits. *Agricultural Sciences*. 2020. Vol. 11. P. 425–438. DOI: <https://doi.org/10.4236/as.2020.114025>.
12. Wang Q. et al. Dissecting the genetic basis of grain size and weight in barley (*Hordeum vulgare* L.) by QTL and comparative genetic analyses. *Frontiers in Plant Science*. 2019. Vol. 10. Article ID 469. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00469>.
13. Wang J. et al. Identification of QTL for barley grain size. *Peer J*. 2021. Vol. 9. Article ID e11287. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.11287>.
14. Tsige T., Shiferaw T., Gezahegn S. and Taye K. Assessment of malt barley genotypes for grain yield and malting quality traits in the central highlands of Ethiopia. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*. 2020. Vol. 10 (20). DOI: <https://doi.org/10.7176/JBAH/10-20-01>.
15. Важеніна О.Є., Васьюк Н.І., Солонечний П.М., Солонечна О.В. Міцність натури та маси 1000 зерен пивоварних сортів ячменю в залежності від генотипу та погодних умов. *Селекція і насінництво*. 2020. Вип. 117. С. 16–25. DOI: <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2020.206935>.
16. Hadjichristodoulou A. Stability of 1000-grain weight and its relation with other traits of barley in dry areas. *Euphytica*. 1990. Vol. 51 (1). P. 11–17. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00022887>.
17. Istanbuli T., Baum M., Touchan H. and Hamwieh A. Evaluation of morpho-physiological traits under drought stress conditions in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Photosynthetica*. 2020. Vol. 58 (4). P. 1059–1067. DOI: <https://doi.org/10.32615/ps.2020.041>.
18. Mikołajczak K. et al. Image phenotyping of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) RIL population under drought: selection of traits and biological interpretation. *Frontiers in Plant Science*. 2020. Vol. 11. Article ID 743. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00743>.
19. Bleidere M. et al. Variation of spring barley agronomic traits significant for adaption to climate change in Latvian breeding programmes. *Proceedings of Latvian Academy of Sciences. Section B*. 2012. Vol. 66 (1/2). P. 30–35. DOI: <https://doi.org/10.2478/v10046-011-0043-z>.
20. Tamm Y., Jansone I., Zute S. and Jakobsone I. Genetic and environmental variation of barley characteristics and the potential of local origin genotypes for food production. *Proceedings of Latvian Academy of Sciences. Section B*. 2015. Vol. 69 (4). P. 163–169.
21. Гудзенко В.М. та ін. Стабільність урожайності колекційних зразків ячменю ярого (*Hordeum vulgare* L.) в умовах центральної частини Лісостепу України. *Агроекологічний журнал*. 2021. № 1. С. 140–149. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2021.227252>.
22. Хангильдин В.В., Литвиненко Н.А. Гомеостатичність и адаптивність сортів озимої пшениці. *Научно-технічний бюлетень ВСІП*. 1981. Вип. 1 (39). С. 8–14.
23. Yan W. and Tinker N.A. Biplot analysis of multi-environment trial data: principles and applications. *Canadian Journal of Plant Science*. 2006. Vol. 86 (3). P. 623–645. DOI: <https://doi.org/10.4141/P05-169>.
24. Hongyu K., Garcia-Pena M., de Araujo L.B. and dos Santos Dias C.T. Statistical analysis of yield trials by AMMI analysis of genotype x environment interaction. *Biometrical Letters*. 2014. Vol. 51 (2). P. 89–102. DOI: <https://doi.org/10.2478/bile-2014-0007>.

REFERENCES

1. Govindaraj, M., Vetriventhan, M. & Srinivasan, M. (2015). Importance of genetic diversity assessment in crop plants and its recent advances: an overview of its analytical perspectives. *Genetics Research International*, Article ID 431487. DOI: <https://doi.org/10.1155/2015/431487> [in English].
2. Linchevskiy, A.A. (2012). 95 rokov selektsii yachmeniu v selektsiino-henetychnomu instytutu [95 years of barley breeding in plant breeding and genetics institute]. *Zbirnyk naukovykh prats SHI–NTsNS – Collected Scientific Articles of PBGI–NCSCI, 20*, 66–83 [in Ukrainian].
3. Van de Wouw, M. et al. (2010). Genetic erosion in crops: concept, research results and challenges. *Plant Genetic Resources*, 8 (1), 1–15. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1479262109990062> [in English].
4. Malysheva-Otto, L. et al. (2007). Temporal trends of genetic diversity in European barley cultivars (*Hordeum vulgare* L.). *Molecular Breeding*, 20 (4), 309–322. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11032-007-9093-y> [in English].
5. Brantestam, A.K. et al. (2014). Characterisation of agronomic performance of Baltic spring barley material. *Proceedings of Latvian Academy of Sciences. Section B*, 68 (3/4), 119–132 [in English].
6. Nyska, I.M. (2015). Kharakterystyka zrazkiv svitovoho henofondu yachmeniu yaroho za osnovnymy hospodarskymy oznakamy [Characterization of

- spring barley accessions from the world gene pool in terms of major economic traits]. *Genetični resursi roslin – Plant Genetic Resources*, 17, 29–33 [in Ukrainian].
7. Petukhova, I.A., Riabchun, V.K. Muzafarova, V.A. & Padalka, O.I. (2016). Otsinka sortiv yachmeniu yaroho dlia krupianoho napriamu vykorystannia za kompleksom tsinnnykh hospodarskykh oznak v umovakh Lisostepu Ukrainy [Evaluation of groat spring barley varieties for a set of valuable economic features in the Forest-steppe of Ukraine]. *Genetični resursi roslin – Plant Genetic Resources*, 18, 31–40 [in Ukrainian].
 8. Hudzenko, V.M. & Demyanyuk, O.S. (2018). Hene-tychne polipshennia yachmeniu dvoriadnoho yaroho za kilkisnymi oznakamy u Lisostepi Ukrainy [Genetic improving of quantitative traits in two-rowed spring barley in the Forest-steppe of Ukraine]. *Ah-roekolohichnyi zhurnal – Agroecological Journal*, 1, 81–86. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2018.160581> [in Ukrainian].
 9. Xu, X. et al. (2018). Genome-wide association analysis of grain yield-associated traits in a Pan-European barley cultivar collection. *The Plant Genome*, 11 (1), Article ID 170073. DOI: <https://doi.org/10.3835/plantgenome2017.08.0073> [in English].
 10. Swati, S. et al. (2018). Genetic architecture of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes for grain yield and yield attributing traits. *Wheat and Barley Research*, 10 (3), 179–184. DOI: <https://doi.org/10.25174/2249-4065/2018/83148> [in English].
 11. Rodrigues, O., Minella, E. & Costenaro, E.R. (2020). Genetic improvement of barley (*Hordeum vulgare* L.) in Brazil: yield increase and associated traits. *Agricultural Sciences*, 11, 425–438. DOI: <https://doi.org/10.4236/as.2020.114025> [in English].
 12. Wang, Q. et al. (2019). Dissecting the genetic basis of grain size and weight in barley (*Hordeum vulgare* L.) by QTL and comparative genetic analyses. *Frontiers in Plant Science*, 10. Article ID 469. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00469> [in English].
 13. Wang, J. et al. (2021). Identification of QTL for barley grain size. *PeerJ*, 9, Article ID e11287. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.11287> [in English].
 14. Tsige, T., Shiferaw, T., Gezahegn, S. & Taye, K. (2020). Assessment of malt barley genotypes for grain yield and malting quality traits in the central highlands of Ethiopia. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 10 (20). DOI: <https://doi.org/10.7176/JBAH/10-20-01> [in English].
 15. Vazhenina, O.E., Vasko, N.I., Solonechnyi, P.M. & Solonechna, O.V. (2020). Minlyvist natury ta masy 1000 zeren pyvovarnykh sortiv yachmeniu v zalezhnosti vid henotypu ta pohodnykh umov [Variability of the test weight and 1000-kernel weight of brewing barley cultivars depending on the genotype and weather conditions]. *Selektsiya i Nasimnystvo – Plant Breeding and Seed Production*, 117, 16–25. DOI: <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2020.206935> [in Ukrainian].
 16. Hadjichristodoulou, A. (1990). Stability of 1000-grain weight and its relation with other traits of barley in dry areas. *Euphytica*, 51 (1), 11–17. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00022887> [in English].
 17. Istanbuli, T., Baum, M., Touchan, H. & Hamwieh, A. (2020). Evaluation of morpho-physiological traits under drought stress conditions in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Photosynthetica*, 58 (4), 1059–1067. DOI: <https://doi.org/10.32615/ps.2020.041> [in English].
 18. Mikolajczak, K. et al. (2020). Image phenotyping of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) RIL population under drought: selection of traits and biological interpretation. *Frontiers in Plant Science*, 11, Article ID 743. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00743> [in English].
 19. Bleidere, M. et al. (2012). Variation of spring barley agronomic traits significant for adaption to climate change in Latvian breeding programmes. *Proceedings of Latvian Academy of Sciences. Section B*, 66 (1/2), 30–35. DOI: <https://doi.org/10.2478/v10046-011-0043-z> [in English].
 20. Tamm, Y., Jansone, I., Zute, S. & Jakobsone, I. (2015). Genetic and environmental variation of barley characteristics and the potential of local origin genotypes for food production. *Proceedings of Latvian Academy of Sciences. Section B*, 69 (4), 163–169 [in English].
 21. Hudzenko, V.M. et al. (2021). Stabilnist urozhainosti kolektiynykh zrazkiv yachmeniu yaroho (*Hordeum vulgare* L.) v umovakh tsentralnoi chastyny Lisostepu Ukrainy [Assessment of yield and stability in spring barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes of different ecological origin under conditions of the central part of Ukrainian Forest-steppe]. *Ah-roekolohichnyi zhurnal – Agroecological Journal*, 1, 140–149. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2021.227252> [in Ukrainian].
 22. Hangil'din, V.V. & Litvinenko, N.A. (1981). Gomeostatichnost' i adaptivnost' sortov ozimoy pshenicy [Homeostatic and adaptability of winter wheat varieties]. *Nauchno-tehnicheskij bjulleten' VSGI – Scientific and Technical Bulletin of PBGI*, 1 (39), 8–14 [in Russian].
 23. Yan, W. & Tinker, N.A. (2006). Biplot analysis of multi-environment trial data: principles and applications. *Canadian Journal of Plant Science*, 86 (3), 623–645. DOI: <https://doi.org/10.4141/P05-169> [in English].
 24. Hongyu, K., Garcia-Pena, M., de Araujo, L.B. & dos Santos Dias C.T. (2014). Statistical analysis of yield trials by AMMI analysis of genotype x environment interaction. *Biometrical Letters*, 51 (2), 89–102. DOI: <https://doi.org/10.2478/bile-2014-0007> [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 21.05.2021

ВПЛИВ ЛІСОТЕХНІЧНИХ ЗАХОДІВ НА ВІДТВОРЕННЯ РАРИТЕТНОГО ФІТОРІЗНОМАНІТТЯ В ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМАХ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

В.Л. Шевчик¹, І.Я. Тимочко², І.В. Соломаха²

¹ ННЦ «Інститут біології та медицини» КНУ імені Тараса Шевченка (м. Київ, Україна)
e-mail: shewol@ukr.net; ORCID: 0000-0001-5981-3776

² Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: i.tymochko@gmail.com; ORCID: 0000-0001-9893-3869
e-mail: i_solo@ukr.net; ORCID: 0000-0001-8853-2973

Цікавим аспектом є питання набуття рис природності штучно створеними деревними насадженнями на території лісостепової зони України. У цій роботі проаналізовано умови виникнення та формування нових місцезростань популяцій рідкісних видів рослин у різних типах штучних деревних та чагарникових насаджень Лісостепу України. Визначено комплекс природних та антропогенних чинників створення необхідних умов для здійснення цього процесу. Відображено особливості негативного впливу різних господарських заходів на зменшення чисельності особин рослин-созофітів та навіть зникнення окремих їх популяцій. Для поліпшення охорони созофітів у лісах лісостепової зони доцільним є перегляд здійснення окремих способів проведення лісогосподарських заходів. Зокрема, необхідна повна заборона суцільних рубок у лісах природного походження та виділення біополян під природне відновлення лісу. Для покращення стану лісових ценозів захисних насаджень, включаючи й пожезахисні лісові смуги, необхідне проведення серії експериментів із наступною розробкою технології їхньої ценотичної корекції з метою підвищення загально-екологічної, в тому числі фітосозологічної, їх значимості. Здійснення комплексу фітомеліоративних заходів при створенні захисних лісових насаджень певною мірою сприятиме запобіганню можливим кліматичним змінам, локальним стихіям та позитивно впливатиме на процеси формування посівів сільськогосподарських культур. Створення стійких лісових насаджень дасть змогу застосовувати заходи охорони навколишнього природного середовища з використанням регулюючих та захисних функцій лісових екосистем. Дотримання всіх цих умов сприятиме прояву різних природоохоронних заходів для розвитку та збереження біологічного різноманіття.

Ключові слова: захисні лісові насадження, лісогосподарські заходи, рідкісні рослини.

ВСТУП

Тотальне розорювання чорноземів в Україні призвело до майже повного знищення степового біому на її території і перетворення його на штучний агрофітоценотичний ландшафт, який неспроможний у повному обсязі виконувати загально-екологічні функції свого попередника. Як один із допоміжних заходів, що корегує і в дечому покращує загальний стан довкілля в лісостеповій і степовій зонах є створення захисних лісових насаджень. Насадження, при здійсненні комплексу фітомеліоративних заходів, певною мірою сприятимуть за-

побіганню можливим кліматичним змінам, локальним стихіям та позитивно впливатимуть на оптимізацію процесу формування посівів сільськогосподарських культур. Крім того, формування стійких лісових насаджень дасть змогу застосовувати заходи охорони навколишнього природного середовища з використанням регулюючих та захисних функцій лісових екосистем. Дотримання всіх цих умов сприятиме прояву на досліджених територіях різних природоохоронних заходів для розвитку та збереження біологічного різноманіття.

Доволі цікавим аспектом є питання набуття рис природності штучно створени-

ми деревними насадженнями на території степової та лісостепової зон України. Так, надмірне розорювання лучно-степових та степових угідь у 70–80 роках ХХ ст. на цій території в подальшому потребувало максимального долучення лісомеліоративних заходів для покращення екологічного стану ґрунтів. Створені насадження полезахисних лісових смуг під час свого розвитку зазнавали змін як у складі деревних та чагарникових видів рослин, так і в складі трав'янистих, які відбувалися шляхом переходу від комплексів синантропних та природних лучно-степових видів до сформованих угруповань видів деревно-чагарникових насаджень. За подальшого розвитку до їх складу проникають види природних угруповань лісової та чагарникової рослинності.

Крім того, створені захисні лісові насадження, набувають властивості регулюючого екологічного чинника в існуючих агроекосистемах, виступають фактором сприяння міграційним процесам для переміщення та розвитку на значних територіях рослинних та тваринних організмів. Тобто, захисні насадження, а в подальшому і сформовані на їх місці спонтанні угруповання створюють умови для існування комах, для гніздування та проживання в них птахів.

Також, ці об'єкти є місцями переміщення, перебування та розмноження різних видів інших тварин.

Стосовно рослин захисні лісові насадження є не тільки зоною розвитку та формування природного ядра, але й місцем поширення для адвентивних та інвазійних видів.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

З проблемою відтворення природності штучно створених та спонтанних деревних та чагарникових насаджень ми постійно стикаємося при дослідженні об'єктів природно-заповідного фонду та Смарагдової мережі на території Лісостепу України [1–9], а також при вивченні поширення рідкісних видів рослин [10–12].

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Об'єктом дослідження є вплив лісотехнічних заходів на відтворення раритетного фіторізноманіття в лісових екосистемах Лісостепу України. Для цього були використані загальноприйняті польові та камеральні методи дослідження. Назви таксонів рослин наведено згідно із чеклістом [13]. Збір гербарію та його опрацювання здійснювали за стандартною методикою. У виявлених місцезнаходженнях рідкісних видів нами виконано повні геоботанічні описи рослинності, які здійснювали згідно із загальноприйнятими методиками (для лісових угруповань це ділянки площею 30×30 м). Описові площі закладали у природних межах фітоценозів, в зв'язку з нерівномірністю форми угруповань з участю досліджуваного виду. За дослідження популяцій созофітів визначали площу, яку займає популяція, чисельність та щільність особин, вікову структуру. При визначенні вікової структури враховували особини чотирьох вікових станів (j, im, v, g). Віковий стан особин виділяли враховуючи якісні та кількісні параметри.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Можливі напрями відтворення природних особливостей та створення можливостей для розвитку окремих особин або навіть мікропопуляцій рослин складаються й у штучно створених лісових деревостанах. Так, нами виявлено зростання рідкісного виду рослин коручки чемерниковидної (*Epipactis helleborine* (L.) Crantz) в трьох нових локалітетах на Північному Сході Лісостепу України у штучно створених лісових насадженнях [12]. Зі збільшенням віку деревних насаджень можна констатувати зростання участі низки деревних та чагарникових видів рослин, та прояв широкого спектра трав'янистих рослин. До того ж, в їхньому складі зменшується частка так званих «лісових бур'янів» та зростає участь видів, характерних для широколистяних лісів (*Galium odoratum* (L.) Scop., *Scrophularia nodosa* L., *Convallaria majalis* L., *Viola mirabilis* L., *Dryopteris filix-*

mas (L.) Schott, *Dryopteris carthusiana* (Vill.) Н.Р. Fuchs), що стало основою для віднесення цих угруповань до класу *Carpino-Fagetea sylvaticae* Jakucs ex Passarge 1968 природної лісової рослинності.

Також, ми спостерігали появу популяції *Epipactis helleborine* в процесі часткового відтворення природних властивостей штучної полезахисної лісової смуги [11]. Досліджена популяція виявлена у полезахисній лісосмузі віком 80–90 років із дуба звичайного (*Quercus robur* L.) у межах лісостепової зони на околиці м. Києва. В її складі зростає близько 40 особин *Epipactis helleborine*, які поширені на площі 15×7 м. Однією з особливостей зростання цієї популяції є те, що вона зазнає впливу помірного антропогенного навантаження (по лісосмузі проходить польова дорога, місцеве населення викидає побутові відходи та ін.). У дослідженій лісосмузі активно відбуваються процеси набуття рис природності в штучно створених деревних насадженнях. У складі угруповання у підрослі зростає ряд деревних (*Quercus robur*, *Carpinus betulus* L., *Acer platanoides* L., *Fraxinus excelsior* L., *Cerasus avium* (L.) Moench) та чагарникових видів (*Swida sanguinea* (L.) Opiz, *Crataegus pseudokyrstostyla* Klokov) рослин, а також з'являється широкий спектр трав'янистих рослин, характерних для широколистяних лісів (*Carex muricata* L., *Poa nemoralis* L., *Galium odoratum* (L.) Scop., *Scrophularia nodosa* L.) за рахунок зменшення участі «лісових бур'янів» (*Chelidonium majus* L., *Urtica dioica* L., *Impatiens parviflora* DC., *Geum urbanum* L., *Galium aparine* L., *Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm., *Solidago canadensis* L.). Досліджене угруповання віднесено до асоціації *Elytrigio repentis* – *Quercetum robori* I. Solomakha et Shevchyk 2020 синантропізованого класу *Robinietaea* Jurko ex Nadei et Sofron 1980. Таким чином, наші дослідження відтворюють один із найцінніших етапів натуралізації насаджень полезахисних лісових смуг, коли найбільш вікові насадження набувають здатності ставати ділянками розвитку і поширення рідкісних рослин. Будемо сподіватись, що виявлена

популяція *Epipactis helleborine* стане основою для повсюдного поширення цього виду на цій території.

При маршрутному вивченні рослинного покриву штучних (можливо і спонтанних) деревних насаджень із переважанням *Carpinus betulus*, *Quercus robur*, *Populus alba* L., *P. nigra* L., *P. tremula* L. на придніпровських кручах та в яружно-балковій системі правого берегу р. Дніпро в Лісостепу України було виявлено формування популяцій булатки великоквіткової (*Cephalanthera damasonium* (Mill.) Druce) на східній межі поширення [10]. Більшість популяцій поширені в темних насадженнях *Carpinus betulus*, де практично відсутній трав'янистий покрив. Вони трапляються як поодинокі, так і численними угрупованнями. У різних екологічних умовах було виявлено 11 ізольованих локальних популяцій різних за чисельністю (від 10 до 500 особин), які знаходяться на відстані від 100 до 1500 м одна від одної. Виявлені мікропопуляції *Cephalanthera damasonium* займають площу від декількох до 750 м². Загальна чисельність сягає понад 1200 особин, віковий спектр правосторонній, переважають генеративні особини, їх частка становить 4/5 від загальної кількості. Популяційні дослідження свідчать про сприятливі еколого-ценотичні умови для зростання *Cephalanthera damasonium* та відмічено прогресивний розвиток цього виду в дослідженому рослинному покриві.

Досліджено еколого-ценотичні особливості поширення цього виду в угрупованнях класів *Carpino – Fagetea sylvaticae*, *Quercetia pubescentis* Doing – Kraft ex Scamoni et Passarge 1959, *Crataego – Prunetea* Tx. 1962 nom. conserv. propos., *Alno glutinosae – Populetea albae* P. Fukarek et Fabijaniž 1968. Міцезростання *Cephalanthera damasonium* мають характер екотонів, тому важко надати однозначну синтаксономічну інтерпретацію цих фітоценозів. Це пояснюється доволі складною історією формування рослинного покриву дніпровських круч, що зумовлено існуванням штучно насаджених лісів, спонтанно виниклих деревно-чагарникових угруповань та сформованих на їх основі це-

нозів природної лісової рослинності, яка відповідає екологічним особливостям цих місцезростань. З огляду на існуючий рослинний покрив, можна констатувати його абсолютну природність та мінімальність впливу на ці угруповання антропогенного чинника, оскільки більшість досліджених ділянок важкодоступні, у зв'язку зі значною крутизною яружно-балкових систем та дніпровських круч. Все це дає можливість стверджувати про оптимальність умов зростання *Cephalanthera damasonium* та можливості його збереження в подальшому саме на цих територіях.

У спектрі ценофлор полезахисних лісо-смуг, окрім спеціально штучно висаджених дерев та кущів, зазвичай, переважають види широкої екології, так звані убіквісти-антропохори та геліофільні лучні та степові рослини-анемохори. Більшість випадків появи в цих фітоценозах типових лісових трав (зоохорів та дрібнонасінних лісових анемохорів типу орхідних, грушанкових та архегоніат) пояснюються близьким сусідством із лісами природного походження або випадковим заносом їх зачатків сюди. В цьому аспекті доцільним є закладання експериментів відносно штучного занесення різних лісових трав у лісомеліоративні полезахисні смуги. Результатом таких робіт може стати розроблення технології штучного відтворення структурованих та екологічно більш функціонально досконалих полезахисних лісо-смуг. Вдале запровадження цих технологій дасть можливість підвищити якість біоценозів лісо-смуг як оселищ видів рослин і тварин, і таким чином, посилить їх транзитну роль та тим самим буде сприяти збереженню біорізноманіття.

Доволі важливим є питання впливу рубок головного користування на стан популяцій трав'янистих та чагарникових рослин. Безперечним є факт досить негативної дії таких рубок у багатовікових, складно структурованих, природного походження, широколистяних лісах. Воно може мати катастрофічне значення і спричинити знищення окремих особин і цілих популяцій рідкісних видів рослин.

Водночас інтенсивне всихання дерев і випадання сосни звичайної у штучних одновікових перестійних (понад 80 років) насадженнях із сформованим ярусом трав також часто зумовлює до катастрофічних наслідків для популяцій олігомезотрофних та геліофільних рідкісних видів. У випадку відсутності відбору деревини і формуванню високого ступеня захаращеності, проходить її розкладання. На певних етапах цього процесу відбувається різке зростання кількості рухомих форм поживних речовин у верхніх шарах ґрунту, з подальшим розростанням синузії рудеральних видів, що призводить до елімінації в популяціях багатьох рідкісних видів. Особливо активно ці процеси відбуваються у старих штучних насадженнях сосни на ділянках із лісорослинними умовами дібровного типу.

Ще більш небезпечними явищами, що спостерігаються у старих штучних соснових лісах, є пожежі. Як приклад, можна привести ділянки вигорілих соснових лісів острова Жовніне (49.332697 пн. ш.; 32.715621 сх. д.) (Кременчуцьке водосховище, біля витоків р. Сула), де внаслідок пожежі вигоріла навіть дернина. Наразі тут основну частку травостою становлять рудерали-терофіти та *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth.

У той самий час є приклади доброго стану популяції созофітів у біотопах, сформованих під впливом суцільного вирубування деревостану із вивозом деревини. Так, проводились суцільні вирубки сосново-дубових лісів у Ліпльавському лісництві Золотоніського держлісгоспу у 70-ті роки на ділянках, які згідно з проектом мали бути розмитими після наповнення водою Канівського водосховища. Нині, це зокрема і ділянки західного побережжя урочища Зміїні острови Канівського природного заповідника та сусідні із ними ділянки, це координати окремих таких ділянок: 1) 49.854133 пн. ш.; 31.545634 сх. д.; 2) 49.855226 пн. ш.; 31.546836 сх. д.; 3) 49.839882 пн. ш.; 31.541118 сх. д.; 4) 49.859954 пн. ш.; 31.563698 сх. д. Наразі на них сформувались псамофільні комплек-

си трав із участю популяцій созофітів високої життєвості, зокрема таких як: *Jurinea cyanoides* (L.) Rchb., *Pulsatilla patens* (L.) Mill., *P. pratensis* (L.) Mill., *Stipa borysthena* Klok., *Senecio borysthenicus* (DC.) Andrz., *Tragopogon ukrainicus* Artemcz., *Thesium ebracteatum* Haune.

Прикладом позитивного впливу на ярус трав вибіркового санітарних рубок у суборах із відбором дерев сосни звичайної та залишенням дуба черешчатого є лісові ділянки військових лісництв в межах об'єкта Смарагдової мережі UA0000337 «Дівички», більшість площ якого входять в межі однойменного проєктованого національного природного парку [14]. Наразі у деревостані таких лісів переважає низькостовільний дуб, під покривом якого сформувався досить багатий ярус трав, де представлені популяції окремих созофітів. Так, на рівній ділянці із старим субором (50.064550 пн. ш.; 31.120499 сх. д.) на площі 30×30 м у верхньому ярусі зростають *Pinus sylvestris* (10%) та *Quercus robur* (30%). У ярусі чагарників поодинокі (зімкнутість 0,1) – *Frangula alnus* Mill., *Pyrus communis* L. У розрідженому травостої (покриття до 30%) співдомінують *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn (5%), *Convallaria majalis* (10), *Poa angustifolia* L. (1), *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce (1), *Carex caryophylla* Latourr (5), *Carex michelii* Host (3), *Trifolium alpestre* L. (1%) та багато трав'янистих рослин із покриттям менше

1%, серед яких і низка созофітів: *Daphne sneorum* L., *Epipactis helleborine*.

Поряд на ділянці сухого субору (площа 10×10 м) з видаленою сосною із ознаками давніх порубкових впливів (заїзд автотранспорту) було виявлено місцезростання двох рослин-созофітів: *Daphne sneorum*, *Pulsatilla patens*. Це пов'язано з тим, що відбулося розрихлення ґрунтового покриву, зменшилася міжвидова конкуренція й ці види змогли тут заселитися.

ВИСНОВКИ

Отже, для покращання стану охорони рідкісних рослин у лісах лісостепової зони доцільним є зміна окремих способів проведення лісогосподарських заходів. Зокрема, необхідна повна заборона суцільних рубок у лісах природного походження, особливо широколистяних, і близьких за структурою до природних. На ділянках із локалізацією популяцій геліофільних созофітів сухих та свіжих борів і суборів після рубок головною користування та вивезення деревини не проводити штучного заліснення, а залишати їх у стані біополя під природне відновлення лісу. Для поліпшення стану лісових ценозів захисних насаджень, включаючи й полезахисні лісові смуги, необхідне проведення серії експериментів з подальшим розробленням технології їхньої ценотичної корекції з метою підвищення загально-екологічної, в т. ч. фітосозологічної, їх значимості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Shevchyk V. et al. Vulnerability of habitats of the Emerald Network to invasions of alien plants in Pridneprovsk left-bank forest-steppe (Ukraine). *Acta Oecologica Carpatica*. 2019. XII. I. P. 1–12.
2. Solomakha I.V., Konishchuk V.V., Mudrak O.V., Mudrak H.V. A Study of the Emerald Network objects in Ukrainian Forest-Steppe of Dnieper Ecological Corridor. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. 10 (2). P. 209–218. DOI: https://doi.org/10.15421/2020_87
3. Безроднова О.В. та ін. Ботанічна та оселищна характеристика об'єкта Смарагдової мережі «Роганка» (Харківська обл.). *Агроекологічний журнал*. 2020. № 4. С. 6–15. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2020.219440>
4. Безроднова О.В. та ін. Лісотипологічна та фітосозологічна оцінка лісової рослинності НПП «Слобожанський». *Збалансоване природокористування*. 2020. № 4. С. 157–168. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2020.226651>
5. Соломаха І.В., Шевчик В.Л. Фітосозологічне значення об'єктів Смарагдової мережі Дніпровського екологічного коридору в межах Лісостепу України. *Науковий вісник Чернівецького університету. Біологія (Біологічні системи)*. 2020. Т. 12. Вип. 1. С. 72–83. DOI: <https://doi.org/10.31861/biosystems2020.01.072>
6. Соломаха І.В., Шевчик В.Л., Шевчик О.В. Еколого-ценотична та оселищна характеристика долини р. Сліпорід як перспективного об'єкта Смарагдової мережі України. *Агроекологічний журнал*. 2019. № 2. С. 22–30. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2019.174014>

7. Соломаха І.В., Шевчик В.Л., Безсмертна О.О., Бондар І.В. Ауффітосозологічна характеристика піщаних терас долинного комплексу Дніпро-Карань (Середнє Придніпров'я). *Чорноморський ботанічний журнал*. 2021. 17 (1). С. 46–58. DOI: <https://doi.org/10.32999/ksu1990-553X/2021-17-1-3>
8. Шевчик В.Л., Смоляр Н.О., Соломаха І.В., Шевчик Т.В. Еколого-ценотична характеристика оселищ долини річки Оржиця як перспективного об'єкта Смарагдової мережі. *Чорноморський ботанічний журнал*. 2019. 15 (4). С. 334–343. DOI: <https://doi.org/10.32999/ksu1990-553X/2019-15-4-2>
9. Шевчик В.Л., Соломаха І.В., Соломаха В.А. Еколого-ценотичні особливості проектаного ландшафтного заказника «Уляниківські джерела». *Агроекологічний журнал*. 2019. № 3. С. 27–34. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2019.183466>
10. Solomakha I.V. et al. Populations of *Cephalanthera damasonium* (Mill.) Druce on the right bank of Dnieper steeps (Forest-Steppe of Ukraine). *Envi-*

ronmental and Socio-economic Studies. 2020. Vol. 8. Iss. 2. P. 12–20. DOI: <https://doi.org/10.2478/enviropn-2020-0008>

11. Соломаха І.В. Особливості зростання коручки чемерикувидної (*Eripactis helleborine* (L.) Scantz) у полезахисній лісовій смузі на околиці м. Києва. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 4. С. 33–38. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2020.219443>
12. Тимоцько І.Я., Соломаха В.А. Екологічне значення зростання коручки чемерикувидної (*Eripactis helleborine*) в штучних деревних насадженнях Східного Лісостепового лісомеліоративного району. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 3. С. 58–62. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2020.211527>
13. Mosyakin S.L. and Fedoronchuk M.M. Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist. Kyiv, 1999. 345 p.
14. Прекрасна Є. та ін. Проектований національний природний парк «Дівички» у Київській області. Сер.: Збережемо українські степи. Київ: НЕЦУ, 2012. 44 с.

REFERENCES

1. Shevchyk, V. et al. (2019). Vulnerability of habitats of the Emerald Network to invasions of alien plants in Pridneprovsk left-bank forest-steppe (Ukraine). *Acta Oecologica Carpatica, XII, I*, 1–12 [in English].
2. Solomakha, I.V., Konishchuk, V.V., Mudrak, O.V. & Mudrak, H.V. (2020). A Study of the Emerald Network objects in Ukrainian Forest-Steppe of Dnieper Ecological Corridor. *Ukrainian Journal of Ecology, 10 (2)*, 209–218. DOI: https://doi.org/10.15421/2020_87 [in English].
3. Bezrodnova, O. et al. (2020). Botanična ta oselyshchna kharakterystyka ob'ekta Smaragdovoi merezhi «Rohanka» (Kharkivska obl.) [Botanical and habitat characteristics of the Emerald Network object «Roganka» (Kharkiv region)]. *Ahroekolohichniy zhurnal – Agroecological journal, 4*, 6–15. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2020.219440> [in Ukrainian].
4. Bezrodnova, O. et al. (2020). Lisotypolohichna ta fitosozolohichna otsinka lisovoi roslynnosti NPP «Slobozhanskyi» [Forest typological and phytosozological assessment of forest vegetation of Slobozhansky national natural park]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia – Sustainable management of natural resources, 4*, 157–168. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2020.226651> [in Ukrainian].
5. Solomakha, I.V. & Shevchyk, V.L. (2020). Fitosozolohichne znachennia ob'ektiv Smaragdovoi merezhi Dniprovskoho ekolohichnogo korydoru v mezhakh Lisostepu Ukrainy [Phytosozological significance of Emerald network objects of Dnieper ecological corridor within the boundaries of the Forest-steppe of Ukraine]. *Naukovyi visnyk Chernivets'koho universytetu. Biolihiia (Biolohichni sys-*

temy) – Scientific Herald of Chernivtsi University. Biology (Biological Systems), 12 (1), 72–83. DOI: <https://doi.org/10.31861/biosystems2020.01.072> [in Ukrainian].

6. Solomakha, I.V., Shevchyk, V.L. & Shevchyk, O.V. (2019). Ekoloho-tsenotychna ta oselyshchna kharakterystyka dolyny r. Sliporid yak perspektyvnoho ob'ekta Smaragdovoi merezhi Ukrainy [Ecological, coenotical and habitats characteristics of the Sliporid River valley as a perspective object of Ukrainian Emerald Network]. *Ahroekolohichniy zhurnal – Agroecological journal, 2*, 22–30. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2019.174014> [in Ukrainian].
7. Solomakha, I.V., Shevchyk, V.L., Bezsmertna, O.O. & Bondar, I.V. (2021). Autfitosozolohichna kharakterystyka pishchanykh teras dolynnoho kompleksu Dnipro-Karan (Seredne Prydniprov'ia) [Autphytosozological characteristics of sand terraces of the Dnipro-Karan valley complex (Middle Dniepr)]. *Chornomorskyi botanichniy zhurnal – Chornomorski botanical journal, 17 (1)*, 46–58. DOI: <https://doi.org/10.32999/ksu1990-553X/2021-17-1-3> [in Ukrainian].
8. Shevchyk, V., Smolyar, N., Solomakha, I. & Shevchyk, T. (2019). Ekoloho-tsenotychna kharakterystyka oselyshch dolyny richky Orzhytsia yak perspektyvnoho ob'ekta Smaragdovoi merezhi [Ecological and coenotical characteristics of the Orzhytsia River habitats as a perspective object of Ukraine Emerald Network]. *Chornomorskyi botanichniy zhurnal – Chornomorski botanical journal, 15 (4)*, 334–343. DOI: <https://doi.org/10.32999/ksu1990-553X/2019-15-4-2> [in Ukrainian].
9. Shevchyk, V.L., Solomakha, I.V. & Solomakha, V.A. (2019). Ekoloho-tsenotychni osoblyvosti proektovanoho landshaftnogo zakaznyka «Ulianykivski

- dzherela» [Ecological and cenotic features «Ulianykivski dzherela (wellsprings)» designed landscape reserve]. *Ahroekolohichniy zhurnal – Agroecological journal*, 3, 27–34. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2019.183466> [in Ukrainian].
10. Solomakha, I.V. et al. (2020). Populations of *Cephalanthera damasonium* (Mill.) Druce on the right bank of Dnieper steeps (Forest-Steppe of Ukraine). *Environmental and Socio-economic Studies*, 8 (2), 12–20. DOI: <https://doi.org/10.2478/environ-2020-0008> [in English].
11. Solomakha, I.V. (2020). Osoblyvosti zrostannia koruchky chemernykovydnoi (*Epipactis helleborine* (L.) Crantz) u polezakhysnii lisovii smuzi na okolysti m. Kyieva [Peculiarities of *Epipactis helleborine* (L.) Crantz growth in the field protective forest zones in the surroundings of Kyiv]. *Ahroekolohichniy zhurnal – Agroecological journal*, 4, 33–38. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2020.219443> [in Ukrainian].
12. Tymochko, I.Ja. & Solomakha, V.A. (2020). Ekolohichne znachennia zrostannia koruchky chemernykovydnoi (*Epipactis helleborine*) v shtuchnykh derevnykh nasadzheniakh Skhidnoho Lisostepovoho lisomelioratyvnoho raionu [Ecological significance of hellebore growth (*Epipactis helleborine*) in artificial tree plantations of the Eastern Forest-Steppe forest reclamation area]. *Ahroekolohichniy zhurnal – Agroecological journal*, 3, 58–62. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2020.211527> [in Ukrainian].
13. Mosyakin, S. & Fedoronchuk, M. (1999). *Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist*. Kyiv [in English].
14. Prekrasna, E. et al. (2012). *Proektovanyi natsionalnyi pryrodnyi park «Divychky» u Kyivskii oblasti. Seriya: Zbrezhemo ukraïnski stepy [The «Divychky» National nature park in the Kyiv region has been designed. Series: Let's save the Ukrainian steppes]*. Kyiv: NECU [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 17.06.2021

ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ, РОЗВИТКУ ТА КЛІМАТОСТАБІЛІЗУВАЛЬНЕ ЗНАЧЕННЯ СОСНОВИХ НАСАДЖЕНЬ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ

В.В. Мороз¹, Н.М. Стасюк², Л.М. Тимошенко²

¹ Поліський національний університет (м. Житомир, Україна)
e-mail: vera_moroz@ukr.net; ORCID: 0000-0002-1457-4641

² Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: wien@ukr.net; ORCID: 0000-0002-9184-4078
e-mail: pion060917@gmail.com; ORCID: 0000-0003-4648-8307

*Визначено особливості росту та розвитку соснових лісових насаджень в Українських Карпатах за лісгосподарськими округами: Передкарпатському, Гірськокарпатському та Закарпатських рівнин і передгір'я. Запропоновано математичні залежності росту та розвитку сосни за віком, висотою й діаметром. За одержаними математичними емпіричними залежностями встановлено, що сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) краще росте і розвивається у Гірськокарпатському лісорослинному окрузі. У цьому лісорослинному окрузі ріст сосни переважає на 2% за Передкарпатський округ, а за Закарпатських рівнин і передгір'я на 1%. За повнотою у Гірськокарпатському лісорослинному окрузі діаметр сосни є вищий за Передкарпатський округ на 3%, а Закарпатських рівнин і передгір'я — 1%. За допомогою пакета аналізу даних Microsoft Excel побудовані кореляційні матриці та проведено регресійний та дисперсний аналіз таких показників, як: вік, висота, діаметр, фітомаса — деревини, кори та крони. Отримано математичні рівняння, що надали змогу встановити біологічну продуктивність *Pinus sylvestris* L. За допомогою одержаних емпіричних рівнянь за методиками IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2015), G. Matthews (1993) та І.Я. Ліснє (1980) встановлено вуглецепоглиняльну та киснетвірну здатність соснових деревних насаджень у віці 70 років на площі 1 га. Визначено, що на площі 1 га соснові насадження найбільше поглинають вуглець — 88,9 т, та продукують кисень — 262,2 т у Гірськокарпатському лісгосподарському окрузі, у Передкарпатському лісгосподарському окрузі 76,0 т вуглецю та 224,1 т кисню, у Закарпатських рівнин і передгір'я сосна звичайна поглинає 69,5 т вуглецю та продукує 204,9 т кисню. Проаналізовано кількість викидів CO₂ в навколишнє середовище в умовах Українських Карпат, встановлено, що соснові ліси на 34% зменшують викиди діоксиду вуглецю.*

Ключові слова: вуглець, кисень, фітомаса, рівняння, CO₂.

ВСТУП

Головним резервуаром біологічно зв'язаного вуглецю є ліси (містять до 500 млрд т), що становить 2/3 його запасу в атмосфері. За утворення 1 т абсолютно сухої ваги рослинної продукції зв'язується 1,5–1,8 т вуглекислого газу і вивільняється 1,1–1,3 т кисню. Площа 1 га середньопродуктивного лісонасадження акумулює за рік 6–7 т вуглекислого газу і виділяє в атмосферу 5–6 т кисню. З усієї маси вуглецю, що знаходиться в рослинності, найбільша його кількість зосереджена в лісових екосистемах —

92%. У рослинах всіх інших екосистем акумульовано лише близько 7% вуглецю, а в рослинних організмах океану — менше ніж 1% [1–6].

Зрозуміло, що розширення площ під лісами, як і підвищення їх продуктивності, сприяло б якщо не нейтралізації, то уповільненню процесів накопичення вуглецю в атмосфері, оскільки лісові насадження є головним наземним поглиначем вуглекислого газу. Збільшення площ насаджень і покращання їх біопродуктивності за допомогою раціонального ведення лісового господарства сприяло б поліпшенню клімату на планеті [1; 7–9].

Враховуючи участь України в Паризькій угоді, і зобов'язаннях, які стоять перед Україною щодо покращання клімату і зменшення обсягів викиду CO₂, є необхідність у наукових дослідженнях з вуглецепоглиальної та киснепродуктивної здатності лісових насаджень України.

Мета наших досліджень полягає у розробленні математичних залежностей для визначення особливостей росту та розвитку соснових насаджень у трьох лісгосподарських округах Українських Карпат, у встановленні їх кліматостабілізувального значення (вуглецепоглиального та киснепродуктивного), визначенні кількості зниження CO₂ у навколишньому середовищі Карпат за рахунок вуглецепоглиальної здатності соснових лісів.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Кліматостабілізувальне значення деревних рослин визначають через моделювання їх біопродуктивної здатності з подальшим визначенням вуглецепоглиальної та киснепродуктивної можливості.

Вітчизняні вчені, зокрема П.І. Лакида (2006, 2009, 2011), С.І. Миклуш (2011), М.А. Голуб (2003), В.І. Білоус (2009), В.П. Пастернак (2011), Р.Д. Васишин (2014) та ін., розробили методи оцінки біологічної продуктивності лісових насаджень. Наукові дослідження цих вчених ми доповнили дослідженнями Г.Г. Гриника, А.І. Задорожного, В.М. Ловинської, С.А. Ситника, 2019 [2; 11–14], та дослідженнями іноземних науковців А.І. Уткина, Б.П. Чуракова, Е.В. Манякіна, Л.М. Гитарського, А.В. Іванова та ін. [12–16] та удосконалили методами математичного моделювання [17].

За проведеними нами науковими дослідженнями опубліковано низку наукових статей у вітчизняних і закордонних журналах [4–6; 18–21].

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для встановлення екологічної ролі соснових насаджень, збір дослідного матеріалу проводився в державних підприємств-

вах (ДП), що розташовані в лісгосподарських округах, в яких здійснювались дослідження: в Передкарпатському лісгосподарському окрузі це – (ДП) Коломийське лісове господарство (ЛГ), Івано-Франківське ЛГ, Дрогобицький ЛГ, Старосамбірське ЛМГ, Сторожинецький держлісгосп, СЛАП «Сторожинецький держспецлісгосп», Глибоцький держспецлісгосп АПК, Чернівецький ЛГ, Вигодське ЛГ, Кіцманський ліс АПК; в Гірськокарпатському лісгосподарському окрузі – ДП «Великобerezнянське ЛГ», ДП «Верхньогірське ЛГ», ДП «Турківське ЛГ», ДП «Славське ЛГ», ДП «Сколівське ЛГ», ДП «Вижницький держспецлісгосп АПК», ДП «Боринське ЛГ», ДП «Кутське ЛГ»; в лісгосподарському окрузі Закарпатських рівнин і передгір'я – ДП «Виноградівське ЛГ», ДП «Довжанський лісгосп», ДП «Тячівське ЛГ», ДП «Хустське ЛДГ», ДП «Брустурянське ЛМГ», ДП «Іршавський лісгосп», ДП «Моркянське ЛМГ», ДП «Міжгірське ЛГ» відповідно.

Тимчасові пробні площі закладали у соснових насадженнях згідно з СОУ 02.02–37–476:2006 «Пробні площі лісовпорядні. Метод закладання».

За біометричними показниками (вік, висота, діаметр) визначали ріст та повноту соснових насаджень Карпатського регіону за лісгосподарськими округами. Першим кроком для встановлення вуглецепоглиальної та киснепродуктивної ролі є встановлення біомаси дерева, яка відіграє істотну роль у процесі фотосинтезу дерева. Її визначали за формулою:

$$m = V \times \rho_{\text{bas}}, \quad (1)$$

де ρ_{bas} – базисна щільність фракції фітомаси, кг/м³; m – маса зразка фракції фітомаси в абсолютно сухому стані, кг; V – об'єм стовбура зразка залежно від діаметра та висоти, м³.

Базисну щільність фракцій фітомаси (ρ_{bas}) використовували за опублікованими даними таких авторів, як О.І. Полубояринов, П.І. Лакида [9; 22].

Об'єм кори, деревини визначали за нормативно-довідковими таблицями (Кашпор, Строчинський; 2013) [23].

Для встановлення фітомаси крони сосни звичайної використано рівняння, яке запропонував А.С. Аткін [24]:

$$P_{\text{крони}} = 8,379 + 0,087 \times P_{\text{стовбура}}, \quad (2)$$

де $P_{\text{крони}}$ – фітомаса крони, кг; $P_{\text{стовбура}}$ – фітомаса стовбура, кг.

Отримані дані були апроксимовані емпіричним рівнянням множинної статистичної алометрії [9; 17], яке описує залежності компонентів фітомаси дерева від його морфометричних показників (висота, діаметр):

$$y = a_0 \times x_1^{a_1} \times x_2^{a_2} \times \dots \times x_n^{a_n}, \quad (3)$$

де a_0, a_1, a_2 – константи, відомі в економетрії як похідна функції Кобба-Дугласа; x_1, x_2, x_n – морфометричні показники дерева, у нашому випадку x_1 – діаметр, см; x_2 – висота, м.

Фітомасу насадження (т/га) визначали як фітомасу всіх дерев у насадженні на одиниці площі.

Для швидкого визначення біопродуктивності деревостану нами розроблено конверсійні коефіцієнти за рівнянням [9]:

$$R_V = M_{\text{fr}} / M = a \times A^b, \quad (4)$$

де R_V – конверсійний коефіцієнт, т/м³; M_{fr} – фітомаса певної фракції деревостану, т/га; M – запас деревини у корі, м/га; a, b – постійні коефіцієнти регресії; A – вік насадження, роки.

Частка вуглецю в фітомасі в абсолютно сухому стані, за методикою IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2015), становить 50% фітомаси фракцій в абсолютно сухому стані. G. Matthews (1993) запропонував для хвої використовувати частку 45% [8].

Оцінку киснепродуктивності в лісонасадженнях здійснено за методикою І.Я. Лієпи [25].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Залежно від кліматичних та географічних умов зростання залежить ріст і повнота деревних рослин. Беручи до уваги одержані показники щодо деревної таксації на тимчасових пробних площах, нами отри-

мані математичні рівняння росту та розвитку (за діаметром) соснових насаджень Українських Карпат за лісогосподарськими округами:

Передкарпатський лісогосподарський округ:

$$h = 9,63 \times \ln(A) - 17,4; R^2 = 0,803, \quad (5)$$

$$d = 13,4 \times \ln(A) - 26,7; R^2 = 0,853. \quad (6)$$

Гірськокарпатський лісогосподарський округ:

$$h = 9,46 \times \ln(A) - 16,2; R^2 = 0,765, \quad (7)$$

$$d = 13,9 \times \ln(A) - 27,5; R^2 = 0,805. \quad (8)$$

Лісогосподарський округ Закарпатських рівнин і передгір'я:

$$h = 9,37 \times \ln(A) - 16,1; R^2 = 0,855, \quad (9)$$

$$d = 13,9 \times \ln(A) - 27,7; R^2 = 0,929. \quad (10)$$

де h – висота дерева, м; d – діаметр дерева, см, A – вік дерева, роки.

Високі коефіцієнти детермінації рівнянь (0,765–0,929) свідчать про достатню апроксимацію та можливість їх подальшого використання з метою прогнозування росту та розвитку сосни в умовах Українських Карпат за лісогосподарськими округами.

За одержаними рівняннями побудовано графіки залежності (рис. 1).

Згідно з одержаними результатами аналізу (див. рис. 1), можна стверджувати, що сосна звичайна краще росте і розвивається у Гірськокарпатському лісогосподарському окрузі, показник висоти за віком в середньому вищий на 2% за показник Передкарпатського округу і на 1% у Закарпатських рівнин і передгір'я, а показник за діаметром вищий на 3% і 1% відповідно.

Для встановлення кореляційних взаємозв'язків між таксаційними показниками та фітомасою різних фракцій хвойних дерев, за допомогою пакета аналізу даних Microsoft Excel, побудовано кореляційні матриці для сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) для кожного лісогосподарського округу окремо (табл. 1).

Між показниками фітомаси та біометричними показниками (висота, діаметр, вік) у соснових насадженнях спостеріга-

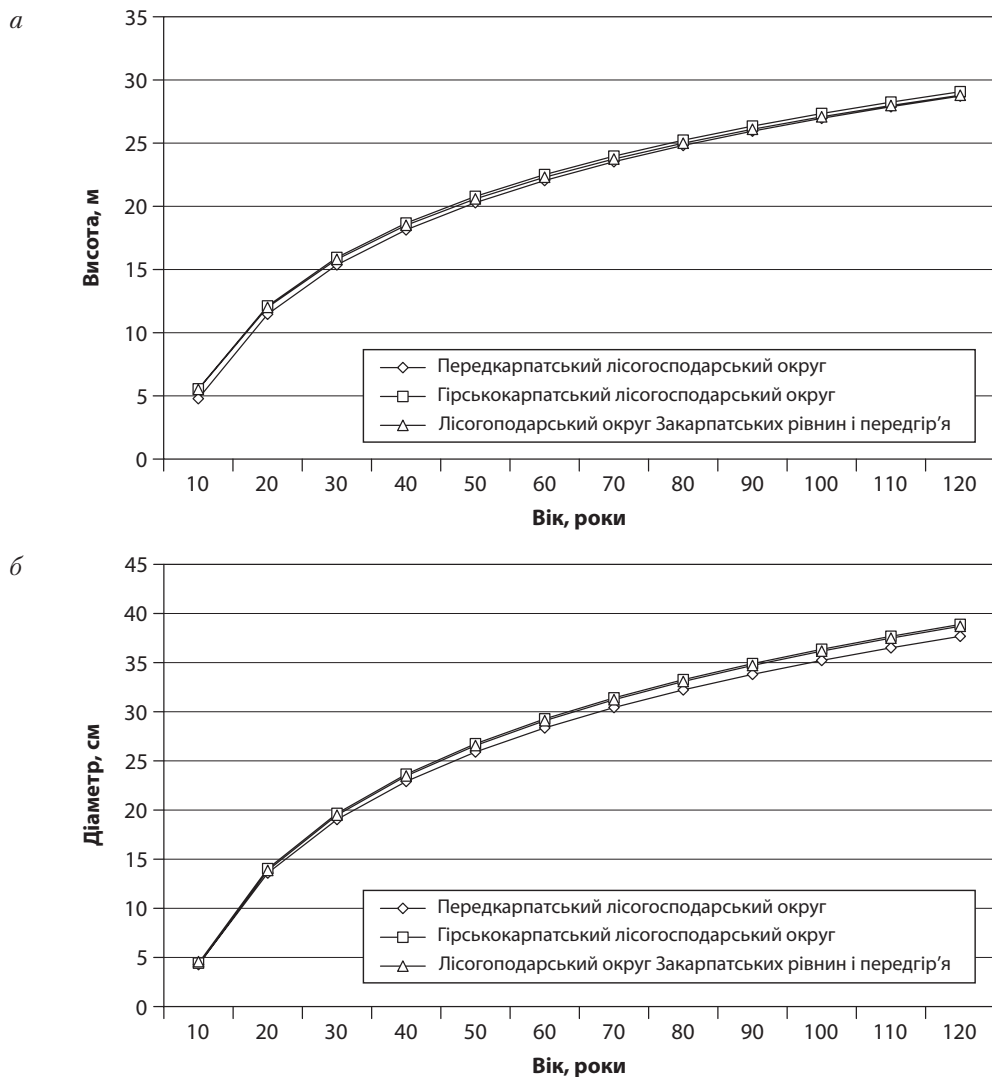


Рис. 1. Залежності за рівняннями:

a – середньої висоти сосни від її віку; *б* – середнього діаметра сосни від її віку

ється кореляційний взаємозв'язок у межах 0,533–0,999.

Для одержання степеневих рівнянь для соснових насаджень прологарифмовано всі показники та здійснено пошук залежностей між фітомасою деревини й біометричними показниками за допомогою регресійного аналізу. Результати розрахунків представлено у *табл. 2 і 3*.

Повертаємо до початкової функції показник Y , та одержуємо: $\ln 10(-1,63) = 0,02$.

Згідно з функцією Кобба–Дугласа степеневе рівняння буде мати вигляд:

$$y = 0,02 \times x_1^{1,92} \times x_2^{0,910}, \quad (11)$$

де y – середня фітомаса деревини сосни, кг; x_1 – діаметр дерева, см; x_2 – висота дерева, м.

Таблиця 1. Матриця парних коефіцієнтів кореляції соснових насаджень

Показники	Вік, років	Середня висота, м	Середній діаметр, см	Середня фітомаса деревини, кг	Середня фітомаса кори, кг	Середня фітомаса крони, кг
<i>Передкарпатського лісогосподарського округу</i>						
Вік, р.	1,00	—	—	—	—	—
Середня висота, м	0,815	1,00	—	—	—	—
Середній діаметр, см	0,813	0,813	1,00	—	—	—
Середня фітомаса деревини, кг	0,803	0,807	0,982	1,00	—	—
Середня фітомаса кори, кг	0,798	0,809	0,983	0,999	1,00	—
Середня фітомаса крони, кг	0,803	0,807	0,982	0,999	0,999	1,00
<i>Гірськокарпатського лісогосподарського округу</i>						
Вік, р.	1,00	—	—	—	—	—
Середня висота, м	0,797	1,00	—	—	—	—
Середній діаметр, см	0,837	0,809	1,00	—	—	—
Середня фітомаса деревини, кг	0,907	0,888	0,971	1,00	—	—
Середня фітомаса кори, кг	0,882	0,908	0,970	0,997	1,00	—
Середня фітомаса крони, кг	0,905	0,889	0,971	0,999	0,997	1,00
<i>Лісогосподарський округ Закарпатських рівнин і передгір'я</i>						
Вік, р.	1,00	—	—	—	—	—
Середня висота, м	0,533	1,00	—	—	—	—
Середній діаметр, см	0,781	0,722	1,00	—	—	—
Середня фітомаса деревини, кг	0,816	0,850	0,965	1,00	—	—
Середня фітомаса кори, кг	0,802	0,852	0,964	0,999	1,00	—

Отже, збільшення діаметра дерева на 1,92% і висоти на 0,910%, має безпосередній вплив на збільшення фітомаси дерева.

Міра визначеності дорівнює 0,999, що вказує на достатню апроксимацію отриманого степеневого рівняння з вихідними показниками. Множинний R є достатньо високим і дорівнює 0,999. Згідно з дисперсним аналізом, рівняння є значущим на 5% рівні, тому що значущість F є менше ніж 0,05.

Одержане степеневе рівняння буде мати вигляд:

$$y = 0,004 \times x_1^{1,81} \times x_2^{0,835}, \quad (12)$$

де y — середня фітомаса кори сосни, кг; x_1 — діаметр дерева, см; x_2 — висота дерева, м.

Коефіцієнт детермінації R^2 є достатньо високим 0,998, що вказує на вірогідність

рівняння. Кореляційний зв'язок (множинний R) між показниками високий 0,999. Дисперсійний аналіз вказав, що рівняння є значущим на 5% рівні, значущість F є менше ніж 0,05.

Аналогічним аналізом одержані рівняння для визначення фітомаси кори та деревини сосни:

- у Гірськокарпатському лісогосподарському окрузі:

- для деревини сосни звичайної:

$$y = 0,03 \times x_1^{1,98} \times x_2^{0,833}, R^2 = 0,999, \quad (13)$$

- для кори сосни звичайної:

$$y = 0,04 \times x_1^{1,69} \times x_2^{0,939}, R^2 = 0,996, \quad (14)$$

- у округу Закарпатських рівнин і передгір'я:

- для деревини сосни звичайної:

$$y = 0,059 \times x_1^{1,61} \times x_2^{0,955}, R^2 = 0,984, \quad (15)$$

Таблиця 2. Показники регресійної статистики та дисперсного аналізу деревини сосни звичайної у Передкарпатському лісогосподарському окрузі

<i>Регресійна статистика</i>							
Множинний R		0,999					
Коефіцієнт детермінації R^2		0,999					
Нормований R^2		0,999					
Стандартна помилка		0,003					
Спостереження		23					
<i>Дисперсійний аналіз</i>							
Показники	df (кількість ступенів волі)	SS (сума квадратів відхилень)	MS (оцінка дисперсії)	F	Значимість F		
Регресія	2	1,99	0,998522	95488,2	$1,6 \times 10^{-40}$		
Залишок	20	0,000209	$1,0 \times 10^{-5}$				
Разом	22	1,997254					
Показники		Коефіцієнти	Стандартна помилка	t – статистика	P – значення	Нижнє 95%	Верхнє 95%
Y – перетин	$\ln 10(y)$	-1,63	0,01	-161,40	0,00	-1,65	-1,61
Мінлива	x_1	1,93	0,01	178,27	0,00	1,90	1,95
Мінлива	x_2	0,91	0,01	65,65	0,00	0,88	0,94

Таблиця 3. Показники регресійної статистики та дисперсного аналізу кори сосни звичайної у Передкарпатському лісогосподарському окрузі

<i>Регресійна статистика</i>							
Множинний R		0,999					
Коефіцієнт детермінації R^2		0,998					
Нормований R^2		0,998					
Стандартна помилка		0,01					
Спостереження		23					
<i>Дисперсійний аналіз</i>							
Показники	df (кількість ступенів волі)	SS (сума квадратів відхилень)	MS (оцінка дисперсії)	F	Значимість F		
Регресія	2	1,74	0,87	7739,2	$1,3 \times 10^{-29}$		
Залишок	20	$2,3 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-4}$				
Разом	22	1,74					
Показники		Коефіцієнти	Стандартна помилка	t – статистика	P – значення	Нижнє 95%	Верхнє 95%
Y – перетин	$\ln 10(y)$	-2,42	0,03	-73,1	0,00	-2,49	-2,35
Мінлива	x_1	1,81	0,04	51,0	0,00	1,73	1,88
Мінлива	x_2	0,84	0,05	18,4	0,00	0,74	0,93

Таблиця 4. Числові значення конверсійних коефіцієнтів соснових насаджень

Фракції фітомаси, кг	Значення коефіцієнтів		Коефіцієнт детермінації, R^2
	a	b	
<i>Передкарпатського лісогосподарського округу</i>			
Деревина	0,348	0,021	0,802
Кора	0,061	-0,155	0,808
Крона	0,605	-0,606	0,633
<i>Гірськокарпатського лісогосподарського округу</i>			
Деревина	0,346	0,022	0,796
Кора	0,064	-0,169	0,796
Крона	0,204	-0,352	0,699
<i>Лісогосподарський округ Закарпатських рівнин і передгір'я</i>			
Деревина	0,368	0,008	0,765
Кора	0,041	-0,061	0,764
Крона	0,079	-0,132	0,636

– для кори сосни звичайної:

$$y = 0,01 \times x_1^{1,42} \times x_2^{0,843};$$

$$R^2 = 0,985. \quad (16)$$

Для встановлення конверсійних коефіцієнтів застосовано рівняння 4 та отримано числові значення, які наведено у табл. 4.

Одержані емпіричні рівняння апроксимуються на 63–81% з фактичними даними, тому їх можна використовувати в подальших дослідженнях.

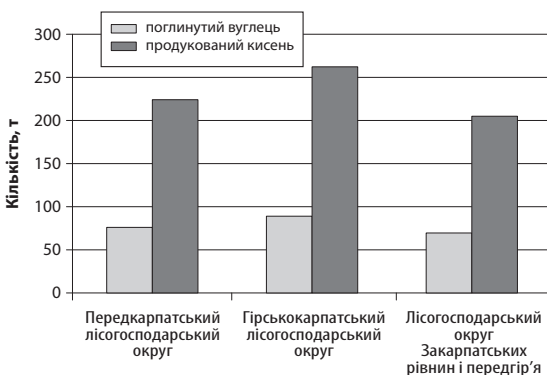


Рис. 2. Кількість поглинання вуглецю та продукування кисню сосновими насадженнями у віці 70 років на площі 1 га

За допомогою одержаних математичних залежностей за рівнянням (4), показники якого наведено у табл. 4 та методикою G. Matthews і І.Я. Лієпи встановлено вуглецепоглиняльну та киснетвірну здатність насаджень *Pinus sylvestris* L. у віці 70 років на площі 1 га. До того ж, середній запас соснових насаджень у Передкарпатському лісогосподарському окрузі сягає 350 м³/га, Гірськокарпатському – 410 м³/га, округу Закарпатських рівнин і передгір'я – 320 м³/га (рис. 2).

Отже, враховуючи всі показники встановлено, що у Передкарпатському лісогосподарському окрузі на площі 1 га *Pinus sylvestris* L. поглинає 76,0 т вуглецю та продукує 224,1 т кисню, у Гірськокарпатському лісогосподарському окрузі – поглинає 88,9 т вуглецю та продукує 262,2 т кисню, а у лісогосподарському окрузі Закарпатських рівнин і передгір'я сосна звичайна поглинає 69,5 т вуглецю та продукує 204,9 т кисню.

Згідно з показниками Державного лісового кадастру станом на 1 січня 2011 р. (Форма № 2), запас соснових Українських Карпат сягає 26,6 млн м³. Отже, загальна кількість поглину-

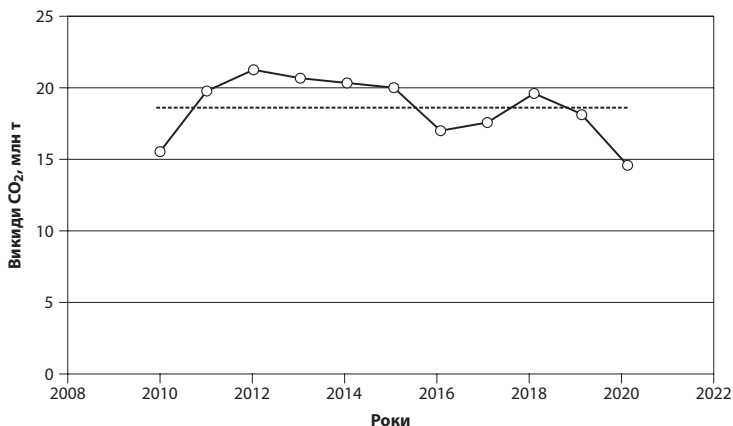


Рис. 3. Викиди CO₂ в Українських Карпатах за період 2010–2020 рр.

того вуглецю та продукованого кисню в Українських Карпатах становить 6,1 млн т і 12,9 млн т відповідно.

За даними головного управління статистики ми встановили, що головним джерелом забруднення CO₂ є автотранспорт, середня кількість викидів впродовж 2010–2020 рр. становить 18,6 млн т (рис. 3).

Враховуючи кількість викидів CO₂ в навколишнє природне середовище та кількість поглинання вуглецю, можна стверджувати, що соснові насадження відіграють важливе кліматостабілізувальне значення, зменшуючи обсяги викидів вуглекислого газу на 32%.

ВИСНОВКИ

Під час математичного моделювання за допомогою кореляційного та регресійного аналізу одержані рівняння з високим коефіцієнтом детермінації, що дало змогу

встановити вуглецепоглиняльну та киснетвірну здатність сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) у Карпатському регіоні.

Встановлено, що сосна звичайна найкраще росте й розвивається у Передкарпатському лісгосподарському окрузі, де на 1,5% є вищою, ніж в інших лісгосподарських округах, а за діаметром ширша на 2%.

З'ясовано, що у віці 70 років на площі 1 га соснові насадження найбільше поглинають вуглець у межах 88,9 т, та продукують кисень — 262,2 т у Гірськокарпатському лісгосподарському окрузі.

Визначено, що загальна кількість поглинутого вуглецю та продукованого кисню сосновими насадженнями в Українських Карпатах становить 6,1 млн т і 12,9 млн т відповідно.

Встановлено, що соснові насадження на 34% зменшують викиди CO₂ в умовах Українських Карпат.

ЛІТЕРАТУРА

1. Букша І.Ф., Бутрим О.В., Пастернак В.П. Інвентаризація парникових газів у секторі землекористування та лісового господарства: моногр. Харків: ХНАУ, 2008. 232 с.
2. Гриник Г.Г., Задорожний А.І. Моделі динаміки надземної фітомаси дерев ялини європейської залежно від їхніх таксаційних показників у переважних типах лісорослинних умов Полонинського хребта Українських Карпат. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. Т. 28. № 2. С. 9–19. DOI: <https://doi.org/10.15421/40280201>.
3. Кучерявий В.П. Екологія. Львів: Світ, 2000. 500 с.
4. Мороз В.В., Стасюк Н.М. Екологічне значення хвойних лісів у Передкарпатському лісгосподарському окрузі. *Annali d'Italia. Scientific Journal of Italy*. 2020. № 14. Т. 1. С. 10–15.
5. Мороз В.В., Стасюк Н.М. Екологічне значення хвойних лісів у лісгосподарському окрузі Закарпатських рівнин і передгір'я. *Sciences of Europe*. 2020. № 59. Т. 2. С. 24–30.
6. Мороз В.В., Стасюк Н.М., Петрів С.М. Екологічне значення хвойних лісів у Гірськокарпатському

- му лісгосподарському округу. *Journal of science. Lyon*. 2020. № 14. Т. 1. С. 12–18.
7. Букша И.Ф. Изменение климата и лесное хозяйство. *Актуальні проблеми сьогодення*. Львів: РВВ НЛТУ України. 2009. Вип. 7. С. 11–17.
 8. Matthews G. The Carbon Contents of Trees. Forestry Commission, Tech. Paper 4. Edinburgh, 1993. 21 p.
 9. Лакида П.І. Фітомаса лісів України: моногр. Тернопіль: Збруч. 2002. 256 с.
 10. Ловинська В.М. Локальна щільність компонентів фітомаси стовбура сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) Північного Степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2018. Вип. 3. С. 73–78. DOI: <https://doi.org/10.15421/40280816>.
 11. Ловинська В.М. Надземна фітомаса стовбурів *Pinus Sylvestris* L. у деревостанах Північного Степу України. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. Т. 28. № 8. С. 79–82. DOI: [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2018-3\(99\)-12](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2018-3(99)-12).
 12. Ситник С.А. Моделивання компонентів фітомаси стовбурів робінієвих деревостанів Північного Степу України. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2019. Т. 29. № 3. С. 48–51. DOI: <https://doi.org/10.15421/40290310>.
 13. Гитарский М.Л. и др. Поток углерода от валежа южно-таежных лесов Валдайской возвышенности. *Экология*. 2017. № 6. С. 447–453. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0367059717060063>.
 14. Иванов А.В. и др. Эмиссия углерода с поверхности валежа в кедровых лесах Южного приморья. *Экология*. 2018. № 4. С. 275–281. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0367059718040042>.
 15. Уткин А.И. и др. Определение запасов углерода насаждений на пробных площадях: сравнение аллометрического и конверсионного-объемного методов. *Лесоведение*. 1997. № 5. С. 51–65.
 16. Чураков Б.П., Манякина Е.В. Депонирование углерода разновозрастными культурами сосны. *Ульяновский медико-биологический журнал*. 2012. № 1. С. 125–129.
 17. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2006. 816 с.
 18. Мороз В.В., Никитюк Ю.А. Вуглецепоглинальна здатність соснових лісових насаджень Волинського Полісся. *Наукові горизонти*. 2020. № 1 (86). С. 61–70. DOI: <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-86-1-61-70>.
 19. Мороз В.В., Никитюк Ю.А. Вуглецепоглинальна здатність соснових лісових насаджень Чернігівського Полісся. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. № 1. С. 90–99. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.01.10>.
 20. Мороз В.В., Никитюк Ю.А. Вуглецепоглинальна здатність соснових лісових насаджень Житомирського Полісся. *Зрошуване землеробство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Херсон. 2020. Вип. 73. С. 43–50. DOI: <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2020.73.13>.
 21. Moroz V.V. et al. Carbon Absorption Ability of Pine Forest Plantations in the Ukrainian Polissya. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. № 10 (2). P. 249–255.
 22. Полубояринов О.И. Плотность древесины. Москва: Лесн. пром-сть, 1976. 160 с.
 23. Кашпор С.М., Строчинський А.А. Лісотаксаційний довідник. Київ: Вид. дім «Вініченко», 2013. 496 с.
 24. Аткин А.С., Аткина Л.И. Способ и динамика органической массы в лесных сообществах. Екатеринбург: Изд. УГЛТА. 1999. 108 с.
 25. Лица И.Я. Динамика древесных запасов: прогнозирование и экология. Рига: Зинатне, 1980. 172 с.

REFERENCES

1. Buksha, I.F., Butrym, O.V. & Pasternak, V.P. (2008). *Inventaryzatsiya parnykovykh haziv u sektori zemlekorystuvannya ta lisovoho hospodarstva [Inventory of greenhouse gases in the land use and forestry sector]*. Kharkiv: KHNAU [in Ukrainian].
2. Hrynyk, N.H. & Zadorozhnyy, A.I. (2018). Modeli dynamiky nadzemnoi fitomasy derev yalyny yevropeiskoi zalezchno vid yikhnikh taksatsiinykh pokaznykiv u perevazhaiuchykh typakh lisoroslynnykh umov Polonynskoho khrehta Ukrainykykh Karpat [Models of dynamics of aboveground phytomass of European spruce trees depending on their taxonomic indicators in the predominant types of forest vegetation conditions of the Polonyn ridge of the Ukrainian Carpathians]. *Scientific Bulletin of UNFU*, 28 (2), 9–19. DOI: <https://doi.org/10.15421/40280201> [in Ukrainian].
3. Kucheryavyy, V.P. (2000). *Ekolohiya [Ecology]*. Lviv: Svit, 500 [in Ukrainian].
4. Moroz, V.V. & Stasyuk, N.M. (2020). Ekolohichne znachennya khvoynykh lisiv u Peredkarpat's'komu lisohospodars'komu okruhu [Ecological significance of coniferous forests in the Pre-Carpathian forestry district]. *Annali d'Italia. Scientific Journal of Italy*, 14 (1), 10–15 [in Italy].
5. Moroz, V.V. & Stasyuk, N.M. (2020). Ekolohichne znachennya khvoynykh lisiv u lisohospodars'komu okruhu Zakarpat-s'kykh rivnyh i peredhir'ya [Ecological significance of coniferous forests in the forestry district of Transcarpathian plains and foothills]. *Sciences of Europe*, 59 (2), 24–30 [in Czech Republic].
6. Moroz, V.V., Stasyuk, N.M. & Petriv, S.M. (2020). Ekolohichne znachennya khvoynykh lisiv u Hirs's'kokarpat-s'komu lisohospodars'komu okruhu [Ecological significance of coniferous forests in the Mountain-Carpathian forestry district]. *Journal of science Lyon*, 14 (1), 12–18 [in France].
7. Buksha, Y.F. (2009). Yzmenenye klymata y lesnoe khozyaystvo. Aktual'ni problemy s'ohodennya [Climate change and forestry. Current issues of today]. *Lviv: RVV NLTU Ukrainy – Lviv: RVV NLTU Ukrayiny*, 7, 11–17 [in Ukrainian].
8. Matthews, G. (1993). The Carbon Contents of Trees.

- Forestry Commission, Tech. Paper 4. Edinburgh [in Scotland].
9. Lakyda, P.I. (2002). *Fitomasa lisiv Ukrayiny [Phytomass of forests of Ukraine]*. Ternopil: Zbruch [in Ukrainian].
 10. Lovynska, V.M. (2018). Lokalna shchilnist komponentiv fitomasy stovbura sosny zvychainoi (*Pinus sylvestris* L.) Pivnichnoho Stepu Ukrainy [Local density of phytomass components of Scots pine trunk (*Pinus sylvestris* L.) of the Northern Steppe of Ukraine]. *Visnyk ahrarynoi nauky Prychornomor'ia – Bulletin of Agrarian Sciences of the Black Sea Region*, 3, 73–78. DOI: <https://doi.org/10.15421/40280816> [in Ukrainian].
 11. Lovynska, V.M. (2018). Nadzemna fitomasa stovburiv *Pinus Sylvestris* L. u derevostanakh pivnichnoho stepu Ukrainy [Aboveground phytomass of *Pinus Sylvestris* L. trunks in the stands of the northern steppe of Ukraine]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy – Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*, 28 (8), 79–82. DOI: [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2018-3\(99\)-12](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2018-3(99)-12) [in Ukrainian].
 12. Sytnyk, S.A. (2019). Modeliuvannia komponentiv fitomasy stovburiv robinievykh derevostaniv Pivnichnoho Stepu Ukrainy [Modeling of phytomass components of trunks of robinia stands of the Northern Steppe of Ukraine]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy – Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*, 29 (3), 48–51. DOI: <https://doi.org/10.15421/40290310> [in Ukrainian].
 13. Gitarskiy, M.L. et al. (2017). Potok ugleroda ot valezha yuzhno-tayezhnykh lesov Valdayskoy vozvyshehnosti [Carbon flux from deadwood in the southern taiga forests of the Valdai Upland]. *Ekologiya – Ekologiya*, 6, 447–453. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0367059717060063> [in Russian].
 14. Ivanov, A.V. et al. (2018). Emissiya ugleroda s poverkhnosti valezha v kedrovyykh lesakh Yuzhnogo primor'ya [Carbon emission from the surface of deadwood in the cedar forests of the Southern Primorye]. *Ekologiya – Ekologiya*, 4, 275–281. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0367059718040042> [in Russian].
 15. Utkin, A.I. et al. (1997). Opredeleniye zapasov ugleroda nasazhdeniy na probnykh ploshchadyakh: sravneniye allometricheskogo i konversionnogo-ob'yemnogo metodov [Determination of carbon stocks in plantings on trial plots: comparison of allometric and conversion-volumetric methods]. *Lesovedenie – Forestry*, 5, 51–65 [in Russian].
 16. Churakov, B.P. & Manyakina, Ye.V. (2012). Deponirovaniye ugleroda raznovozrastnymi kul'turami sosny [Carbon deposition by uneven-aged pine crops]. *Ulyanovskiy mediko-biologicheskii zhurnal – Ulyanovsk medical and biological journal*, 1, 125–129 [in Russian].
 17. Kobzar, A.I. (2006). *Prikladnaya matematicheskaya statistika. Dlya inzhenerov i nauchnykh rabotnikov [Applied Mathematical Statistics. For engineers and scientists]*. Moskva: FIZMATLIT [in Russian].
 18. Moroz, V.V. & Nykytyuk, Yu.A. (2020). Vuhletse-pohlinal'na zdattnist' sosnovykh lisovykh nasadzen' Volyn's'koho Polissya [Carbon absorption ability of pine forest plantations in Volyn Polissya]. *Naukovi horyzonty – Scientific horizons*, 1 (86), 61–70. DOI: <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-86-1-61-70> [in Ukrainian].
 19. Moroz, V.V. & Nykytyuk, Yu.A. (2020). Vuhletse-pohlinal'na zdattnist' sosnovykh lisovykh nasadzen' Chernihiv's'koho Polissya [Carbon absorption ability of pine forest plantations in Chernihiv Polissya]. *Visnyk Poltav's'koyi derzhavnoyi ahrarynoi akademiyi – Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 1, 90–99. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.01.10> [in Ukrainian].
 20. Moroz, V.V. & Nykytyuk, Yu.A. (2020). Vuhletse-pohlinal'na zdattnist' sosnovykh lisovykh nasadzen' Zhytomyr's'koho Polissya [Carbon absorption ability of pine forest plantations in Zhytomyr Polissya]. *Zroshuvane zemlerobstvo. Mizhvidomchyy tematychnyy naukovyy zbirnyk – Irrigated agriculture. Interdepartmental thematic scientific collection*, 73, 43–50. DOI: <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2020.73.13> [in Ukrainian].
 21. Moroz, V.V. et al. (2020). Carbon Absorption Ability of Pine Forest Plantations in the Ukrainian Polissya. *Ukrainskyi ekologichnyi zhurnal – Ukrainian Journal of Ecology*, 10 (2), 249–255 [in Ukrainian].
 22. Poluboyarinov, O.I. (1976). *Plotnost drevesiny [Density of wood]*. Moskva: Lesn. prom-st [in Russian].
 23. Kashpor, S.M. & Strochinskiy, A.A. (2013). *Lisotaksatsiynyy Directory [Forest Taxation Handbook]*. Kyiv: «Vinichenko» [in Ukrainian].
 24. Atkin, A.S. & Atkina, L.I. (1999). *Sposob i dinamika organicheskoy massy v lesnykh soobshchestvakh [Method and dynamics of organic matter in forest communities]*. Yekaterinburg: Izd. UGLTA [in Russian].
 25. Liyepa, I.Ya. (1980). *Dinamika drevesnykh zapasov: Prognozirovaniye i ekologiya [Dynamics of wood stocks: Forecasting and ecology]*. Riga: Zinatne [in Latvian].

Стаття надійшла до редакції журналу 14.05.2021

ОСОБЛИВОСТІ НАСІННЄНОШЕННЯ КЛОНІВ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) НА КЛОНОВО-НАСІННЄВИХ ПЛАНТАЦІЯХ У РІВНЕНСЬКІЙ ОБЛ.

О.Д. Лазар

Рівненська Мала академія наук учнівської молоді (м. Рівне, Україна)
e-mail: lena_rovne@ukr.net; ORCID: 0000-0002-6924-8050

Проаналізовано інтенсивність росту, «цвітіння» і насіннєношення клонів сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) за багаторічний період на плантаціях 1977 і 1984 рр. створення. На клониво-насіннєвих плантаціях (КНП) 1977 р. «цвітіння» в межах клонів характеризується змішано-статевим типом; на плантації 1984 р. — у більшості клонів (54,2%) переважало жіноче «цвітіння». Показник інтенсивності утворення мікростробілів у клонів на молодшій плантації (КНП-1984 р.) нижчий від інтенсивності утворення мегастробілів на 4,0%, тоді як на старшій (1977 р.), навпаки, домінувала інтенсивність утворення мікростробілів на 118,2%. Середній вихід шишок від кількості мегастробілів становив на КНП 1977 і 1984 рр. 70,1% і 74,3% відповідно. Між кількістю мегастробілів та кількістю шишок виявлені тісні кореляційні зв'язки ($r=0,94$ і $0,84$). Варіювання кількості шишок на одному дереві за роки спостережень доволі високе й змінювалось у клонів 1977 р. від 40,2% у 2004 р. до 70,7 в 2003 р. і в середньому становило 52,6%; у клонів 1984 р. від 43,6 у 2004 р. до 78,8% в 2005 р. і в середньому — 59,3%. Кількість жіночих стробілів за шестирічний період на КНП 1977 р. в середньому становила 45,8% від кількості чоловічих; за трирічний — 4,0% у клонів 1984 р. Їх кількість коливалася в межах 25,5 до 61,3% у клонів 1977 р.; у клонів 1984 р. — від 16,5 до 77,5%. Залежно від клона й погодних умов вегетаційного періоду співвідношення між кількістю жіночих і чоловічих стробілів у межах кожного клона становить від 29,8 до 166,7% на КНП 1977 р. і від 49,4 до 1005,4% — 1984 р. Кореляційний зв'язок між кількістю мега- і мікростробілами на КНП 1977 р. слабкий ($r=0,17$), а 1984 р. — високий ($r=0,77$). Не виявлено залежностей між збереженістю мегастробілів їхньою кількістю (рясністю «цвітіння») у клонів 1984 р. і визначений середній кореляційний зв'язок ($r=0,33$) у клонів 1977 р. За багаторічними даними на КНП 1977 р. найбільш урожайним є клон № 22. Найбільший вихід шишок від кількості мегастробілів на плантації 1984 р. — у клона № 130 (88,1%), найменший — № 121 (46,7%). До групи клонів 1977 р. з ряснім «цвітінням», уражає та високим виходом шишок зараховані лише два клони (№№ 22 і 97) і вісім клонів 1984 р. (№№ 116, 118, 127, 129, 130, 137, 138, 139). Із виділених груп для насінних плантацій перспективними є клони, що мають високу й середню інтенсивність росту, з високою та середньою інтенсивністю цвітіння, з високим та середнім урожаєм шишок.

Ключові слова: інтенсивність росту, «цвітіння», мегастробіли, мікростробіли, шишки, клони, плюсові дерева, клонові насінні плантації, сосна звичайна.

ВСТУП

Головна мета насінних плантацій полягає в регулярному отриманні для лісокультурного виробництва насіння найвищої генетичної цінності. Багаторічні дослідження в Україні та зарубіжний досвід свідчать, що на плантаціях, які мають понад 26–28 років, спостерігається значне зниження врожайності шишок навіть за вільного розміщення щеп [1].

Репродуктивна спроможність клонів характеризується кількістю жіночих квіток, але фактичний врожай становить тільки частина потенційно можливого врожаю. Багато шишечок однорічок опадає з різних причин. Серед них важливу роль займають внутрішні фізіологічні процеси. Репродуктивні органи в сосні закладаються у вигляді чоловічих колосків і жіночих шишечок. Жіночі шишечки (мегастробіли) розташовані лише на пагонах останнього

приросту у верхній частині крони. Чоловічі колоски (мікростробіли) — на нижній частині. Відомо, що шишки сосни звичайної формуються через вісімнадцять місяців після запилення, а запліднення насінного зачатку — через 12. Насіння після запліднення розвивається впродовж шести місяців [2].

Мета досліджень — встановити особливості репродукції сосни звичайної на клоново-насінневих плантаціях (КНП) на основі порівняння показників інтенсивності цвітіння й насінненошення різних клонів, їх груп та КНП у Західному Поліссі Рівненщини. Об'єкт дослідження — клонови насінні плантації сосни звичайної (*Pinus silvestris* L.). Предмет дослідження — репродукція клонів на клонових насінних плантаціях сосни звичайної.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

За даними А.А. Мордася, Б.В. Раєвського [3], насінна продуктивність клонів на 30–40% обумовлена генотипом. Щоб регулярно отримувати насіння необхідно знати, які ж чинники впливають на формування врожаю в сосни? Серед них важливу роль займають внутрішні фізіологічні процеси в деревних рослин, генетичні особливості, метеорологічні умови, комплекс шкідливих комах, хвороб і інші [4; 5].

У статті О.С. Мажули, О.І. Свердлової (1992) наголошено, що одним із чинників насінневої продуктивності плантації є генетично визначена репродуктивна здатність клонів [6]. Для створення насінних плантацій перспективними є клони, що мають високу й середню інтенсивність росту за високого та середнього цвітіння. В цих груп клонів рамети з низьким цвітінням не виявлені [7–9].

Цвітіння і плодоношення групи клонів із інтенсивним і середнім плодоношенням на обох КНП упродовж 18 років спостережень стабільно були вищими, ніж групи клонів із низьким плодоношенням. Підтверджено, що для дуба звичайного (*Quercus robur* L.) інтенсивність репродукції є не менш важливим показником, ніж

прямізна стовбура та інтенсивність росту, який має бути одним із пріоритетних під час відбору плюсових дерев. Використання клонів для створення КНП дуба звичайного рекомендовано лише із клонів, які характеризуються середнім і рясним плодоношенням [10].

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили на двох КНП сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) 1977 і 1984 рр. у Рівненській обл., створених садінням щеплених саджанців із закритою кореневою системою. Схема розташування щеплених рослин — 6×6 і 10×10 м. Інтенсивність «цвітіння» та насінненошення клонів на КНП визначали за суцільним переліком кожної рамети. Для оцінювання за інтенсивністю жіночого «цвітіння», росту та репродуктивним шаром крони визначено рангове положення клонів сосни звичайної на плантаціях [11], які розподілили на три групи: високу, середню й слабку. За інтенсивністю росту клонів на КНП виділяли групи: швидкорослі з високим, середнім і слабким; середні з високим, середнім і слабким; повільнорослі з високим, середнім, слабким «цвітінням» [6; 7]. За інтенсивністю «цвітіння» виділяли групи рясно квітучі з високим виходом шишок; рясно квітучі з середнім, рясно квітучі з низьким; середньоквітучі з високим, середнім, низьким; слабкоквітучі з високим, середнім, низьким.

Застосовано статистичні, математичні, аналітичні методи досліджень [11].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Спостереження й облік «цвітіння» й насінненошення проводили впродовж шести років, починаючи з 2003 р. на клоновій насінній плантації 1977 р. створення й з 2004 по 2007 рр. — на плантації 1984 р. створення.

За даними багаторічних спостережень виявлено, що клони сосни на КНП 1977 р. «цвіли» кожного року, проте з різною інтенсивністю (табл. 1). Найбільше враховано в середньому мегастробілів на одне

Таблиця 1. Середньобагаторічна кількість мега-, мікростробілів та шишок у дерев клонів сосни звичайної на КНП (1977 і 1984 рр.)

Роки	Кількість на одній щепі, шт.			Співвідношення, %		
	мега- стробілів (♀)	мікро- стробіл (♂)	шишок	♀ до ♂	шишок до ♀	шишок до ♂
<i>ПЛНП – 1977 р.</i>						
2003	740	1584		46,7		
2004	721	2832	377	25,5	50,9	23,8
2005	1404	2292	424	61,3	58,8	15,0
2006	1048	1859	994	56,4	70,8	43,4
2007	347	950	953	36,5	90,9	50,4
2008	975	1910	310	51,0	89,3	32,6
Середня кількість за роки	873	1905	611	45,8	70,0	32,1
<i>ПЛНП – 1984 р.</i>						
2004	818	702		116,5		
2005	1071	1381	634	77,5	77,5	90,31
2006	1952	1613	635	121,0	62,4	46,0
2007			1587		81,3	113,0
Середня кількість за роки	1281	1232	952	104,0	74,3	83,5

дерево, що «цвіло» в 2005 р. (1404 шт.), мікростробілів у 2004 та 2005 рр. (2832 і 2292 шт. відповідно). Найменшу кількість жіночих стробілів відмічено в 2007 р. (347 шт.). Кількість жіночих стробілів менша від чоловічих і відносна їх частка становила 25,5 до 61,3%. Відносна частка мегастробілів у середньому становила 45,8%.

Найбільшу кількість шишок у середньому на одному дереві виявили в 2006 і 2007 рр., яка становила 994 й 953 шт. відповідно, найменшу – у 2008 р. (310 шт.). Найбільший вихід шишок від кількості мегастробілів відмічений у 2007 р. (90,9%), найменший – у 2004 й 2005 рр. (50,9 і 58,8%).

«Цвітіння» на плантації 1977 р. у межах клонів збалансоване й характеризується змішано-статевим типом. За шість років спостережень всі дерева утворювали як мега-, так і мікростробіли. У клонів №№ 19, 32, 33, 34, 56, 67, 69, 98 спостерігалася зміна змішано-статевому типу сексуалізації з

перевагою жіночого «цвітіння» в окремі роки над чоловічим. У клонів №№ 33 і 19 перевага жіночого «цвітіння» над чоловічим відмічена у 2003 р.; – у клонів №№ 32 і 69 – в 2005 р.; у клона № 56 – в 2007; у клонів №№ 67 і 98 – в 2006 р.; у клона № 69 – в 2005 і 2006 рр. У середньому, за шість років спостережень, у клона № 22 – стабільно переважало жіноче «цвітіння» на 66,7%, у нього ж – і найбільша на КНП кількість шишок (1086 шт.).

На плантації 1984 р. найбільше мегастробілів на одне дерево, що цвіло в 2006 р. в середньому становило 1952 шт., тож, очевидно, що в наступному 2007 р. шишок було враховано також найбільше (1587 шт.). Інтенсивність жіночого «цвітіння» була більшою відносно чоловічого на 16,5% у 2004 р., на 21,0 – у 2006 (див. *табл. 1*). Порівняно з 2004 р., у 2005 – відносна частка мікростробілів у клонів збільшилась майже вдвічі (на 196,7%). Як бачимо, інтенсивність чоловічого «цвітіння» клонів на молодшій плантації нижча від жіночого на

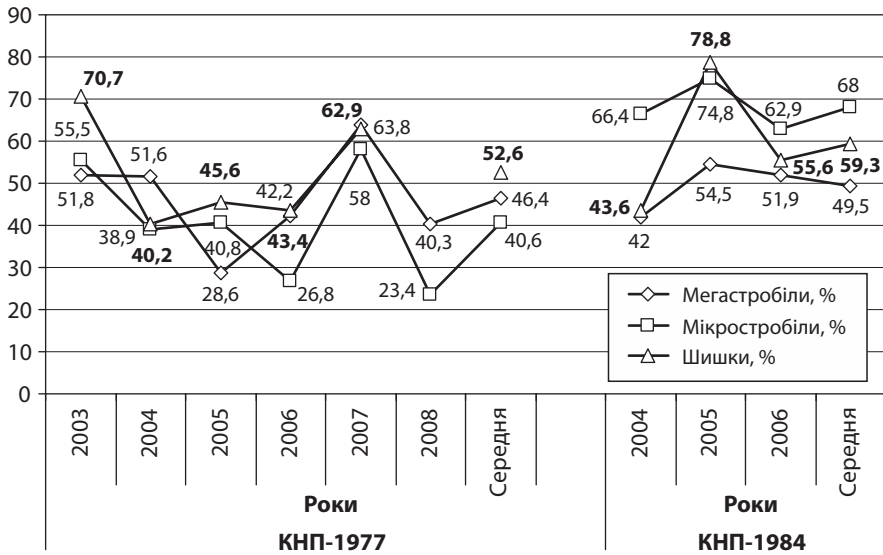


Рис. 1. Мінливість середньої кількості мега-, мікростробілів та шишок на одному «квітучому» дереві у клонів сосни звичайної на КНП (1977 і 1984 рр.)

4,0%, тоді як на старшій (1977 р.), навпаки, інтенсивність чоловічого — домінує над жіночим (118,2%).

Варіювання кількості шишок на одному дереві за роки спостережень досить високе й змінювалось у клонів 1977 р. від 40,2% у 2004 р. до 70,7 в 2003 р. і в середньому становило 52,6%; у клонів 1984 р. від 43,6 у 2004 р. до 78,8% у 2005 р. і в середньому — 59,3% (рис. 1).

Високий вихід шишок від кількості мегастробілів спостерігався в клонів №№ 22, 35 і 37 (80,0%, 77,3 і 77,2%), проте, найбільший він виявився у клона № 97, який становив 93,9%. Вихід шишок від кількості мегастробілів у середньому становив 70,0% (див. табл. 1) і змінювався від 56,0 до 93,9%.

Найбільше мегастробілів утворилося у клонів №№ 34, 22, 69, 35, 36, 97, а найменше — у клонів №№ 21, 31, 32 (рис. 2).

Дані спостережень свідчать, що в різні роки, інтенсивність утворення як жіночих, так і чоловічих стробілів досить мінлива. Наприклад, у 2003 р. було більше мегастробілів, ніж мікростробілів на 2,5 й 35,7% у клонів №№ 22, 19, у клона № 33 — аж на

198,3%. Домінування мега- над мікростробілами виявлено і в клона № 35 в 2005 і в 2006 рр. на 186,4 й 11,5%; — у клонів №№ 69 і 98 в 2006 р. — на 86,4 й 66,7%. Упродовж усього періоду спостережень у клона № 22 середнє перевищення жіночих стробілів над чоловічими змінювалось від 2,5 до 423,4% і в середньому становило 66,7%.

У середньому на КНП 1984 р. (рис. 3), за трирічними даними найбільше жіночих стробілів виявлено в клонів №№ 121, 117, 125, 127 (2500, 2140, 1887, 1847 шт.), найменше — в №№ 131, 136 (345, 935 шт.).

Найбільша кількість мегастробілів була в клонів №№ 117, 125, 127, 121, 132 (3100 шт., 2781, 1810, 1800, 1797 відповідно). Найменша — в клонів №№ 136 і 128 (93 і 338 шт.). Найбільший вихід шишок відмічений у клонів №№ 127, 125, 129, 138, 115, 126, 124 (1607, 1453, 1432, 1395, 1340, 1266, 1200), найменший — у №№ 119 і 133 (50 і 55 шт. відповідно). Найбільше шишок сформувалося в ясно квітучого клона № 127 (1607 шт.).

Найбільший вихід шишок на плантації 1984 р. відмічений у клона № 130, (88,1%). Високий — у клона № 131 (87%) з незна-

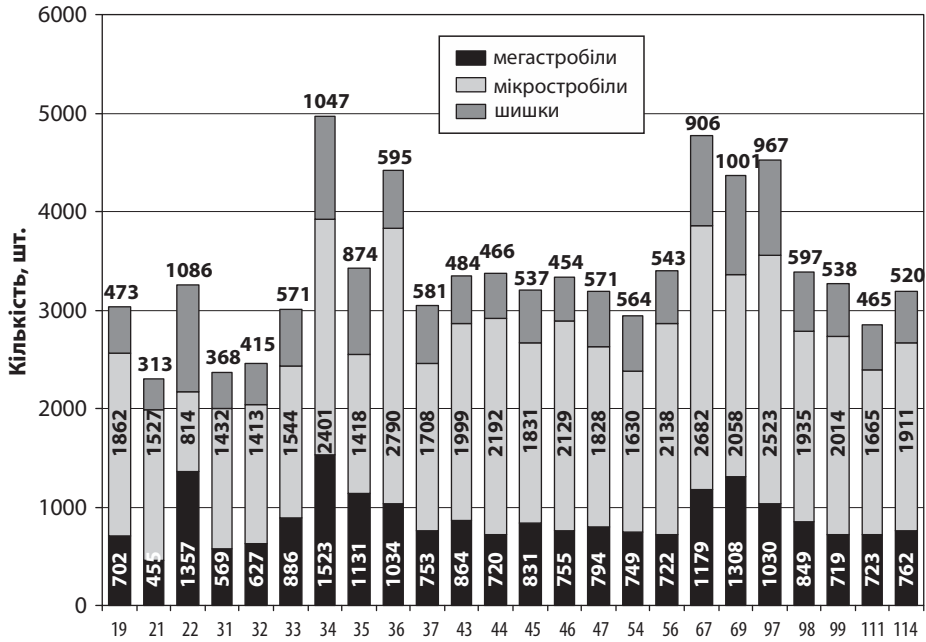


Рис. 2. Середньобагаторічна кількість мега-, мікростробілів та шишок у дерев клонів сосни звичайної на КНП (1977 р.)

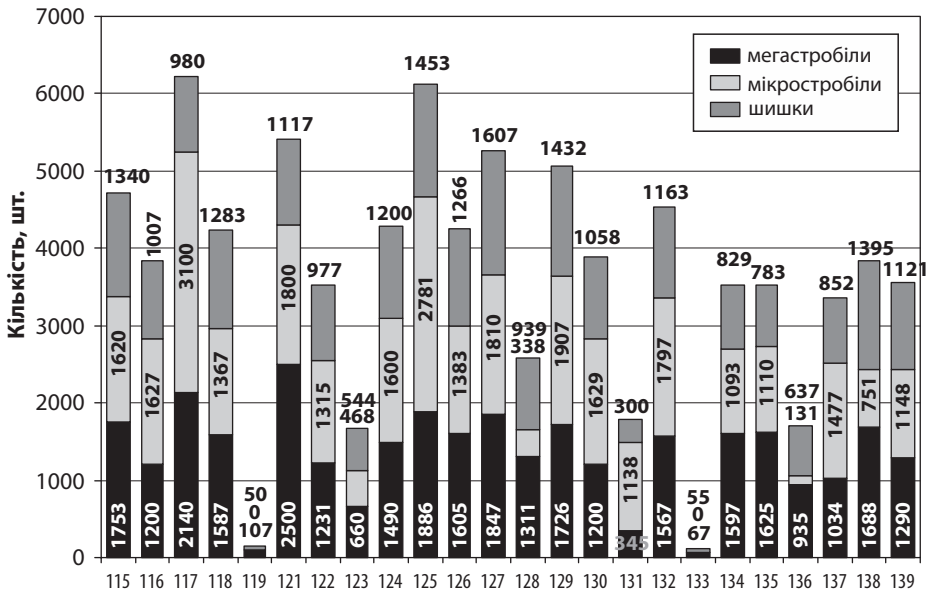


Рис. 3. Середньобагаторічна кількість мега-, мікростробілів та шишок у дерев клонів сосни звичайної на КНП (1984 р.)

чною кількістю мегастробілів (345 шт.). Серед клонів цієї плантації найбільша кількість чоловічих стробілів була в клона № 117 (3100 шт.), за кількістю мегастробілів цей клон посідає друге місце серед клонів, а за кількістю сформованих шишок — останнє (45,8%). За нашими спостереженнями помічаємо, що великий відпад жіночих стробілів відмічений у клонів, як з малою кількістю мегастробілів (клон № 119 — 46,7% — 107 шт.), так із великою (клон № 121 — 44,7% — 2500). І, навпаки, висока збереженість жіночих стробілів властива клонам як із рясним «цвітінням»

(клон № 127 — 87,0% — 1847 шт.), а також із незначним (клон № 133 — 82,1% — 67 шт.).

Для оцінювання за інтенсивністю жіночого «цвітіння» росту та репродуктивним шаром крони визначено рангове положення клонів сосни звичайної на плантаціях 1977 та 1984 рр. Проведені дослідження (табл. 2 і 3) дали можливість розподілити клони за жіночим «цвітінням» на три групи: високу, середню й слабку (табл. 4).

До першої групи із 24 клонів (КНП-1977 р.) зараховано 6 клонів (25,0%), до третьої — 3 клони (12,5%). Решта — 15

Таблиця 2. Рангове положення клонів сосни звичайної за висотою дерев, об'ємом репродуктивного шару крони й інтенсивністю жіночого «цвітіння» на КНП (1977 р. створення)

Шифр клона	Висота дерева, м	Ранг	Об'єм репрод. шару, м ³	Ранг	Середня кількість мегастробілів на одне квітуче дерево, що цвіло							Σ рангів	Середній ранг
					2003	2004	2005	2006	2007	2008			
19	12,9	4	201,5	9	3	11	21	23	12	23	93	15,5	
21	11,9	19,5	142,4	21	23	18	24	12	22	24	123	20,5	
22	11,9	19,5	178,4	15	5	1	3	3	2	3	17	2,8	
31	12,7	7,5	139,7	15,5	17	21	22	13	20	22	115	19,2	
32	12,6	9,5	195,8	7	16	22	11	21	23	20	113	18,8	
33	12,3	12,5	171,9	17	2	8	12	15	18,5	21	76,5	12,8	
34	12,8	5,5	516,1	1	1	2	5	6	9	1	24	4	
35	12,2	14,3	164,3	20	20	4	4	5	3	14	50	8,3	
36	12,2	14,3	221,0	5	11	3	6	17	5	6	50	8	
37	12,8	5,5	267,5	4	6	19	15	11	17	17	85	14,2	
43	12,1	17,5	139,1	24	10	9	9	14	10	2	54	9	
44	12,3	12,5	170,7	18	15	13	13	18	11	13	83	13,8	
45	11,7	22	99,7	23	4	17	17,5	7	16	8	69,5	11,6	
46	13,4	1	217,7	6	7	16	19	10	21	15,5	88,5	14,8	
47	12,5	11	196,3	9	21	5	17,5	20	14	10	87,5	14,6	
54	13	2,5	188,0	13	14	15	10	19	8	9	75	12,5	
56	11,5	23	185,4	14	22	14	20	9	7	18	90	15	
67	12,1	17,5	175,5	16	18	7	2	4	6	5	42	7	
69	12,6	9,5	202,9	8	12	6	1	1	4	12	36	6	
97	13	2,5	400,2	2			7	24	1	19	51	12,8	
98	11,8	21	298,5	3	8	10	23	2	18,5	15,5	77	12,8	
99	12,7	7,5	152,4	8	13	16	16	16	15	12	88	14,7	
111	11,3	24	111,4	15,5	9	20	14	22	13	7	85	14,2	
114	12,2	14,3	137,2	10	19	23	8	8	24	4	86	14,3	

Таблиця 3. Рангове положення клонів сосни звичайної за висотою дерев, об'ємом репродуктивного шару крони й інтенсивністю жіночого «цвітіння» на КНП (1984 р. створення)

Шифр клона	Висота дерева, м	Ранг	Об'єм репрод. шару, м ³	Ранг	Середня кількість мегастробілів на одне квітуче дерево, що цвіло				
					2004	2005	2006	Σ рангів	Середній ранг
115	11	11	335,7	1	15	10	2	27	9
116	9	21,5	246,7	8	12	12	11	35	11,7
117	12	3,5	200,6	19			10	10	10
118	11	11	233,7	10,5	13	14	3	30	10
119	11	11	183,6	21			23	23	23
121	11	11	226,8	16			7,5	7,5	7,5
122	11	11	233,7	10,5	16	16	4	36	12
123	11	11	230,9	13	7	17	22	46	15,3
124	7	24	103,7	24			18	18	18
125	12	3,5	265,2	6		11	5	16	8
126	11	11	199,9	20	2	3	17	22	7,3
127	12	3,5	230,5	14	8	13	1	22	7,3
128	11	11	298,5	3	9	6	15	30	10
129	12	3,5	278,4	5	1	7	6	14	4,7
130	12	3,5	297,5	4	4	15	14	33	11
131	10	18	246,9	8	17	19	21	57	19
132	10	18	217,2	17		5	13	18	9
133	8	23	215,6	18			24	24	24
134	10	18	113,6	23	10	4	7,5	21,5	7,2
135	11	11	315	2	5	2	16	23	7,7
136	10	18	233,3	12	6	9	20	35	11,7
137	9	21,5	161,4	22	11	18	12	41	13,6
138	10	18	218,8	16	3	1	19	46	11,5
139	12	3,5	243	9	14	8	9	31	10,3

Таблиця 4. Розподіл клонів по групах залежно від їх рангової оцінки

Інтенсивність росту	Інтенсивність «цвітіння»		
	висока	середня	слабка
<i>ПЛНП-1977 р.</i>			
Висока	34, 69	19, 37, 46, 54, 97, 99	31
Середня	22, 35, 36, 67	33, 43, 44, 45, 47, 98, 114	21, 32
Слабка		56, 111	
<i>ПЛНП-1984 р.</i>			
Висока	125, 127, 129	130	
Середня	115, 121, 126, 134, 135	116, 117, 118, 122, 123, 128, 132, 136, 137, 138, 139	119, 131
Слабка			124, 133

клонів належать до другої групи (62,5%). На КНП 1984 р. із 24 клонів до першої групи зараховано 8 (33,3%), до третьої — 4 (16,7%), решта — 12 клонів (50,0%) — до другої. Клони першої групи «цвіли» щороку, змінюючи ранг «цвітіння».

Наприклад, на КНП 1977 р. створення, у клона № 22 ранг змінювався від 1 до 5, у клона № 34 від 1 до 9 (див. *табл. 2*). У клона № 35 в 2003 р. був 20-й ранг, у 2007 р. у цього самого клона — 3-й, у 2004 і 2005 рр. — 4-й. Клон № 69 у 2005 та 2006 рр. займає 1-й ранг і 12-й — у 2003 і 2008 рр. Другий ранг — клон № 67 у 2005 р. й 18-й у 2003 р. за кількістю мегастробілів. У середньому ранг у клонів першої групи за шестирічний період спостережень змінювався від 2,8 до 8,3.

Найвища інтенсивність «цвітіння» спостерігалася у клона № 129 із середнім рангом, який змінювався впродовж трьох років від 1 до 7, у клонів №№ 125, 127 — від 5 до 11 та від 1 до 13 (див. *табл. 3*). У клонів із високою інтенсивністю «цвітіння» №№ 134 і 135, середній ранг становив 7,2 і 7,7, ранг змінювався у клона № 134 від 4 до 10, у клона № 135 — від 2 до 16. Клони №№ 124, 131 і 133 мали слабку інтенсивність «цвітіння» й середній ранг — 18, 19 і 24 відповідно. В іншого клона із цієї групи № 131, упродовж трьох років спосте-

режень, ранг за інтенсивністю «цвітіння» змінювався у межах 17–21.

Аналіз рангових положень за інтенсивністю росту клонів на КНП 1977 р. дав змогу виділити 7 груп (див. *табл. 4*): швидко-рослі з високим, середнім і слабким; середні з високим, середнім і слабким; повільнорослі з середнім «цвітінням». Швидко-рослі клони перевищували середні показники по КНП за висотою (12,3 м) від 3,3 до — 8,9%, проте, об'єм репродуктивного шару крони в клонів №№ 31, 54 і 99 (201,5 м³, 188,0, 152,4 м³) нижчий, ніж середній на плантації (212,6 м³) — на 5,5, 13,1 й 39,5% (див. *табл. 2*). Клон № 31 з високою інтенсивністю росту має слабку «цвітіння», а клони №№ 54 і 99 — середнє. Слабкий ріст — у клонів №№ 56 і 111, окрім того, в останніх середня інтенсивність «цвітіння» та об'єм репродуктивного шару крони 185,4 і 111,4 м³, що посідають 14 і 15,5 ранги відповідно. Із виділених груп із слабким «цвітінням», на КНП 1977 р., є клони із високою (№ 31) й середньою (№№ 21, 32) інтенсивністю росту, які мають слабку інтенсивність «цвітіння».

Як зазначено вище, що кількість жіночих «квіток» у клонів становить тільки частину потенційно можливого врожаю. Тому клони розподілили за відносною часткою сформованих шишок (*рис. 4, 5*) від кільк-



Рис. 4. Відносна частка виходу шишок від кількості мегастробілів на КНП (1977 р.)

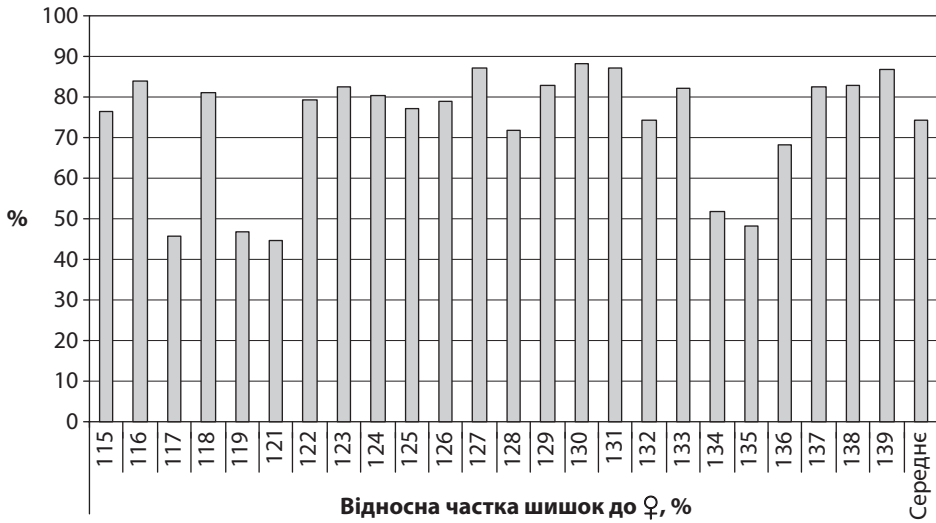


Рис. 5. Відносна частка виходу шишок від кількості мегастробілів на КНП (1984 р.)

кості мегастробілів на три групи: високу, середню й слабку (табл. 5).

До першої групи із 24 клонів (КНП-1977 р.) зараховано 2 клони (8,3%), до третьої — 8 клонів (33,3%). Решта — 14 клонів належать до другої групи (58,3%). На КНП 1984 р. із 24 клонів до першої групи зараховано 12 (50,0%), до третьої — 5 (20,8%), решта — 7 клонів (29,2%) — до другої. В більшості клонів 1977 р. середня відносна частка шишок від мегастробілів з високою, середньою і слабкою інтенсивністю

«цвітіння», в клонів 1984 р. — висока з високою й слабкою.

У клонів №№ 22 і 97 (КНП-77) з високою інтенсивністю «цвітіння» висока відносна частка шишок, у цій самій групі в клона № 36 — слабка. Слабка інтенсивність «цвітіння» відмічена в трьох клонів (№№ 21, 31, 32), з середньою відносною часткою шишок у клонів №№ 21 і 32 та слабкою — у №31. Слабка відносна частка шишок у клонів №№ 117, 121, 134, 135 (КНП-1984) з високою інтенсивністю «цві-

Таблиця 5. Розподіл клонів по групах залежно від їх рангової оцінки

Інтенсивність цвітіння	Відносна частка шишок від мегастробілів		
	висока	середня	слабка
<i>ПЛНП-1977 р.</i>			
Висока	22, 97	34, 35, 67, 69	36
Середня		19, 37, 47, 54, 56, 98, 99, 114	33, 43, 44, 45, 46, 111
Слабка		21, 32	31
<i>ПЛНП-1984 р.</i>			
Висока	116, 118, 124, 127, 129, 130, 137, 138, 139	115, 122, 125, 126, 134, 135	117, 121, 134, 135
Середня		136	
Слабка	123, 131, 133		119

тіння» і слабкою — в № 119. Клон № 124 1984 р. має високу інтенсивність «цвітіння» і найбільшу відносну частку шишок від мегастробілів (93,1%), проте у цього клона найменша інтенсивність росту на плантації (7,0 м).

На КНП 1977 р. виявлений кореляційний зв'язок середньої сили між кількістю шишок та об'ємом репродуктивного шару крони ($r = 0,45$). Однак, між кількістю мегастробілів та шишок — тісний істотний зв'язок ($r = 0,94$), між висотою дерева та об'ємом репродуктивного шару крони — середній ($r = 0,52$).

На КНП 1984 р. між висотою дерева та кількістю шишок й репродуктивним шаром крони виявлені зв'язки середньої сили ($r = 0,46, 0,44$). Тісний зв'язок — між кількістю мегастробілів та кількістю шишок ($r = 0,84$).

ВИСНОВКИ

Із виділених груп для насінних плантацій перспективними є клони, що мають високу й середню інтенсивність росту, з високою та середньою інтенсивністю «цвітіння», з високим та середнім урожаєм шишок. На КНП 1977 р. створення «цвітіння» в межах клонів характеризується змішано-статевим типом; на плантації 1984 р. — у більшості клонів (54,2%) переважало жіноче «цвітіння».

Показник інтенсивності утворення мікростробілів у клонів на молодшій плантації (КНП-1984 р.) нижчий від інтенсивності утворення мегастробілів на 4,0%, тоді як на старшій (1977 р.), навпаки, домінувала інтенсивність утворення мікростробілів на 118,2%.

Середній вихід шишок від кількості мегастробілів становив на КНП 1977

і 1984 рр. 70,1 і 74,3% відповідно. Між кількістю мегастробілів та кількістю шишок виявлені тісні кореляційні зв'язки ($r = 0,94$ і $0,84$).

Варіювання кількості шишок на одному дереві за роки спостережень досить високе й змінювалось у клонів 1977 р. від 40,2% у 2004 р. до 70,7 в 2003 р. і в середньому становило 52,6%; у клонів 1984 р. від 43,6 у 2004 до 78,8% в 2005 р. і в середньому — 59,3%.

Кількість жіночих стробілів за шестирічний період на КНП 1977 р. в середньому становила 45,8% від кількості чоловічих; за трирічний — 4,0% у клонів 1984 р. Їх кількість коливалася в межах 25,5–61,3% у клонів 1977 р.; у клонів 1984 р. — від 16,5 до 77,5%. Залежно від клона й погодних умов вегетаційного періоду співвідношення між кількістю жіночих і чоловічих стробілів у межах кожного клона сягає від 29,8 до 166,7% на КНП 1977 р. і від 49,4 до 1005,4% — 1984 р. Кореляційний зв'язок між кількістю мега- і мікростробілами на КНП 1977 р. слабкий ($r = 0,17$), а 1984 р. — високий ($r = 0,77$).

Не виявлено залежностей між збереженістю мегастробілів їхньою кількістю (рясністю «цвітіння») у клонів 1984 р. і визначено середній кореляційний зв'язок ($r = 0,33$) у клонів 1977 р.

За багаторічними даними на КНП 1977 р. найурожайнішим є клон № 22. Найбільший вихід шишок від кількості мегастробілів на плантації 1984 р. — у клона № 130 (88,1%), найменший — № 121 (46,7%). До групи клонів 1977 р. з рясним «цвітінням», урожаєм та високим виходом шишок зарховані лише два клони (№№ 22 і 97) і вісім клонів 1984 р. (№№ 116, 118, 127, 129, 130, 137, 138, 139).

ЛІТЕРАТУРА

1. Мажула О.С. Досвід плантаційного насінництва. *Лісовий і мисливський журнал*. 2003. № 2. С. 18–19.
2. Швиденко А.Й., Данілов О.М. Дендрологія. Чернівці: Рута, 2003. 384 с.
3. Мордась А.А., Раевский Б.В. Репродуктивная способность сосны на клоновых лесосеменных плантациях в подзоне северной тайги. *Эколого-географические проблемы сохранения и восстановления лесов Севера*: тез. докл. Всесоюз. науч. конф. посвящ. 280-летию со дня рождения М. В. Ломоносова. Архангельск, фил. географ. об-ва СССР. Архангельск, 1991. С. 263–265.
4. Волошинова Н.О. Особливості репродукції дуба звичайного на клонових насінних плантаціях Рівненщини. *Проблеми екології лісів і лісо-*

- користування на Поліссі України. 1998. Вип. 5. С. 75–84.
5. Молотков П.І., Патлай І.М., Давидова Н.І. Насінництво лісових порід. Київ: Урожай, 1989. 230 с.
 6. Мажула О.С., Сverdlova О.І. Насінна продуктивність клонів сосни і дуба на плантаціях у Харківській області. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 1992. Вип. 85. С. 14–19.
 7. Ірклієнко С.П. Створення клонових насінних плантацій сосни звичайної в Поліссі Житомирської області: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.03.01. Харків, 1993. 21 с.
 8. Мажула О.С. Ріст і насіннева продуктивність клонів сосни звичайної на насінневих плантаціях в Лівобережному Лісостепу: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.03.01. Харків, 1993. 24 с.
 9. Юркевич О.О., Волошинова Н.О., Котюха О.Д. Репродуктивні особливості клонів сосни звичайної на 35-річній лісонасінній плантації у Костопільському держлісгоспі. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2002. Вип. 102. С. 98–101.
 10. Лось С.А. Динаміка репродуктивних процесів на клонових насінних плантаціях дуба звичайного (*Quercus robur* L.) у Лівобережному Лісостепу України. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2017. Вип. 15. С. 64–72.
 11. Лакин Г.Ф. Биометрия. Москва: Высшая школа, 1980. 294 с.

REFERENCES

1. Mazhula, O.S. (2003). Dosvid plantatsiynoho nasinytstva [Experience of the seed orchards]. *Lisovyj i myslivs'kyj zhurnal — Forest and hunting magazine*, 2, 18–19 [in Ukrainian].
2. Shvydenko, A.Y. & Danilov, O.M. (2003). *Dendrologhiya [Dendrology]*. Chernivtsi: Ruta [in Ukrainian].
3. Mordas, A.A. & Raevsky, B.V. (1991). Reproduktyvna sposobnost' sosny na klonovykh lesemennykh plantatsiyakh v podzone severnoy taygi [Reproductive ability of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) clonals seed orchards in the northern taiga subzone]. *Ekologo-geograficheskie problemy sokhraneniya i vosstanovleniya lesov Severa: tez. dokl. Vsesoyuzn. nauchn. konf. posvyashch. 280-letiyu so dnya rozhdeniya M.V. Lomonosova [Ecological and geographical problems of conservation and restoration of forests in the North: abstracts. report All-Union. scientific. conf. dedicated To the 280th anniversary of the birth of M.V. Lomonosov]*. (pp. 263–268). Arkhangelsk [in Russian].
4. Voloshinova, N.O. (1998). Osoblyvosti reproduktsiji duba zvyčajnogho na klonovykh nasinykh plantacijakh Rivnenshhyiny [Peculiarities of reproduction on English oak (*Quercus robur* L.) clonal seed orchards in the Rivne region]. *Problemy ekologhiji lisiv i lisokorys-tuvannja na Polissi Ukrainy — Problems of forest ecology and forest use on Polissya in Ukraine*, 5, 75–84 [in Ukrainian].
5. Molotkov, P.I., Patlay, I.M. & Davydova, N.I. (1989). *Nasimnytstvo lisovykh porid [Seed production of forest species]*. Kyiv: Urozhay [in Ukrainian].
6. Mazhula, O.S. & Sverdlova, O.I. (1992). Nasinna produktyvnist' kloniv sosny i duba na plantacijakh u Kharkivskijj oblasti [The seed productivity on Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and English oak (*Quercus robur* L.) clones on orchards in Kharkiv region]. *Lisivnytstvo i ahrolisomelioratsiya — Forestry and agroforestry*, 85, 14–19 [in Ukrainian].
7. Irklienko, S.P. (1993). Stvorennja klonovykh nasinykh plantacij sosny zvyčajnoji v Polissi Zhytomyrskoji oblasti [Creation of clonal seed orchards on Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Polissya, Zhytomyr region]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Kharkiv [in Ukrainian].
8. Mazhula, O.S. (1993). Rist i nasinyeva produktyvnist' kloniv sosny zvyčajnoji na nasinyevykh plantatsiyakh v Livoberezhnomu lisostepu [Growth and seed productivity of Scots pine clonals seed orchards in the Left Bank forest-steppe]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Kharkiv [in Ukrainian].
9. Yurkevich, O.O., Voloshinova, N.O. & Kotyukha, O.D. (2002). Reproduktyvni osoblyvosti kloniv sosny zvyčajnoji na 35-ričnijj lisonasinnijj plantatsiji u Kostopil's'komu derzhlis-hospi [Reproductive features of Scots pine clones of the 35-year-old clonal seed orchards in the Kostopil State Forestry]. *Lisivnytstvo i ahrolisomelioratsiya — Forestry and agroforestry*, 108, 98–101 [in Ukrainian].
10. Los, S.A. (2017). Dynamika reproduktyvnykh procesiv na klonovykh nasinykh plantacijakh duba zvyčajnogho (*Quercus robur* L.) u Livoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [Dynamics of reproductive processes on clonal seed plantations of common oak (*Quercus robur* L.) in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. Scientific works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine]. *Naukovi praci Lisivnychoji akademiji nauk Ukrainy — Scientific works of the Forestry Academy of Sciences in Ukraine*, 15, 64–72 [in Ukrainian].
11. Lakin, G.F. (1980). *Byometrija [Biometrics]*. Moskva: Higher School [in Russian].

Стаття надійшла до редакції журналу 30.05.2021

ВПЛИВ ДОБРИВ НА ПОКАЗНИКИ РОДЮЧОСТІ ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТИХ ҐРУНТІВ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІН ПОЛІССЯ

О.В. Єгоров¹, Н.П. Жидок¹, О.М. Грищенко², І.І. Шабанова³

¹ Інститут сільськогосподарської мікробіології
та агропромислового виробництва НААН (м. Чернігів, Україна)
e-mail: Egorov_dom@ukr.net; ORCID: 0000-0001-8645-9661
e-mail: Egorov_dom@ukr.net; ORCID: 0000-0001-8617-8130

² Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України»
(м. Київ, Україна)
e-mail: grischenkoel@ukr.net; ORCID: 0000-0002-1241-7183

³ Чернігівська філія ДУ «Держґрунтохорона» (м. Чернігів, Україна)
e-mail: chernigiv_grunt@ukr.net; ORCID: 0000-0002-6128-0902

Досліджено вплив підстилкового гною та соломи як добрива в чистому вигляді, та в поєднанні з гноєм, сидеральними і мінеральними добривами на вміст гумусу й основних елементів живлення в дерново-підзолистому ґрунті. Установлено помітний вплив на зміну вмісту гумусу на дерново-підзолистих ґрунтах залежно від систем удобрення. Найбільші показники вмісту гумусу в ґрунті встановлено на варіантах зі внесенням 40 т/га гною, 0,97–1,14% і 1,17–1,23% відповідно, та соломи 4 т/га у поєднанні з люпиновим сидератом — 0,94–1,15% і 1,16–1,25%. Найістотніше зростання вмісту гумусу за ротацію відмічено у сидеральній сівозміні, на фоні без добрив показник зріс на 0,05–0,29%, на фоні внесення $N_{40}P_{40}K_{120}$ — на 0,03–0,21%, у плодозмінній сівозміні — 0,05–0,19% та 0,01–0,09% відповідно. Аналізуючи динаміку вмісту легкогідролізованого азоту було встановлено, що найбільше його зростання як на початку, так і наприкінці ротації сівозмін забезпечували варіанти зі внесенням 40 т/га гною (+69...+85 мг/кг ґрунту), 4 т/га соломи з половинною дозою гною (+63...+82 мг/кг ґрунту) та соломи з сидератами (+71...+80 мг/кг ґрунту). Внесення гною, соломи та пріорювання сидератів сприяло зростанню вмісту рухомих сполук фосфору від 9 до 69 мг/кг ґрунту на фоні без внесення добрив і від 38 до 67 мг/кг ґрунту на фоні $N_{40}P_{40}K_{120}$. Поєднання соломи з гноєм і соломи з сидератами за внесення мінеральних добрив сприяло підвищенню вмісту рухомих сполук фосфору до рівня, який зафіксовано у варіанті за внесення 40 т/га гною, а в окремих варіантах досліді навіть і перевищувати його. Встановлено, що бездефіцитний та позитивний баланс калію за ротацію плодозмінної й сидеральної сівозмін забезпечували варіанти із внесенням 4 т/га соломи у поєднанні з 20 т/га гною та соломи 4 т/га у поєднанні з люпиновим сидератом на фоні $N_{40}P_{40}K_{120}$. Розраховані баланси та продуктивність використання ріллі в короткоротаційних сівозмінах Полісся. У плодозмінній сівозміні за відчуження зеленої маси люпину на корм баланс гумусу має від'ємні показники. Варіанти з внесенням 10 т/га сівозмінної площі гною (–0,03 т/га) та 1 т/га соломи з половинною дозою гною (–0,1 т/га) на фоні внесення $N_{35}P_{35}K_{85}$ дали можливість максимально наблизитися до бездефіцитного балансу гумусу. У сидеральній сівозміні позитивний баланс гумусу спостерігається за внесення 10 т/га гною (+0,21...+0,29 т/га), 1 т/га соломи у поєднанні з 5 т/га гною (+0,13...+0,22 т/га) та 1 т/га соломи у поєднанні з сидератом (+0,09...+0,18 т/га). Близькими до бездефіцитного балансу гумусу є варіант зі внесенням 1 т/га соломи у чистому вигляді. Альтернативою гною в умовах Полісся повинно бути використання соломи у поєднанні з сидеральними добривами (зокрема, люпином), що сприятиме збереженню та відтворенню вмісту гумусу в ґрунті, поліпшенню балансу поживних елементів та підвищенню продуктивності використання ріллі в сівозмінах.

Ключові слова: ґрунт, гумус, рухомі сполуки фосфору, рухомі сполуки калію, сівозміна, баланс гумусу, гній, солома, сидерати, мінеральні добрива, система удобрення.

ВСТУП

У сучасних умовах, особливо за орендних відносин, ґрунти розглядаються як джерело і засіб отримання максимального прибутку. Однак власники сільськогосподарських земель не акцентують увагу, що без зусиль щодо охорони і відтворення родючості земель нині в майбутньому необхідно буде витратити величезні ресурси для досягнення вихідного рівня родючості.

Аналізуючи динаміку змін якісних показників ґрунтів України, останніми роками можна дійти висновку про нестійку і небезпечну тенденцію зниження їх родючості, погіршення екологічної ситуації, що може призвести до кризового стану у сільському господарстві. За даними ННЦ «Інститут землеробства НААН», щороку в Україні втрачається до 20 млн т гумусу, що у перерахунку на 1 га ріллі становить 600–700 кг. Для зміни ситуації необхідні радикальні заходи для відтворення родючості ґрунтів. Насамперед необхідно запобігти втратам гумусу і оптимізувати режим органічної речовини й гумусного стану ґрунтів [1; 2].

Основним біоенергетичним ресурсом і потужним засобом підвищення родючості є органічні добрива [3–6]. Однак, у сучасних умовах господарювання через скорочення поголів'я сільськогосподарських тварин, органічні добрива у вигляді гною вносяться в дуже малих кількостях або ж не вносяться зовсім. Зокрема в Чернігівській обл. у 1990 р. вносилося 10,1 т органічних добрив на 1 га ріллі, 2000 — 1,8 т/га, у 2010 р. — 0,9 т/га. Останніми роками ця кількість варіює в межах 0,7–0,8 т/га.

Стосовно мінеральних добрив, то останніми роками спостерігається збільшення кількості їх внесення, але знову ж таки переважно завдяки азотним тукам, що в подальшому призводить до підкислення ґрунтів. У 1990 р. внесено 166 кг/га д. р. мінеральних туків, 2000 — 10 кг д. р., у 2010 р. — 71 кг/га д. р. 2015 р. на 1 га ріллі внесено 102 кг/га д. р. мінеральних добрив, із них 72% це азотні добрива, 13 — фосфорні та 15% калійні.

Отже, в умовах різкого зменшення виробництва і використання гною постає питання пошуку альтернативних шляхів і способів відтворення родючості ґрунтів. Одним із напрямів вирішення цієї проблеми може бути використання соломи на добриво за місцем її вирощування [7–12]. Тому в Інституті сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН (ІСМАВ НААН) у довгостроковому стаціонарному досліді поряд з іншими питаннями вивчається вплив соломи як добрива в чистому вигляді та у поєднанні з іншими органічними та мінеральними добривами на показники родючості ґрунту й ефективність використання ріллі в короткочасних сівозмінах.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Внесення підстилкового гною залишається важливим чинником забезпечення ґрунтів органічною речовиною, проте сучасний стан тваринництва в Україні, а саме різке зменшення поголів'я худоби, не дає можливості розглядати це джерело вуглецю як основне при вирішенні проблеми підвищення родючості ґрунтів. Недорогим прийомом забезпечення ґрунтів свіжою органічною речовиною є сидерати, які акумулюють до 180 кг азоту, зберігаючи його від вимивання та денітрифікації [13], післяживні рештки та побічна продукція рослинництва. Вагомий внесок у розробку теоретичних та практичних засад використання сидератів і побічної продукції для підвищення родючості ґрунтів зробили О.М. Бердніков, В.В. Волкогон, А.Д. Балаєв, К.І. Довбан, Є.Г. Дегодюк, С.Ю. Булигін, J. Kubat, I. A. Langley та ін. [13–19]. Однак останнім часом товаровиробники досить часто як органічне добриво почали використовувати подрібнену солому. Цей захід може стати потужним чинником підвищення вмісту гумусу, біологічної активності ґрунтів, поліпшення їх воднофізичних властивостей. Використанню соломи як органічного добрива присвячено низку наукових праць провідних українських вчених (Л.Ю. Верниченко, Є.М. Ми-

шустина, М.М. Мірошніченка, А.І. Фатаєва, А.Д. Балаєва) [20; 21].

Мета досліджень — вивчити можливість повної або часткової заміни ґною шляхом застосування різних способів використання соломи на добриво.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили впродовж 2012–2015 рр. в стаціонарному польовому досліді, закладеному на дослідному полі Чернігівського інституту АПВ НААН у 1999 р. Ґрунти дослідної ділянки дерново-підзолисті пілувато-супіщаного гранулометричного складу. Вміст ґумусу в орному шарі варіює від 1 до 1,2%, реакція ґрунтового розчину (рН-KCl) — від 4,4 до 4,8 рН, сума ввібраних основ — від 2,5 до 2,7 ммоль/100 г ґрунту. Ґрунти високозабезпечені рухомими сполуками фосфору — від 190 до 240 мг/кг ґрунту, низько та середньозабезпечені рухомими сполуками калію — від 69 до 103 мг/кг ґрунту (за Кірсановим). Уміст легкогідролізованого азоту варіює в межах від 54 до 84 мг/кг ґрунту (дуже низький вміст).

Ефективність добрив вивчали у таких сівозмінах:

- 1 — люпин на зелену масу — жито озиме — картопля — пшениця яра;
- 2 — люпин на сидерат — жито озиме — картопля — пшениця яра.

Продуктивність культур плодозмінної та сидеральної сівозмін досліджували на двох фонах живлення:

- 1 — без мінеральних добрив;
- 2 — на фоні $N_{35-45}P_{35}K_{85}$ на 1 га ріллі.

Дослід закладено методом розщеплених ділянок. Розмір елементарної ділянки 85,5 м², облікової — 50 м², повторність триразова. Ведення дослідів, облік урожаю та статистичну обробку отриманих результатів проводили за методом Доспехова [22].

Уміст ґумусу визначали за ДСТУ 4289:2004 [23], легкогідролізованого азоту — ДСТУ 7863:2015 [24], рухомих сполук фосфору та калію — ДСТУ 4405:2005 [25]. Розрахунки балансу ґумусу в сівозмінах проводили за методичними рекомендаціями

Ю.О. Тараріко [26]. Загальну продуктивність короткоротаційних сівозмін розраховували за таблицями М.Ф. Томме [27].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За систематичного застосування у короткоротаційних сівозмінах підстилкового ґною, побічної продукції рослинництва (зокрема соломи), сидеральних та мінеральних добрив встановлено помітний вплив на зміну вмісту ґумусу на дерново-підзолистих ґрунтах залежно від систем удобрення (табл. 1).

У 2012 та 2015 рр. найбільші показники вмісту ґумусу в ґрунті встановлено на варіантах з внесенням 40 т/га ґною, 0,97–1,14% і 1,17–1,23% відповідно, та соломи 4 т/га у поєднанні з люпиновим сидератом — 0,94–1,15% і 1,16–1,25%.

Найістотніше зростання вмісту ґумусу за ротацію встановлено у сидеральній сівозміні. На фоні без добрив показник зріс на 0,05–0,29%, на фоні внесення $N_{40}P_{40}K_{120}$ — на 0,03–0,21%. У плодозмінній сівозміні ці показники становили 0,05–0,19% та 0,01–0,09% відповідно.

Об'єктивним показником ефективності добрив є поживний режим ґрунту. Родючість ґрунту значною мірою визначається ступенем його забезпеченості доступними для рослин поживними речовинами і насамперед азотом. Дерново-підзолисті ґрунти характеризуються низькими запасами азоту та високою його рухомістю.

У результаті проведених досліджень встановлено, що найбільше зростання вмісту легкогідролізованого азоту як на початку, так і наприкінці ротації сівозмін забезпечували варіанти з внесенням 40 т/га ґною (+69... +85 мг/кг ґрунту), 4 т/га соломи з половинною дозою ґною (+63... +82 мг/кг ґрунту) та соломи з сидератами (+71...+80 мг/кг ґрунту). Зростання вмісту легкогідролізованого азоту на контрольних варіантах становило, своєю чергою, від 54 до 78 мг/кг ґрунту.

Завдяки внесенню ґною, соломи та приорюванню сидератів наприкінці ротації сівозмін (2015 р.) встановлено зростання вмісту рухомих сполук фосфору на фоні

Таблиця 1. Вплив сівозмін та добрив на вміст гумусу в орному шарі ґрунту

№ варіанта	Варіант	Уміст гумусу в орному шарі ґрунту, %			
		плодозмінна сівозмiна		сидеральна сівозмiна	
		без добрив	N ₄₀ P ₄₀ K ₁₂₀	без добрив	N ₄₀ P ₄₀ K ₁₂₀
<i>Початок четвертої ротації сівозмiн, 2012 р.</i>					
1	Без добрив (контроль)	0,87	0,90	0,85	0,91
2	Гній, 40 т/га	1,11	1,14	0,97	1,12
3	Солома, 4 т/га	0,93	1,06	0,88	1,00
4	Солома, 4 т/га + гній, 20 т/га	1,00	1,12	0,95	1,10
5	Солома, 4 т/га + люпин на сидерат	1,10	1,15	0,94	1,07
НІР _{0,5}		0,15		0,10	
<i>Кiнець четвертої ротації сівозмiн, 2015 р.</i>					
1	Без добрив (контроль)	0,92	0,94	0,90	0,94
2	Гній, 40 т/га	1,17	1,18	1,19	1,23
3	Солома, 4 т/га	1,12	1,15	1,11	1,21
4	Солома, 4 т/га + гній, 20 т/га	1,15	1,15	1,20	1,18
5	Солома, 4 т/га + люпин на сидерат	1,20	1,16	1,23	1,25
НІР _{0,5}		0,15		0,19	

без внесення добрив (+9...+69 мг/кг ґрунту) і на фоні N₄₀P₄₀K₁₂₀ (+38...+67 мг/кг ґрунту). Поєднання соломи з гноєм і соломи з сидератами за внесення мінеральних добрив сприяло підвищенню вмісту рухомих сполук фосфору до рівня, який зафіксовано у варіанті за внесення 40 т/га гною, а іноді навіть і перевищувати його. Бездефіцитний та позитивний баланс калію за ротацію плодозмінної й сидеральної сівозмiн забезпечували варіанти із внесенням 4 т/га соломи у поєднанні з 20 т/га гною та соломи 4 т/га у поєднанні з люпиновим сидератом на фоні N₄₀P₄₀K₁₂₀.

Розрахунками науковців встановлено, що річні втрати гумусу через мінералізацію в плодозмінній та сидеральній сівозмiнах становлять 1,32 т/га. Частково втрати гумусу компенсуються завдяки рослинним решткам, решту необхідно компенсувати внесенням органічних добрив (гній, солома, сидерати). У процесі гуміфікації з рослинних решток у плодозмінній сівозмiні, залежно від урожайності культур, може утворитися від 0,62 до 0,87 т/га гумусу.

Сидеральна сівозмiна дає можливість відновити від 1,01 до 1,19 т/га гумусу.

За даними науковців, з 40 т гною на 1 га, внесених під картоплю та кукурудзу, може утворитися 0,42 т гумусу [1]. Завдяки внесенню соломи у кількості 1 т/га сівозмiнної площі кількість гумусу збільшується на 0,15 т/га.

Отже, за нестачі гною накопичення гумусу можливе за внесення половинної дози гною з соломою. Кількість гумусу, що утвориться при цьому, становитиме 0,37 т/га. Також важливою прибутковою частиною балансу гумусу є заорювання люпинового сидерату з соломою, завдяки чому утворюється 0,32 т/га гумусу.

Розраховані баланси гумусу досить різняться залежно від виду сівозмiни та внесення добрив. У плодозмінній сівозмiні за відчуження зеленої маси люпину на корм баланс гумусу має від'ємні показники. Варіанти зі внесенням 10 т/га сівозмiнної площі гною (-0,03 т/га) та 1 т/га соломи з половинною дозою гною (-0,1 т/га) на фоні внесення N₃₅P₃₅K₈₅ дали можливість

максимально наблизитися до бездефіцитного балансу гумусу (рис. 1).

У сидеральній сівозміні (рис. 2) позитивний баланс гумусу спостерігається за внесення 10 т/га гною (+0,21...+0,29 т/га), 1 т/га соломи у поєднанні з 5 т/га гною (+0,13...+0,22 т/га) та 1 т/га соломи у поєднанні з сидератом (+0,09...+0,18 т/га). Близькими до бездефіцитного балансу гумусу є варіант зі внесенням 1 т/га соломи у чистому вигляді.

Важливим чинником є визначення впливу добрив на ефективність використання ріллі різних сівозмін. Серед біологічних засобів інтенсифікації найбільший вихід кормових одиниць з 1 га ріллі неза-

лежно від фону живлення і виду сівозмін забезпечував гній у дозі 10 т/га. Приріст кормових одиниць, порівнюючи з контролем, в середньому за 2012–2015 рр. становив 0,93–1,11 т/га на фоні без добрив, а на фоні внесення $N_{35-45}P_{35}K_{85}$ – 0,91–1,18 т/га.

За використання соломи як добрива приріст кормових одиниць з 1 га ріллі на фоні без добрив був у межах 0,26–0,35 т/га, на мінеральному фоні – 0,29–0,42 т/га.

Доволі істотно підвищувався вихід кормових одиниць з 1 га сівозмінної площі на варіантах із поєднанням внесення соломи з половинною дозою гною та сидеральними посівами. Продуктивність ріллі на цих

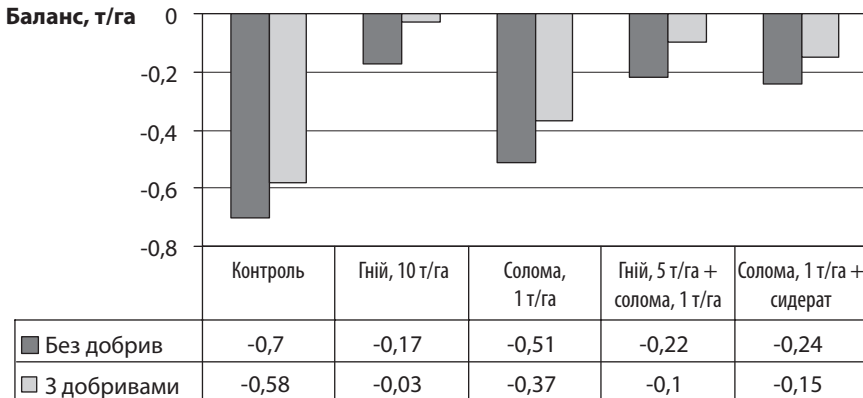


Рис. 1. Баланс гумусу в плодозмінній сівозміні (середнє за 2012–2015 рр.)

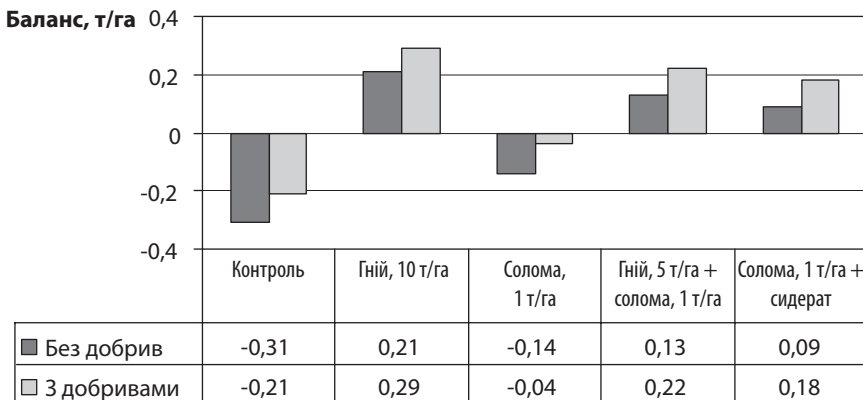


Рис. 2. Баланс гумусу в сидеральній сівозміні (середнє за 2012–2015 рр.)

Таблиця 2. Вплив добрив на ефективність використання ріллі в різних сівозмінах (середнє за 2012–2015 рр.)

Удобрення	Вихід кормових одиниць і перетравного протеїну з 1 га ріллі в сівозмінах (т/га)			
	Без добрив		N ₃₅₋₄₅ P ₃₅ K ₈₅	
	плодозмінна	сидеральна	плодозмінна	сидеральна
<i>Кормові одиниці</i>				
Контроль (без добрив)	3,79	2,63	4,71	3,5
Гній, 10 т/га	4,90	3,56	5,89	4,41
Солома, 1 т/га	4,14	2,89	5,13	3,79
Солома, 1 т/га + гній, 5 т/га	4,71	3,47	5,79	4,35
Солома, 1 т/га + люпин на сидерат	4,80	3,30	5,75	4,33
НІР _{0,5}	0,64		0,68	
<i>Перетравний протеїн</i>				
Контроль (без добрив)	0,43	0,22	0,51	0,29
Гній, 10 т/га	0,54	0,29	0,62	0,35
Солома, 1 т/га	0,46	0,24	0,56	0,31
Солома, 1 т/га + гній, 5 т/га	0,51	0,28	0,61	0,35
Солома, 1 т/га + люпин на сидерат	0,53	0,27	0,61	0,35
НІР _{0,5}	0,06		0,06	

варіантах за виходом кормових одиниць була досить близькою і майже прирівнювалася до варіанта з внесенням повної дози гною.

Оцінюючи загальну продуктивність досліджуваних сівозмін за виходом кормових одиниць з 1 га сівозмінної площі, необхідно зазначити, що найбільш продуктивною була плодозмінна сівозміна з виходом кормових одиниць відповідно фонам 3,79–4,9 та 4,71–5,89 т/га.

ВИСНОВКИ

В умовах дерново-підзолистих ґрунтів Полісся поряд зі внесенням гною засто-

сування соломи, сидеральних добрив та використання у сівозмінах бобових культур (зокрема люпину на зелену масу та сидерат) сприяє збереженню та відтворенню вмісту гумусу в ґрунті, поліпшує баланс елементів живлення та підвищує продуктивність використання ріллі у сівозмінах. Альтернативою гною в умовах Полісся може бути використання соломи на добриво у поєднанні з сидеральними добривами. Це сприяє підвищенню виходу кормових одиниць з 1 га сівозмінної площі на 18–21% і за своєю ефективністю наближається до внесення 10 т/га сівозмінної площі гною.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сайко В.Ф. Системи обробітку ґрунту в Україні. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2007. Вип. 1. С. 3–10.
2. Камінський В.Ф., Сайко В.Ф. Використання земельних ресурсів в агропромисловому виробництві України у контексті світового стабільного розвитку. *Землеробство*. 2013. Вип. 85. С. 3–13.
3. Сайко В.Ф. Особливості землеробства у зв'язку зі світовою економічною кризою. *Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН*. 2009. Спецвипуск. С. 3–18.
4. Роїк М.В. Сучасні науково обґрунтовані підходи до використання землі. *Вісник аграрної науки*. 2003. № 1. С. 5–23.
5. Ходонівська О.В., Корчинська С.Г. Ефективність застосування мінеральних і органічних добрив у сільському господарстві. *Економіка АПК*. 2016. № 4. С. 21–27.

6. Минеев В.Г., Шевцова Л.К. Влияние длительного применения удобрений на гумус почвы и урожай культуры. *Агротехника*. 1978. № 7. С. 134–141.
7. Цюк О.А. Вплив органічних добрив на родючість ґрунту. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства УААН»*. 2009. Вип. 1–2. С. 60–68.
8. Бердников А., Волкогон В. Аграрии за зеленых. *Зерно*. 2013. № 5. С. 58–61.
9. Шувар І.А., Сендецький В.М., Тимофійчук О.Б. Солома допоможе родючості ґрунту. *Агробізнес сьогодні*. 2015. № 17 (312). С. 40–43.
10. Тараріко О.Г. Біологізація та екологізація ґрунтозахисного землеробства. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 10. С. 5–9.
11. Василенко М. Солома — цінне органічне добриво. *Хімія. Агрономія. Сервіс*. 2012. № 4. С. 14–17.
12. Гриник І.В., Бакун Ю.О., Єгоров О.В. Продуктивність сівозмін Полісся залежно від способів використання соломи на добриво. *Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН*. 2003. Спецвипуск. С. 42–48.
13. Довбан К. И. Зеленое удобрение в современном земледелии. Минск: Белорусская наука, 2009. 404 с.
14. Дегодюк Е.Г., Літвінова О.А., Ярмоленко Є.В., Дмитренко О.В. Вплив органічних добрив на родючість сірого лісового ґрунту. *Агроекологічний журнал*. 2019. № 2. С. 31–35.
15. Бердніков О.М. та ін. Ефективне використання сидератів у сучасному землеробстві : науково-методичні рекомендації. Чернігів, 2012. 26 с.
16. Балаєв А.Д., Наумовська О.І., Целюгін В.П. Солома як органічне добриво на чорноземних ґрунтах. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства УААН»*. 2003. Спецвипуск. С. 38–42.
17. Кульгура сидерації / за ред. Є.Г. Дегодюка, С.Ю. Булигіна. Київ: Аграрна наука, 2013. 80 с.
18. Kubat J., Novakova J. and Simon T. Conservation Agriculture. Organic Farming and GM crops in Czech Republic. Report D. 1.1 A 10. KASSA Project. CIRAD, France, 2006. P. 1–20. 328 s.
19. Langley I.A., Heady E.O., Olson K.D. The macro implications of a complete transformation of US agricultural production to organic farming practices. *Agricultural ecosystems Environment*. 1983. Vol. 10. № 4. P. 323–338.
20. Использование соломы как органического удобрения / под ред. Е.Н. Мишустина. Москва: Наука, 1980. 270 с.
21. Мирошніченко Н.Н., Фатаєв А.И. Качество почв — залог продовольственной безопасности страны. *Агровісник*. Україна. 2008. № 10 (32). С. 28–42.
22. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
23. ДСТУ 4289:2004. Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини. [Чинний від 2005–07–01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 14 с.
24. ДСТУ 7863:2015. Якість ґрунту. Визначення легкогідролізного азоту методом Корнфілда. [Чинний від 2016–07–01]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2005. 9 с.
25. ДСТУ 4405:2005. Якість ґрунту. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за методом Кірсанова в модифікації ННЦ ІГА. [Чинний від 2006–07–01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 11 с.
26. 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.
27. Томмэ М.Ф. Корма СССР. Состав и питательность. Москва: Колос, 1964. 448 с.

REFERENCES

1. Saiko, V.F. (2007). Systemy obrobittku hruntu v Ukraini [Tillage systems in Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu zemlerobstva UAAN — Collection of scientific works of the Institute of Agriculture of UAAS*, 1, 3–10 [in Ukrainian].
2. Kaminskyi, V.F. & Saiko, V.F. (2013). Vykorystannia zemelnykh resursiv v ahropromyslovomu vyrobnytstvi Ukrainy u konteksti svitovoho stabilnoho rozvytku [The use of land resources in agro-industrial production of Ukraine in the context of world stable development]. *Zemlerobstvo — Agriculture*, 85, 3–13 [in Ukrainian].
3. Saiko, V.F. (2009). Osoblyvosti zemlerobstva u zviazku zi svitovoiu ekonomichnoiu kryzoiu [Peculiarities of agriculture in connection with the global economic crisis]. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu zemlerobstva UAAN — Collection of scientific works of the Institute of Agriculture of UAAS, (special issue)*, (spetsvypusk), 3–18 [in Ukrainian].
4. Roik, M.V. (2003). Suchasni naukovo-obgruntovani pidkhody do vykorystannia zemli [Modern science-based approaches to land use]. *Visnyk aharnoi nauky — Bulletin of Agrarian Science*, 1, 5–23 [in Ukrainian].
5. Khodonivska, O.V. & Korchynska, S.H. (2016). Efektyvnist zastosuvannia mineralnykh i orhanichnykh dobryv u silskomu hospodarstvi [Efficiency of application of mineral and organic fertilizers in agriculture]. *Ekonomika APK — Economics AIC*, 4, 21–27 [in Ukrainian].
6. Mineyev, V.G. & Shevtsova, L.K. (1978). Vliyaniye dlitel'nogo primeniya udobreniy na gumus pochvy i urozhay kultur [Influence of long-term use of fertilizers on soil humus and crop yield]. *Agrokimiya — Agrochemistry*, 7, 134–141 [in Russian].
7. Tsiuk, O.A. (2009). Vplyv orhanichnykh dobryv na rodiuchist gruntu [Influence of organic fertilizers on soil fertility]. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs «Instytutu zemlerobstva UAAN» — Collection of scientific works of the NRC «Institute of Agriculture of UAAS»*, 1–2, 60–68 [in Ukrainian].
8. Berdnikov, A. & Volkogon, V. (2013). Agrarii za

- zelenykh [Farmers for greens]. *Zerno – Grain*, 5, 58–61 [in Ukrainian].
9. Shuvar, I.A., Shuvar, A.I., Sendetskiy, V.M. & Tymofiiuchuk, O.B. (2015). Soloma dopomozhe rodiuchosti gruntu [Straw will help soil fertility]. *Ahrobiznes sohodni – Agribusiness today*, 17 (312), 40–43 [in Ukrainian].
 10. Tarariko, O.H. (2017). Biolozhizatsiia ta ekolohizatsiia gruntozakhysnoho zemlerobstva [Biology and ecology of agricultural farming]. *Visnyk ahramoi nauky – Bulletin of Agrarian Science*, 10, 5–9 [in Ukrainian].
 11. Vasylenko, M. (2012). Soloma – tsinne orhanichne dobrovyo [Straw is a valuable organic fertilizer]. *Khimiia. Ahronomiia. Servis – Chemistry. Agronomy. Service*, 4, 14–17 [in Ukrainian].
 12. Hrynyk, I.V., Bakun, Yu.O. & Yehorov, O.V. (2003). Produktyvniyst sivozmin Polissia zalezchno vid sposobiv vykorystannia solomy na dobrovyo [Productivity of crop rotations in Polissya depending on the methods of using straw for fertilizer]. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu zemlerobstva UAAN – Collection of scientific works of the Institute of Agriculture of UAAS, spetsvyypusk – special issue*, 42–48 [in Ukrainian].
 13. Dovban, K.Y. (2009). *Zelenoe udobrennye v sovremennom zemledel'yyi* [Green fertilizer in modern agriculture]. Mynsk: Belorusskaia nauka [in Russian].
 14. Dehodiuk, E.H., Litvinova, O.A., Yarmolenko, Ye.V. & Dmytrenko, O.V. (2019). Vplyv orhanichnykh dobrovyv na rodiuchist siroho lisovoho gruntu [Influence of organic fertilizers on the fertility of gray forest soil]. *Ahroekolohichniy zhurnal – Agroecological journal*, 2, 31–35 [in Ukrainian].
 15. Berdnikov, O.M. et al. (2012). *Efektivne vykorystannia syderativ u suchasnomu zemlerobstvi (naukovo-metodychni rekomendatsii)* [Effective use of green manures in modern agriculture: scientific and methodical recommendations]. Chernihiv [in Ukrainian].
 16. Balaiev, A.D., Naumovska, O.I. & Tseliutin, V.P. (2003). Soloma yak orhanichne dobrovyo na chornozemnykh gruntakh [Straw as an organic fertilizer on chernozem soils]. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu zemlerobstva UAAN (spetsvyypusk) – Collection of scientific works of the Institute of Agriculture of UAAS (special issue)*, 38–42 [in Ukrainian].
 17. Dehodiuka, Ye.H. (Eds.). (2013). *Kultura syderatsii* [Culture of greening]. Kyiv: Agrarian Science [in Ukrainian].
 18. Kubat, J., Novakova, J. & Simon, T. (2006). Conservation Agriculture. Organic Farming and GM crops in Czech Republic. *Report D. 1.1 A 10. KASSA Project. CIRAD, France*, 1–20, 328 [in English].
 19. Langley, I.A., Heady, E.O. & Olson, K.D. (1983). The macro implications of a complete transformation of US agricultural production to organic farming practices. *Agricultural ecosystems Environment*, 10 (4), 323–338 [in English].
 20. Myshustyn, E.N. (Ed.). (1980). *Ispol'zovaniye solomy kak organicheskogo udobreniya* [Using straw as organic fertilizer]. Moskva: Nauka [in Russian].
 21. Mirosnichenko, N.N. & Fataev, A.I. (2008). Kachestvo pochv – zalog prodovol'stvennoj bezopasnosti strany' [Soil quality is the key to food security of the country]. *Agrovi'snik. Ukrayina – Agroviznik. Ukraine*, 10 (32), 28–42 [in Russian].
 22. Dospikhov, B.A. (1985). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy)* [Method of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)]. Moskva: Agropromizdat [in Russian].
 23. Yakist hruntu. Metody vyznachannia orhanichnoi rehovyny [Soil quality. Methods for determination of organic matter]. (2005). *DSTU 4289:2004 from 1st Juli 2005*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
 24. Yakist hruntu. Vyznachennia lehkohidroliznoho azotu metodom Kornfilda [Soil quality. Determination of light hydrolysis nitrogen by the Cornfield method]. (2005). *DSTU 7863:2015 from 1st Juli 2016*. Kyiv: DP «UkrNDNTs» [in Ukraine].
 25. Yakist gruntu. Vyznachannia rukhomykh spolkuk fosforu i kaliyu za metodom Kirsanova v modyfikatsii NNTs IHA [Soil quality. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by the method of Kirsanov in the modification of NSC IGA]. (2006). *DSTU 4405:2005 from 1st Juli 2006*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
 26. Tarariko, Yu.O., Nesmashna, O.Ie. & Hlushchenko, L.D. (2001). *Enerhetychna otsinka system zemlerobstva i tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur. Metodychni rekomendatsii* [Energy assessment of farming systems and technologies growing crops. Methodical recommendations]. Kyiv: Nora-print [in Ukrainian].
 27. Tomme, M.F. (1964). *Korma SSSR. Sostav i pitatel'nost'* [Forage of the USSR. Composition and nutritional value]. Moskva: Kolos [in Russian].

Стаття надійшла до редакції журналу 03.06.2021

РЕПРОДУКТИВНА ФУНКЦІЯ КУРЕЙ ЗА ДІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО СТРЕСОРА

Ю.В. Осадча

*Національний університет біоресурсів і природокористування України
(м. Київ, Україна)*

e-mail: seledat@ukr.net; ORCID: 0000-0003-4126-2456

Досліджено вплив зміни висоти розташування кліткової батареї на репродуктивну функцію курей-несучок промислового стада. Для цього в умовах сучасного комплексу з виробництва харчових яєць сформували 4 групи курей, кожен з яких утримували на окремому поверху-аналозу за площею та клітковим устаткуванням, розташованому в одному пташнику. Кожен поверх був обладнаний 3-ярусними клітковими батареями: 1–3 яруси входили до 1-го поверху, 4–6 яруси — до 2-го, 7–9 яруси — до 3-го, а 10–12 яруси — до 4 поверху кліткового устаткування. Репродуктивну функцію курей оцінювали за несучістю на початкову та середню несучку, її інтенсивністю та масою яєць. Результати досліджень показали, що утримання несучок у клітках батарей другого поверху супроводжувалось незначним зниженням збереженості поголів'я — на 0,2–0,5%, несучості на початкову несучку — на 1,9–2,2%, що спричинило зниження вального виробництва яєць на 0,6–0,7 млн шт., яєчної маси — на 48,9–67,0 т та зниження європейського коефіцієнта ефективності на 0,7–0,9 од. Тоді як за утримання курей-несучок у клітках батарей першого поверху спостерігалось зниження збереженості на 10,3–10,8%, несучості на початкову несучку — на 6,4–8,4% та маси тіла — на 7,5–8,1%, що зумовило до зниження вального виробництва яєць на 1,9–2,6 млн шт., яйцемаси — на 143,8–210,8 т та зменшення рівня європейського коефіцієнта ефективності виробництва яєць на 1,7–2,6 од. Таким чином, збільшення ярусності кліткового устаткування не чинить негативного впливу на репродуктивну функцію курей промислового стада, а утримання курей-несучок у клітках батарей першого поверху спричиняє розвиток у них стресового стану, що проявляється у зниженні збереженості та погіршенні репродуктивної функції курей і призводить до зниження ефективності виробництва яєць.

Ключові слова: *кури-несучки, несучість, збереженість, жива маса, технологічний стресор, кліткові батареї.*

ВСТУП

Несучки сучасних яєчних кросів за оптимальних умов існування здатні відкласти до 365 яєць за рік [1], що можливо за щоденної овуляції нової яйцеклітини. Їх дикі предки (*Gallus bankiva*), звичайно, відкладають 3–9 яєць за відтворювальний сезон [2]. Внаслідок селекції (відбору) одомашнених курей упродовж 3–5 тисячоліть на підвищення несучості створено породи, популяції та кроси, представникам яких властива щоденна овуляція [3].

Безліч чинників впливає на ритмічність процесу овуляції яйцеклітин, а отже — на формування яєць та інтенсивність їх відкладання, тобто несучість. За найвпливовіший донедавна вважали чинник жив-

лення [4], а наразі — чинник стресу, під дію якого особина може потрапити в будь-який період індивідуального розвитку. Технологічними стресорами є переущільнення птиці, занадто висока чи низька температура, неналежний санітарний стан навколишнього середовища, інфекції, інвазії та інші подразники [5–7]. Ще одним технологічним стресором може бути збільшення ярусності кліткового устаткування, яке застосовується виробничниками для отримання більшої кількості продукції з 1 м² площі приміщення. Наразі промислові птахівничі підприємства використовують кліткове устаткування, яке розташовують у 12 і, навіть, 15 ярусів, що утворюють 4–5 поверхів. Це дає можливість підвищити концентрацію поголів'я птиці у пташ-

нику в 4–5 разів, порівняно з 3-ярусними клітковими батареями, та у 8–10 разів – порівняно з підлоговим способом утримання. За цього поголів'я курей в одному пташнику може досягати 590 тис. гол. Однак, будь-які дані щодо впливу такого утримання на фізіологічний стан курей відсутні, а чинні норми ВНТП-АПК-04.05 щодо утримання курей у клітках розроблені для 1–3-ярусних кліткових батарей.

Мета досліджень – вивчити реакцію репродуктивної системи несучок промислового стада на зміну висоти розташування кліткової батареї, як можливого технологічного стресора.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Відомо [8–10], що реакції організму курей на дію подразника (стресора) відрізняються за інтенсивністю, наслідками, проміжком часу до утворення характерних ознак та залежать від специфіки цієї дії, біологічних особливостей об'єкта впливу та інших чинників. У будь-якому разі стресові ситуації вимагають від їх організму додаткових витрат енергії на адаптацію до нових умов існування, змін інстинктивної поведінки, що призводить до порушення ритмічності овуляції, тобто зниження несучості на 19,3–28,8%, якості яєць та навіть життєздатності [4; 11; 12]. З широким спектром поведінкових, фізіологічних та імунологічних взаємозалежних змін в організмі курей пов'язують зниження їх несучості за дії стрес-факторів і інші дослідники [13–15]. Певні поведінкові дії курей за стресових ситуацій супроводжуються зменшенням на 34,7% обсягів споживання корму [11; 16], порушенням діяльності ендокринної системи [17] та кислотно-лужної рівноваги в їх організмі [18], зниженням антиоксидантного статусу, гальмуванням функцій окремих органів та фізіологічних механізмів [4]. Зокрема, за підвищення рівня утворення кортикостерону, норадреналіну і адреналіну настають порушення регуляції фізіологічних процесів, які стосуються стероїдогенезу, а отже – росту, розвитку фолікулів та овуляції яйцеклітин

[19; 20]. Відбувається також ослаблення синтезу і вивільнення вітелогеніну, який необхідний для формування жовтка яйця [21; 22]. Доведено, що адреналін «*in vitro*» спричиняє атрезію фолікулів [23], а його підвищена концентрація в організмі пригальмовує овуляцію та, відповідно, відкладення яєць. Висока ж концентрація кортикостерону зумовлює до деструкції яєчників [24].

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

В умовах сучасного комплексу з виробництва харчових яєць у пташнику площею 2915 м² сформували 4 групи яєчних курей промислового стада «Hy-Line W-36», кожна з яких утримували на окремому поверху-аналогу за площею та клітковим устаткуванням. Кожен поверх був обладнаний 3-ярусними клітковими батареями «Big Dutchman» (Німеччина), що склалися з 1176 кліток площею 40544 см² (362×112 см). Кліткові батареї кожного поверху були відмежовані одна від одної решітчастою підлогою. Таким чином, 1–3 яруси входили до 1-го поверху, 4–6 яруси – до 2-го, 7–9 яруси – до 3-го, а 10–12 яруси – до 4 поверху кліткового устаткування (табл. 1).

Упродовж досліду курей забезпечували питною водою, повнораціонними комбікормами однакового складу та утримували згідно з вимогами (ВНТП-АПК-04.05). Щодня, упродовж 44 тижнів продуктивного періоду, визначали кількість яєць, знесених несучками кожної групи та інтенсивність їх несучості. Здійснювали також щодня облік кількості курей, що вибули (через падіж і вибракування), та визначали збереженість поголів'я. Раз на тиждень вимірювали масу яєць та живу масу несучок із певних маркованих кліток за вибіркою, яка становила не менше ніж 100 ($n \geq 100$).

Європейський коефіцієнт ефективності виробництва яєць визначали за формулою 1 [25]:

$$E_{\text{ке}} = (1,4 \times M) - (0,35 \times K),$$

де $E_{\text{ке}}$ – європейський коефіцієнт ефективності, у. о.; 1,4 і 0,35 – константні зна-

Таблиця 1. Схеми дослідів

Характеристика	Група курей			
	1	2	3	4
Поверх розташування кліткової батареї	1	2	3	4
Ярус кліткової батареї у пташнику	1–3	4–6	7–9	10–12
Кількість кліток на поверхсі	1176			
Кількість гол. у клітці	101			
Кількість гол. у групі	118776			
Щільність посадки, гол./м ²	401,4			
Фронт годівлі, см	7,8			

чення; М – яєчна маса (яйцемаса), кг/гол.; К – витрати корму на виробництво 1 кг яєчної маси, кг.

Отримані цифрові результати опрацьовували методами варіаційної статистики. Достовірність відмінностей між середніми величинами визначали за t-критерієм Ст'юдента, різниці вважали достовірними за $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Для визначення реакції репродуктивної системи курей, а також ефективності виробництва яєць за утримання їх у клітках багаторусних батарей розташованих у чотири поверхи проведено оцінку їх продуктивності впродовж першого циклу використання, тобто за 62 тижні життя (табл. 2).

Збереженість поголів'я у всіх групах була нижчою рівня (96,4%), рекомендованого розробником кросу «Ну-Line W-36». Найбільша різниця – 13,3% з рекомендованим рівнем збереженості спостерігалась у курей 1-ї групи, тоді як кури 2-ї групи не досягали нормативу на 3,0%, 3-ї – на 2,8, а 4-ї – на 2,5%. Водночас, збереженість поголів'я у курей 1-ї групи, яких утримували у клітках батареї першого поверху, була нижчою на 10,3% ($p < 0,001$) порівняно з 2-ю та на 10,5% ($p < 0,001$) і 10,8% ($p < 0,001$) порівняно з 3-ю та 4-ю групами відповідно. У курей 2-ї групи збереженість була нижчою на 0,2% ($p < 0,05$), та 0,5% ($p < 0,001$) порівняно з 3-ю та 4-ю групами відповідно, а у курей 3-ї групи – на 0,3% ($p < 0,001$) порівняно з 4-ю групою.

За масою тіла курей нормативних показників (1,54–1,58 кг) було досягнуто лише несучками 2–4 груп. Найнижча маса тіла з відхиленням від нормативних показників на 6,1% виявлена у курей 1-ї групи, які поступалися 2-й групі на 7,5% ($p < 0,001$), 3-й – на 7,8 ($p < 0,001$) та 4-й – на 8,1% ($p < 0,001$). Водночас, несучки 2-ї групи мали нижчу масу тіла на 0,3% ($p < 0,001$) і 0,6% ($p < 0,001$) порівняно з 3-ю та 4-ю групами відповідно, а 3-ї групи – на 0,3% ($p < 0,001$) порівняно з 4-ю групою.

Несучість на початкову несучку, згідно з нормативними вимогами у 62 тижні – має становити 262,2–268,7 шт., а на середню – 267,0–273,6 шт. Фактично ж, на початкову несучку, несучість жодної з груп не досягла необхідного рівня.

За цього спостерігалось зниження несучості на початкову несучку із зниженням поверху розташування кліткової батареї. Зокрема, найнижчою несучість на початкову несучку була у курей 1-ї групи, не досягала нормативу на 10,2%, і була нижчою на 6,4% ($p < 0,001$) порівняно з 2-ю групою та на 8,2% ($p < 0,001$) і 8,4% порівняно з 3-ю й 4-ю групами відповідно. Разом із тим, несучість курей 2-ї групи була нижчою на 1,9% ($p < 0,001$) та 2,2% ($p < 0,001$) порівняно з 3-ю і 4-ю групами відповідно. Відмінності між 3-ю та 4-ю групами становили лише 0,8 шт., або 0,3% і статистично не підтвердились.

У той самий час, за несучістю на середню несучку нормативний рівень був досягнутий всіма групами, а несучками 1-ї

Таблиця 2. Репродуктивна функція курей-несучок залежно поверху розташування кліткової батареї

Показники	Група несучок			
	1 (1–3 ярус)	2 (4–6 ярус)	3 (7–9 ярус)	4 (10–12 ярус)
Початкове поголів'я, гол.	118776	118776	118776	118776
Збереженість поголів'я, %	83,1±0,09	93,4±0,06*	93,6±0,05*°	93,9±0,05*°°/
Поголів'я несучок у віці 62 тижні, гол.	98703	110937	111174	111531
Падіж, вибракування, гол.	20073	7839	7602	7245
Маса тіла, г	1446±0,29	1564±0,62*	1569±0,16*°°	1574±0,35*°°/
Несучість на початкову несучку, шт.	235,4±0,35	251,5±0,27*	256,3±0,18*°°	257,1±0,46*°°
Несучість на середню несучку, шт.	283,3±0,42	269,2±0,24*	273,8±0,19*°°	273,8±0,51*°°
Отримано яєць у 62-тижневому віці, шт.	27964642	29867586	30443008	30534937
Маса яєць, г	63,7±0,03	64,3±0,07*	65,5±0,04*°°	65,8±0,06*°°/
Отримано яйцемаси, кг:				
– всього	1761772	1905552	1954441	1972557
– на початкову несучку	14,8	16,0	16,5	16,6
Отримано з 1 м ² поверху:				
– яєць, шт.	9593	10246	10444	10475
– яйцемаси, кг	604,4	653,7	670,5	676,7
Витрати корму, г/гол./добу	112,9±0,12	115,1±0,22*	115,4±0,09*	115,4±0,19*
Затрати корму, кг:				
– всього	4192413	4272895	4287529	4291187
– на 1 кг яйцемаси	2,38	2,24	2,19	2,18
Європейський коефіцієнт ефективності, од.	19,9±0,12	21,6±0,12*	22,3±0,12*°°	22,5±0,12*°°

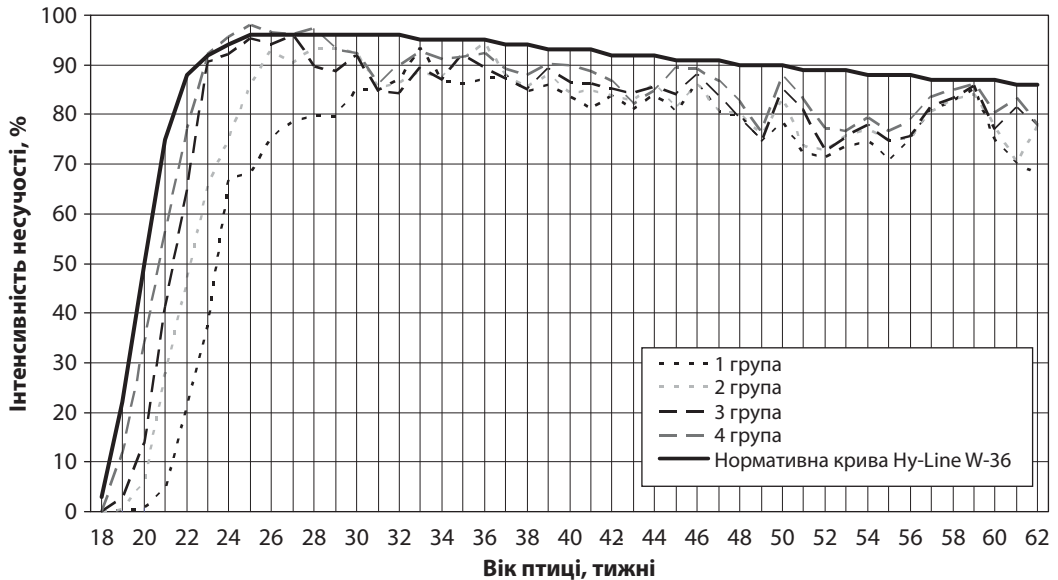
Примітки: * р<0,001 – порівняно з першою групою; °р<0,05; °°р<0,001 – порівняно з другою групою; /р<0,001 – порівняно з третьою групою.

групи – перевищений на 3,5%. Несучість на середню несучку у курей 1-ї групи була вищою на 5,2% (р<0,001) порівняно з 2-ю групою та на 3,5% (р<0,001) порівняно з 3-ю та 4-ю групами відповідно. Водночас, кури 2-ї групи мали нижчу несучість на 1,5% (р<0,001) порівняно з 3-ю і 4-ю групами відповідно, показники яких не відрізнялись.

Що стосується динаміки інтенсивності несучості курей (рис.), то несучки 4-ї групи раніше інших, а точніше в 25-тижневому віці досягли її піку, що наблизився майже до 100% позначки. Несучки 3-ї групи вийшли на пік інтенсивності несучості на

27 тиждень життя, рівень її також наближався до 100%, а несучки 4-ї групи – на 28 тиждень із максимальним рівнем 95%. Тоді як несучки 1-ї групи вийшли на пік інтенсивності несучості лише на 33 тиждень життя, рівень її не перевищував 94%, що, ймовірно, пов'язано із утриманням їх у клітках батареї першого поверху.

Маса яєць несучок кросу «Hy-Line W-36» у 62-тижневому повинна сягати 63,4 г/шт., а споживання корму – 96–102 г/добу на 1 гол. Як видно з отриманих даних (див. табл. 2), за масою яєць нормативних вимог було досягнуто несучками всіх груп, а за витратами корму – переви-



Крива інтенсивності несучості курей

щено їх. За цього, кури 1-ї групи характеризувались нижчою масою яєць на 0,9% ($p < 0,001$) порівняно з 2-ю групою та на 2,7% ($p < 0,001$) і 3,2% ($p < 0,001$) порівняно з 3-ю та 4-ю групами відповідно. Маса яєць курей 2-ї групи була нижчою на 1,8% ($p < 0,001$) та 2,3% ($p < 0,001$) порівняно з 3-ю і 4-ю групами відповідно, а курей 3-ї групи — на 0,5% ($p < 0,001$) порівняно з 4-ю групою.

Що стосується витрат корму, то нормативний рівень був перевищений несучками всіх груп, однак простежувався чіткий вплив розташування кліткових батарей. Найнижче споживання корму спостерігалось у несучок 1-ї групи з перевищенням норми на 10,7% та, водночас, на 1,9% ($p < 0,001$) порівняно з 2-ю групою й на 2,2% ($p < 0,001$) порівняно з 3-ю і 4-ю групами відповідно. У курей 2–4 груп споживання корму знаходилось на одному рівні з перевищенням норми на 12,8–13,1%.

У результаті, через нижчу збереженість поголів'я у 1-й групі (83,1% порівняно з 93,4–93,9% у інших групах) пало або вибракувано в 1,1 раза (на 12234–12828 гол.) більше несучок, ніж у інших групах. Це

спричинило зменшення валового виробництва яєць на 1,9–2,6 млн шт., яєчної маси — на 143,8–210,8 т і її виходу на початкову несучку — на 1,2–1,8 кг. Також менше отримано з 1 м² поверху яєць — на 653–882 шт. і яєчної маси — на 49,3–72,3 кг, ніж у 2–4 групах, за нижчих загальних витрат корму, однак вищих на виробництво 1 кг яєчної маси. Тому і коефіцієнт ефективності виробництва харчових яєць у 1-й групі виявився нижчим, ніж у 2–4 групах на 1,7–2,6 од. ($p < 0,001$). У 2-й групі, у якій курей утримували у клітках батареї другого поверху, було нижче валове виробництво яєць на 0,6–0,7 млн шт., яєчної маси — на 48,9–67,0 т, в тому числі на початкову несучку — на 0,5–0,6 кг, також менше було отримано з 1 м² поверху яєць на 198–229 шт. і яйцемаси — на 16,8–23,0 кг, ніж у 3–4 групах, що зумовило зниження європейського коефіцієнта ефективності на 0,7–0,9 од. ($p < 0,001$). Водночас, у 3-й групі, у якій курей утримували, відповідно, у клітках батареї третього поверху, спостерігалось зменшення валового виробництва яєць лише на 0,09 млн шт., яєчної маси — на 18,1 т і її виходу на початкову несучку —

на 0,1 кг. Також менше отримано з 1 м² поверху яєць — на 31 шт. і яєчної маси — на 6,2 кг, ніж у 4-й групі, за майже однакових витрат корму, в т. ч. на виробництво 1 кг яєчної маси. Тому і значення європейського коефіцієнта ефективності виробництва харчових яєць в 3-й і 4-й групах знаходились на одному рівні — 22,3–22,5 од.

ВИСНОВКИ

Утримання курей у клітках верхніх поверхів багатоярусних кліткових батарей не чинить негативного впливу на їх репродуктивну функцію, тоді як на нижніх поверхах розташування кліткових батарей спостерігалось зниження збереженості поголів'я та погіршення репродуктивної функції птиці. Зокрема, за утримання несучок у клітках батарей другого поверху спостерігалось не-

значне зниження збереженості поголів'я на 0,2–0,5% (3,0 < норми), несучості на початкову несучку на 1,9–2,2% (4,3 < норми), що зумовило до зниження валового виробництва яєць на 0,6–0,7 млн шт., яєчної маси — на 48,9–67,0 т та зниження європейського коефіцієнта ефективності на 0,7–0,9 од. Тоді як утримання курей-несучок у клітках батарей першого поверху супроводжувалось розвитком у несучок стресового стану, проявами якого є зниження збереженості на 10,3–10,8% (13,3 < норми), несучості на початкову несучку на 6,4–8,4% (10,2 < норми) та маси тіла — на 7,5–8,1% (6,1 < норми), що спричинило до зниження валового виробництва яєць на 1,9–2,6 млн шт., яйце-маси — на 143,8–210,8 та зменшення рівня європейського коефіцієнта ефективності виробництва яєць на 1,7–2,6 од.

ЛІТЕРАТУРА

1. Руководство по содержанию финального гибрида Hy-Line W-36, 2019. 32 с. URL: https://www.hyline.com/userdocs/pages/36_COM_RUS.pdf
2. Bird Life International *Gallus gallus*. *The IUCN Red List of Threatened Species*, 2016: e.T22679199 A92806965. DOI: <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016>
3. Науменко В.В., Дячинський А.С., Демченко В.Ю., Дерев'яно І.Д. Фізіологія сільськогосподарських тварин: підруч. Київ: Центр учбової літератури, 2009. 568 с.
4. Фисинин В.И., Кавтаравили А.Ш. Тепловой стресс у птицы. Сообщение II. Методы и способы профилактики и смягчения. *Сельскохозяйственная биология*. 2015. № 4. С. 431–443. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2015.4.431rus>
5. Bedanova I. et al. Stress in broilers resulting from shackling. *Poultry Science*. 2007. Vol. 86 (6). P. 1065–1069. DOI: <https://doi.org/10.1093/ps/86.6.1065>.
6. Kang H.K. et al. Effect of stocking density on laying performance, egg quality and blood parameters of Hy-Line Brown laying hens in an aviary system. *European Poultry Science*. 2018. Vol. 82. DOI: <https://doi.org/10.1399/eps.2018.245>
7. Gorelik O. et al. Influence of Transport Stress on the Adaptation Potential of Chickens. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10 (2). P. 260–263. DOI: https://doi.org/10.15421/2020_93
8. Siegel H.S. Stress, strains and resistance. *British Poultry Science*. 1995. Vol. 36. P. 3–22. DOI: <https://doi.org/10.1080/00071669508417748>
9. Жучаев К.В. и др. Реакция кур-несушек яичного кросса на хронический и убийный стресс. *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. 2019. Вып. 2:238. С. 76–81. DOI: <https://doi.org/10.31588/2413-4201-1883-238-2-76-82>
10. Lin H., Jiao H.C., Buyse J. and Decuyper E. Strategies for preventing heat stress in poultry. *World's Poultry Science Journal*. 2006. Vol. 62. P. 71–86. DOI: <https://doi.org/10.1079/WPS200585>
11. Mashaly M.M. et al. Effect of heat stress on production parameters and immune responses of commercial laying hens. *Poultry Science*. 2004. Vol. 83. P. 889–894. DOI: <https://doi.org/10.1093/PS/83.6.889>
12. Kim Y.-H., Kim J., Yoon H.-S. and Choi Y.-H. Effects of Dietary Corticosterone on Yolk Colors and Eggshell Quality in Laying Hens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2015. Vol. 28(6). P. 840–846. DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.14.0849>
13. El-Lethey H., Aerni V., Jungi T.W. and Wechsler B. Stress and feather pecking in laying hens in relation to housing conditions. *British Poultry Science*. 2000. Vol. 41. P. 22–28. DOI: <https://doi.org/10.1080/000716600086358>
14. Khan R. et al. Effect of vitamin E in heat-stressed poultry. *World's Poultry Science Journal*. 2011. Vol. 67 (3). P. 469–478. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0043933911000511>
15. Surai P.F. and Fotina T.I. Physiological mechanisms of stress development in poultry industry. *Animal Breeding Today*. 2013. Vol. 6. P. 54–60.
16. Abidin Z. and Khatoun A. Heat stress in poultry and the beneficial effects of ascorbic acid (vitamin C) supplementation during periods of heat stress. *World's Poultry Science Journal*. 2013. Vol. 69. P. 135–151. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0043933913000123>
17. Attia Y.A., Hassan R.A. and Qota M.A. Recovery from adverse effects of heat stress on slow-growing

- chicks in the tropics. 1: Effect of ascorbic acid and different levels of betaine. *Tropical Animal Health and Production*. 2009. Vol. 41. P. 807–818. DOI: <https://doi.org/10.1007/S11250-008-9256-9>
18. Borges S.A. et al. Physiological responses of broiler chicken to heat stress and electrolyte balance (sodium plus potassium minus chloride, milliequivalent per kilogram). *Poultry Science*. 2004. Vol. 83. P. 1551–1558. DOI: <https://doi.org/10.1093/PS/83.9.1551>
 19. Yakubu A., Salako A.E. and Ige O. Effect of genotype and housing systems on the laying performance of chickens in different season in the semi-humid tropics. *International Journal of Poultry Science*. 2007. Vol. 6 (6). P. 434–439. DOI: <https://doi.org/10.3923/ijps.2007.434.439>
 20. Oguntunji A.O. and Alabi O.M. Influence of high environmental temperature on egg production and shell quality: a review. *World's Poultry Science Journal*. 2010. Vol. 66. P. 739–749. DOI: <https://doi.org/10.1017/S004393391000070X>
 21. Ciftci M., Ertas O.N. and Guler T. Effects of vitamin E and vitamin C dietary supplementation on egg production and egg quality of laying hens exposed to a chronic heat stress. *Revue de Medecine Veterinaire*. 2005. Vol. 156. P. 107–111.
 22. Joachim J.A., Joseph O.A. and Sunday A.O. Effects of heat stress on some blood parameters and egg production of Shika Brown layer chickens transported by road. *Biological Research*. 2010. Vol. 43. P. 183–189. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0716-97602010000200006>
 23. Moudgal R.P. and Razdan M.N. *In vitro* studies on ovulatory mechanisms in the hen. *Journal of Veterinary Medicine*. 1985. Vol. 32. P. 179–186.
 24. Edens F.W. and Siegel H.S. Modification of corticosterone and glucose responses by sympatholytic agents in young chickens during acute heat exposure. *Poultry Science*. 1976. Vol. 55. P. 1704–1712.
 25. Кавтарашвили А.Ш. Определение эффективности производства птицеводческой продукции экспресс-методами. *Экономика*. 2013. № 2 (123). С. 6–9.

REFERENCES

1. Rukovodstvo po sodержaniyu fynalnoho hybryda Hy-Line W-36 [Guide to the content of the final hybrid Hy-Line W-36]. (2019). 32 p. URL: https://www.hyline.com/userdocs/pages/36_COM_RUS.pdf [in Russian].
2. Bird Life International *Gallus gallus*. (2016). *The IUCN Red List of Threatened Species*. e.T22679199 A92806965. DOI: <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016> [in English].
3. Naumenko, V.V., Dyachynsky, A.S., Demchenko, V.Y. & Derevyanko, I.D. (2009). *Fiziologhiia silskohospodarskykh tvaryn [Physiology of farm animals]*. Kyiv: Center for Educational Literature [in Ukrainian].
4. Fisinin, V.I. & Kavtarashvili, A.Sh. (2015). Teplovoi stress u ptitsy. Soobshchenye II. Metody i sposoby profylaktiki i smiahcheniya [Heat stress in birds. Message II. Methods and ways of prevention and mitigation]. *Selskokhoziaistvennaia byolohiya – Agricultural Biology*, 4, 431–443. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2015.4.431rus> [in Russian].
5. Bedanova, I. et al. (2007). Stress in broilers resulting from shackling. *Poultry Science*, 86 (6), 1065–1069. DOI: <https://doi.org/10.1093/ps/86.6.1065> [in English].
6. Kang, H.K. et al. (2018). Effect of stocking density on laying performance, egg quality and blood parameters of Hy-Line Brown laying hens in an aviary system. *European Poultry Science*, 82. DOI: <https://doi.org/10.1399/eps.2018.245> [in English].
7. Gorelik, O. et al. (2020). Influence of Transport Stress on the Adaptation Potential of Chickens. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10 (2), 260–263. DOI: https://doi.org/10.15421/2020_93 [in English].
8. Siegel, H.S. (1995). Stress, strains and resistance. *British Poultry Science*, 36, 3–22. DOI: <https://doi.org/10.1080/00071669508417748> [in English].
9. Zhuchaev, K.V., Sulimova, L.I. & Kochneva, M.L. (2019). Reaktsiya kur-nesushek yaichnoho krossa na khronycheskyi y uboynyi stress [The reaction of laying hens of egg cross to chronic and lethal stress]. *Uchenyie zapiski Kazanskoj gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny im. N.E. Baumana – Scientific notes of Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman*, 2:238, 76–81. DOI: <https://doi.org/10.31588/2413-4201-1883-238-2-76-82> [in Russian].
10. Lin, H., Jiao, H.C., Buyse, J. & Decuyper, E. (2006). Strategies for preventing heat stress in poultry. *World's Poultry Science Journal*, 62, 71–86. DOI: <https://doi.org/10.1079/WPS200585> [in English].
11. Mashaly, M.M. et al. (2004). Effect of heat stress on production parameters and immune responses of commercial laying hens. *Poultry Science*, 83, 889–894. DOI: <https://doi.org/10.1093/PS/83.6.889> [in English].
12. Kim, Y.-H., Kim, J., Yoon, H.-S. & Choi, Y.-H. (2015). Effects of Dietary Corticosterone on Yolk Colors and Eggshell Quality in Laying Hens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 28 (6), 840–846. DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.14.0849> [in English].
13. El-Lethey, H., Aerni, V., Jungi, T.W. & Wechsler, B. (2000). Stress and feather pecking in laying hens in relation to housing conditions. *British Poultry Science*, 41, 22–28. DOI: <https://doi.org/10.1080/00071660086358> [in English].
14. Khan, R. et al. (2011). Effect of vitamin E in heat-stressed poultry. *World's Poultry Science Journal*, 67 (3), 469–478. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0043933911000511> [in English].
15. Surai, P.F. & Fotina, T.I. (2013). Physiological mechanisms of stress development in poultry industry. *Animal Breeding Today*, 6, 54–60 [in English].

16. Abidin, Z. & Khatoun, A. (2013). Heat stress in poultry and the beneficial effects of ascorbic acid (vitamin C) supplementation during periods of heat stress. *World's Poultry Science Journal*, 69, 135–151. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0043933913000123> [in English].
17. Attia, Y.A., Hassan, R.A. & Qota, M.A. (2009). Recovery from adverse effects of heat stress on slow-growing chicks in the tropics. 1: Effect of ascorbic acid and different levels of betaine. *Tropical Animal Health and Production*, 41, 807–818. DOI: <https://doi.org/10.1007/S11250-008-9256-9> [in English].
18. Borges, S.A. et al. (2004). Physiological responses of broiler chicken to heat stress and electrolyte balance (sodium plus potassium minus chloride, milliequivalent per kilogram). *Poultry Science*, 83, 1551–1558. DOI: <https://doi.org/10.1093/PS/83.9.1551> [in English].
19. Yakubu, A., Salako, A.E. & Ige, O. (2007). Effect of genotype and housing systems on the laying performance of chickens in different season in the semi-humid tropics. *International Journal of Poultry Science*, 6 (6), 434–439. DOI: <https://doi.org/10.3923/ijps.2007.434.439> [in English].
20. Oguntunji, A.O. & Alabi, O.M. (2010). Influence of high environmental temperature on egg production and shell quality: a review. *World's Poultry Science Journal*, 66, 739–749. DOI: <https://doi.org/10.1017/S004393391000070X> [in English].
21. Ciftci, M., Ertas, O.N. & Guler, T. (2005). Effects of vitamin E and vitamin C dietary supplementation on egg production and egg quality of laying hens exposed to a chronic heat stress. *Revue de Medecine Veterinaire*, 156, 107–111 [in English].
22. Joachim, J.A., Joseph, O.A. & Sunday, A.O. (2010). Effects of heat stress on some blood parameters and egg production of Shika Brown layer chickens transported by road. *Biological Research*, 43, 183–189. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0716-97602010000200006> [in English].
23. Moudgal, R.P. & Razdan, M.N. (1985). *In vitro* studies on ovulatory mechanisms in the hen. *Journal of Veterinary Medicine*, 32, 179–186 [in English].
24. Edens, F.W. & Siegel, H.S. (1976). Modification of corticosterone and glucose responses by sympatholytic agents in young chickens during acute heat exposure. *Poultry Science*, 55, 1704–1712 [in English].
25. Kavtarashvili, A.Sh. (2013). Opredelenie effektivnosti proizvodstva ptitsevodcheskoy produktsii ekspres-metodami [Determining the efficiency of poultry production by express methods]. *Ekonomika – Economics*, 2 (123), 6–9 [in Russian].

Стаття надійшла до редакції журналу 15.05.2021

ЮВІЛЕЇ

ОЛЕКСАНДРУ ГРИГОРОВИЧУ ТАРАРІКУ — 85

*Вельмишановному
Олександру Григоровичу —
Посланцю Неба на землі
В честь 85-річного ювілею*

ВПЕРЕД — ІДИ

*Життя — це руху постулати
І рух планети на орбіті,
Раз народила тебе мати,
То ж рухайся по білим світі.
Коли ідеши — тоді є рух,
Який міцнить і серце й дух
Навіть в падінні
Присутнє руху розуміння.*

*Коли здоровий — дай ходи,
Іди вперед, вперед — іди,
І до землі, і до води —
Іди.*

*Іди в роботі,
Іди у radoщах і в поті,
Іди в скорботі,
Не відкладай ходу на потім —
Іди!*

*Іди постійно до мети,
І на ходу себе зроди,
Іди помірно, не лети —
Іди!*

*В грозу і без грози,
Коли не зможеться іти — Повзи!
То є хода.
Тому, нехай би йому грець,
Там, де зупинишся — Кінець.....
Іди!*

*А ти, мій друже, не журись,
Що не біжимо як колись, —
Ми в серці вічно молоді
В своїй упевненій ході,
Тому й бажаю — за сто літ
Нехай триватиме похід!!!!*

Виповнилося 85 років Олександру Григоровичу Тараріку — відомому вченому у галузі агроекології, ґрунтозахисного зем-



леробства, ландшафтної екології та охорони ґрунтів від ерозії, доктору сільськогосподарських наук, професору, академіку НААН, лауреату Державної премії України в галузі науки і техніки, заслуженому діячеві науки і техніки України.

Народився видатний науковець 11 липня 1936 р. у м. Новозибків Брянської обл., РФ. Після закінчення факультету агрохімії та ґрунтознавства Української сільськогосподарської академії (1963 р.) працював на Драбівській дослідній станції Інституту землеробства старшим науковим співробітником, завідувачем відділу, заступником директора з наукової роботи.

Аспірантуру без відриву від виробництва закінчив при Інституті землеробства. Кандидатську дисертацію захистив

в Українській сільськогосподарській академії (1970 р.), докторську, присвячену ґрунтозахисній системі землеробства в Лісостепу України, – в Інституті цукрових буряків (1987 р.). О.Г. Тараріку присвоєно звання професора і обрано членом-кореспондентом (1990 р.), дійсним членом (академіком) Національної академії аграрних наук України (1993 р.).

Усе життя Олександра Григоровича, його науково-дослідницька та науково-педагогічна діяльність пов'язані з рідною землею, з тим, як захистити її від екологічних катастроф, відродити її красу і родючість.

Упродовж 1970–1993 рр. О.Г. Тараріко працював у Інституті землеробства старшим науковим співробітником лабораторії захисту ґрунтів від ерозії, яку очолював професор О.С. Скородумов, а з 1973 р. – очолював цю лабораторію.

Далі у різні періоди обіймав посади академіка-секретаря відділення землеробства та агроєкології Національної академії аграрних наук, члена Президії НААН (1993–2000 рр.), з 2003 р. завідувача відділення агроєкології Інституту агроєкології та біотехнології УААН, завідувача кафедри та проректора з наукової роботи Державної екологічної академії з підготовки і перепідготовки кадрів Мінприроди України (2004–2005 рр.), за сумісництвом – завідувач кафедри ґрунтознавства і охорони ґрунтів (2000–2003 рр.), професор у Національному аграрному університеті (2003–2006 рр.). Нині – головний науковий співробітник Інституту агроєкології і природокористування НААН.

Найвагомішим внеском О.Г. Тараріка у сільськогосподарську науку є розроблення разом із співробітниками й учнями, у співпраці з науковцями інших установ теоретичних і практичних засад принципово нової ґрунтозахисної контурно-меліоративної системи землеробства, що забезпечує охорону та підвищення родючості ґрунтів, оптимізацію структури сільськогосподарських ландшафтів, стабілізацію продуктивності агроєкологічних систем при невисоких виробничих витратах. Ця ґрунто-

захисна система впроваджується майже в усіх областях України, знайшла визнання в багатьох країнах світу й у 1991 р. була відзначена Державною премією України в галузі науки і техніки. Вона покладена в основу Концепції і Національної програми охорони ґрунтів та розвитку землеробства України на період до 2005 р., науковим керівником якої є також і О.Г. Тараріко.

Заслужують на високу оцінку його роботи, присвячені ландшафтній екології, охороні ґрунтів, агроєкологічному моніторингу. У 1995–2000 рр. академік О.Г. Тараріко очолював державну НТП УААН «Сталі агроєкосистеми», завдання якої полягало у розробці та реалізації на практиці моделей сталого розвитку агроєкологічних систем на засадах відновлення природних ресурсів і оптимальної структури сільськогосподарських ландшафтів.

Нині наукова діяльність О.Г. Тараріка зосереджена на напрямках досліджень, пов'язаних з удосконаленням методології агроєкологічного моніторингу із застосуванням дистанційних аерокосмічних методів спостережень та адаптації агроєкосистем до змін клімату.

Широкому загалу вчених-аграріїв і виробників добре відомі науково-технічні розробки та опубліковані академіком наукові праці, монографії, підручники, нормативні документи, рекомендації. Важливі пропозиції О.Г. Тараріка знайшли своє відображення в Земельному кодексі України та ЗУ «Про охорону земель» у частині їх раціонального використання та охорони, а також у державній програмі з підвищення родючості ґрунтів (1986 р.), Національній програмі охорони земель (1997 р.), Концепції розвитку землеробства в Україні до 2005 р., Національній програмі екологічного оздоровлення басейну Дніпра. О.Г. Тараріко – учасник ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи (1986 р.). О.Г. Тараріко є автором понад 250 наукових публікацій, у т.ч. 4 монографій та 2 підручників, має 4 авторські свідоцтва.

О.Г. Тараріко як член експертної ради брав участь у роботі ВАК України, є членом спецради із захисту кандидатських і

докторських дисертацій, членом редколегії низки провідних часописів та збірників наукових праць, зокрема, «Agricultural Science and Practice», «Вісник аграрної науки», «Агроекологічний журнал», «Вісті біосферного заповідника «Асканія-Нова» та ін.

О.Г. Тараріко, як експерт програми ООН у галузі сільського господарства, брав участь у реалізації проекту ПРООН в Україні з інтеграції положень природоохоронних конвенцій РіО у сільськогосподарську політику України.

Вчений створив відому наукову школу з екологічно безпечного землекористування, здійснює підготовку молодих спеціалістів у вищих навчальних закладах, бере активну участь у міжнародному співробітництві з науковими центрами Росії, США, Німеччини, Франції, Польщі, Угорщини. Під його науковим керівництвом підготовлено 2 докторів та 18 кандидатів наук.

За високі здобутки в аграрній науці та громадській діяльності нагороджений Грамотою Президії Верховної Ради України (1978 р.), Почесною грамотою Державного комітету України з охорони природи

(1981 р.), Почесною грамотою Міністерства вищої і середньої освіти СРСР за роботу «Почвозащитное земледелие» (співавтори Ф.Т. Моргун, М.К. Шикула) як кращу серед вузів СРСР (1985 р.), золотою, срібною, бронзовими медалями і дипломами ВДНГ СРСР та УРСР за розробку моделі ґрунтозахисної контурно-меліоративної системи землеробства та впровадження її у виробництво (1985–1990 рр.), Почесними відзнаками НААН (2006 р.) і Міністерства аграрної політики та продовольства України (2006 р.), Почесною грамотою Верховної Ради України «За особливі заслуги перед Українським народом» (2012 р.); медаллю «Незалежність України» за активну громадську діяльність (Міжнародна академія рейтингових технологій і соціології «Золота фортуна», 2013 р.).

*Колектив співробітників
Інституту агроекології
і природокористування НААН
щиро вітають ювіляра, зичить міцного
здоров'я, щастя, добра, миру, благополуччя
та подальших творчих успіхів у науковій
і педагогічній діяльності.*

ПАРФЕНЮК АЛЛІ ІВАНІВНІ — 70



Парфенюк Алла Іванівна народилася 23 вересня 1951 р. в селі Білопілля, Козятинського р-ну Вінницької обл. У 1968 р. закінчила Козятинську середню школу.

Життєвий і професійний шлях ювілярки пов'язаний з науковою діяльністю. У 1976 р. — закінчила Українську сільськогосподарську академію, факультет захисту рослин за спеціальністю захист рослин. Кваліфікація за дипломом: вчений агроном по захисту рослин. З 1972 по 2005 рр. працювала в Інституті захисту рослин — спочатку сезонною робітницею, лаборантом, старшим лаборантом та молодшим науковим співробітником. З 1982 по 1985 рр. навчалася в очній аспірантурі в Інституті захисту рослин. У 1985 р. — успішно захистила кандидатську дисертацію на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за темою: «Патогенность возбудителей белой и серой гнилей и разработка методов оценки устойчивости подсолнечника к заболеваниям». Після захисту дисертаційної роботи працювала науковим,

старшим науковим та провідним науковим співробітником в лабораторії імунітету рослин до хвороб. З 2005 р. завідувач лабораторії біоконтролю агроєкосистем в Інституті агроєкології і природокористування НААН. Парфенюк А.І. є досвідченим науковцем, яка активно займається науковою і педагогічною роботою, бере активну участь у виконанні наукових досліджень за державними програмами, спрямованими на розробку та наукове обґрунтування технологій, які спрямовані на зниження рівня біологічного забруднення агроєкосистем та підвищення рівня біобезпеки рослинної продукції. У 2013 р. Алла Іванівна захистила докторську дисертацію на здобуття наукового ступеня доктора біологічних наук за спеціальністю 03.00.16 — екологія. Тема дисертаційного дослідження «Формування грибного фітопатогенного фону». У 2016 р. отримала вчене звання професора екології. З 2020 р. і донині — зав. відділу агробіоресурсів та екологічно безпечних технологій.

Алла Іванівна — відомий вчений. Автор понад 200 наукових праць у галузі екології, в т. ч. монографій, патентів, методичних рекомендацій. Вона сформувала та розвинула концепцію формування фітопатогенного фону в агрофітоценозах; розробила методологічні положення оцінювання сорту рослин як чинника формування чисельності фітопатогенних мікроміцетів в агрофітоценозах України. Її активна життєва позиція, щирість, порядність, благородство приваблюють колег, надихають на реалізацію креативних планів, інноваційних ідей і задумів.

*Колектив співробітників
Інституту агроєкології
і природокористування НААН та
редколегія «Агроєкологічного журналу»
щиро вітають Аллу Іванівну з ювілеєм,
бажають їй здоров'я, особистих досягнень
та чудових ідей, а також подальших
творчих успіхів на науковій ниві.*

ABSTRACT

Tarariko O., Iliencko T., Kuchma T., Bilokin O. Soil erosion as a factor of desertification of agrolandscapes in Ukraine. *Agroecological journal*. 2021. No 3. P. 6–16.

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: tarariko@ukr.net

The description of the typical structure of agricultural landscapes of Ukraine and the most common degradation processes are given. Water and wind erosion are considered as one of the largest contributors to soil degradation in Ukraine, accompanied by declining soil fertility, moisture loss to surface runoff, air and surface water pollution, and degradation of small rivers. The sown areas of main crops for 1990–2020 are analysed per administrative oblast according to the State Statistical Service of Ukraine. A global long-term satellite remote sensing land surface temperature dataset (NOAA AVHRR) was used to analyse the dynamics of the average sum of effective temperatures for the vegetation season in 1982–2019. Sentinel-5P satellite data was used to analyse the spread and exposure of a large-scale dust storm in Polissya region in April 2020. As a result of climate change and economic factors, the area under corn and sunflower has been significantly increased. Due to the increased frequency of stormy rains and strong wind under climate change, the conditions for intensification of water and wind erosion in agricultural landscapes has been created. The local manifestation of wind erosion is typical for Polissya, mainly on overdried peat bogs and cohesive-sandy soils. But in the spring of 2020 a large-scale dust storm was observed for the first time on the territory of Ukrainian and Belarusian Polissya on the area of about 3.5 million hectares. The growing risk of soil erosion due to the climate change and current agricultural practices requires the improvement not only of the state land management system, but also the agri-environmental monitoring system, scientific methodical and information-advisory support of regional governments, landowners and land users. In order to implement state policy and coordinate the work on the rational use and protection of soils, combating their desertification and degradation, as well as adaptation of land use systems to climate change, it is proposed to establish the governing body «Monitoring, land management and soil protection» on the basis of existing specialized units of central and regional governments in the Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine.

Key words: agrolandscapes, desertification, soil degradation, water and wind erosion, climate, small rivers, structure of sown areas.

Drebot O., Babikova K. Improvement of ecological and economic mechanism of recreational tourism management in the context of European integration. *Agroecological journal*. 2021. No 3. P. 17–26.

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: drebot_oksana@ukr.net

The article describes the current state of development of recreational and tourist activities. The role of European integration in the context of the tourism industry is defined. The functions and properties of the Ukrainian tourist business are considered. Opportunities and risks of development of recreational and tourist activity are specified, and also roles of recreation and tourism are defined. The role of state regulation and management in increasing the level of development of recreational and tourist activities is described. The parameters of formation and increase of the level of development of recreational tourism are indicated. The ecological and economic mechanism of recreational and tourist activity in the context of European integration processes is formed. Features of functioning ecological and economic mechanism of management of development of recreational tourism are considered, and also importance of development of programs on development of recreational and tourist activity is considered. It is noted that recreation and tourism play one of the main roles in formation and development of rest physical and mental condition. Obtained a high level of efficiency from recreational tourism, people can only due to temporarily living in remote, away from home, tourist areas of recreation. European integration and globalization processes have a positive impact on the development of recreational tourism and gaining competitive advantages, providing the above components. Investment reserves have been identified as a method of increasing the competitiveness of recreational and tourist activities in Ukraine in the context of European integration. Certain tourist complexes in Ukraine form stable economic zones and development of regions of recreational and tourist activity. An important issue remains the creation of favorable investment flows for both foreign and domestic investors, which, in turn, stabilizes working conditions given the rational use of investment on a long-term basis. Thus, these problems increase the relevance of the need to improve the mechanism for the management of recreational and tourist activities, primarily by government agencies. European integration processes in Ukraine require

the formation and implementation of a model of relations between recreational areas and governance structures, which should meet the requirements of regional policy of the European Union, which in the future provided more prospects for cooperation, inter-regional and international cooperation.

K e y w o r d s: recreational and tourist activity, state regulation, levers, tools, competitiveness, natural resource potential.

Sherstoboeva O.¹, Krzyhanivsky A.², Kryzhko A.¹ Ecological advantages of using microbiomethod in an integrated plant protection system. *Agroecological journal*. 2021. No. 3. P. 27–32.

¹ *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

² *Institute of Applied Biotechnology BTU-Center*
e-mail: ovsher@ukr.net

The article presents an analysis of current domestic and world literature data on the use of microbiomethod in plant protection. It has been proven, that biological preparations based on different biotypes of entomopathogenic bacteria *Bacillus thuringiensis*, due to their high specificity to various insect species and harmlessness to adult bees, warm-blooded and freshwater organisms, remain at the forefront of integrated plant protection systems worldwide. Their amount is up to 95% of all bioinsecticides. Being natural elements of biocenoses, entomopathogenic microorganisms do not harm plants. Moreover, the introduction of a number of bacteria into the soil and on the surface of plants promotes the growth of crops and increase their yield. Given the economic non-competitiveness of bioinsecticides compared to chemical insecticides, their use in Integrated Pest Management (IPM) Systems is appropriate for the control of phytophages against which they are highly effective. The negative result of chemical insecticides is not only the pollution of the environment and products, but also the formation and spread of resistant races and pest populations. The higher cost of microbiomethod is justified by the lack of negative long-term effects of massive use of chemical insecticides.

K e y w o r d s: microbiomethod, insecticides, biological preparations, plant protection, ecological risks.

Kovalchuk V., Voitovych O. Using multispectral images to determine the salinity of soils in Ingulets irrigation system in the justification of management measures for chemical reclamation. *Agroecological journal*. 2021. No. 3. P. 33–43.

Institute of Water Problems and Land Reclamation of NAAS

e-mail: volokovalchuk@gmail.com

The publication presents the use of data from multispectral space images to substantiate management

measures for chemical reclamation of saline soils of the Ukraine irrigation system. The study is to develop a method of using satellite data to remotely determine the salinity of soils to support the management measures on the chemical soil improvement by example some fields of Ingulets irrigation system. Landsat 8 OLI images were used to obtain NDVI, soil salinity assessment indices, namely VSSI, Salinity index and normalized soil salinity index (NDSI). The verification data on the spatial distribution of salinity are taken from the report on soil-salt survey of the Ingulets irrigated massif. Work with satellite images and calculation of indices was performed using ERDAS IMAGINE 2015. Quantitative analysis of pixels, their visualization using the color spectrum was carried out in ArcMap 10.8. Validation for the conditions of Ukraine on the southern chernozems of the salt indices (VSSI, NDSI, SI) showed the best suitability of NDSI. Using the calculated ranges of index that characterize the gradation of salinity, their area percentage has been determined for each experimental field of the pilot object. The salinity areas according to each gradation were obtained on the basis of NDSI. Quantitative values of the management measure, the dose of chemical ameliorants, differentially for each of the fields are obtained using calculation methods using the author's information technology. The total amount of phosphogypsum for chemical reclamation is recommended. The results of the study show that Landsat 8 OLI images show a high potential for spatio-temporal monitoring of salinity of the upper soil layers. This study will be useful for planning agricultural activities by mapping the salinity of the soil with the calculation of doses of chemical ameliorants to reduce economic losses in climate change. The proposed norms of gypsum application can serve as a guide for the agricultural producer when making a decision on chemical reclamation of agricultural lands. Based on a combination of satellite monitoring data and calculations of chemical reclamation doses according to the author's online calculator, the farmer will be able to assess the feasibility and economic efficiency of chemical land reclamation measures. An additional practical value of the method of remote determination of boundaries and area of salinity is the ability to plan the selection of soil samples from certain points of the field, optimizing the number of soil samples for their chemical analysis in the laboratory. Our proposed method, which estimates soil salinity using satellite images and suggests doses of chemical ameliorants using information technology, can be potentially useful as a rapid approach to detecting soil salinity in other regions of Ukraine and the world at low cost and high accuracy.

K e y w o r d s: salt indices based on multispectral images, NDVI, NDSI, salinity gradations, areas of varying degrees of soil salinity, automatic calculation of the dose of chemical ameliorants.

Zhukova Y.¹, Dmytrenko O.¹, Petryshchenko S.¹, Lytvynenko N.¹, Kyrylchuk A.¹, Pavlichenko A.² Antibiotics in the soil and their effect on the soil microb. Agroecological journal. 2021. No. 3. P. 44–53.

¹ State Institution «Institute of Soil Protection of Ukraine»

² NSC «Institute of Agriculture of NAAS»
e-mail: ecolab23071964@ukr.net

Antibiotics have been crucial in the fight against infectious diseases for the past 50 years. In agriculture they are widely used in the treatment of animals, birds and aquaculture, to prevent spoilage of feed, as stimulators of growth and productivity of livestock, in the production of essential amino acids as impurities in feed, and so on. At present, the use of antibiotics in animal husbandry has become excessive due to the prevention of global epidemics. In turn, the ingress of antibiotics into water and soil, in particular through organic fertilizers, poses a potential threat to these environments. Thus, a variety of antibiotic resistance genes (GRAs) are spreading in soil microorganisms, which is currently a global health problem. It is believed that the stability of antibiotics after entering the soil is mainly due to their rate of decomposition and sorption to the organic soil matrix. A wide range of values of the half-life (DT50) of these compounds in soils indicates that their stability depends on a number of factors: soil properties, climatic conditions (temperature, precipitation, and humidity), physicochemical characteristics of antibiotics. High antimicrobial activity of antibiotics in the soil differentially inhibits the development of soil microorganisms, affects their species composition, which can cause changes in the ecological functionality of the soil. Thus, even low concentrations of antibiotics significantly reduce soil respiration. This phenomenon is especially noticeable in the presence of sulfamethoxazole, sulfamethazine, sulfadiazine and trimethoprim in the soil. The presence of antibiotics in the soil affects the processes of nitrification and / or denitrification, and the inhibition of these processes depends on the duration of exposure and the type of compound. Monensin and chlortetracycline at concentrations of 0.01–0.1 and 0.0003–0.3 mg/kg of soil do not affect nitrification at all. Antibiotics also affect the rate of iron transformation in the soil. Thus, sulfadiazine and monensin block the reduction of iron (Fe (III)) in the soil from a few days to 50 days. It should be noted that the lack of standardized tests hinders research that would lead to generalized conclusions about the effects of antibiotics on biogeochemical cycles, in particular on iron circulation. An important indicator of the response to antibiotics in the soil is considered to be the change in the enzymatic activity of dehydrogenase, phosphatase and urease of soil microorganisms, which may be associated with growth inhibition or death of sensitive microorganisms. In addition, the presence of some antibiotics in the soil can cause over-

population of fungal populations, which are generally less sensitive to antibiotics than bacteria. There is evidence that antibiotics alter the enzymatic activity of soil microorganisms, especially they affect the ability to metabolize carbon of various origins. In addition, antibiotics not only affect the total number of microbiota, but also the relative content of different groups (gram-negative and gram-positive bacteria, fungi) in microbial populations. The importance of GRA studies of soil microorganisms is that they have led to the discovery of new genes responsible for bacterial resistance to antibiotics.

Key words: abiotic/biotic processes, soil bacteria, half-life, resistance, enzymatic activity

Tertychna O.¹, Selinny M.², Ryabukha G.², Yerenko N.², Buturlim D.² Evaluation the efficiency of chemical and biological preparations interaction for pre-seed treatment of soybean. Agroecological journal. 2021. No. 3. P. 54–60.

¹ Institute of Agroecology and Nature Management of the NAAN

² National University «Chernihiv Polytechnic»
e-mail: olyater@ukr.net

The presented study is based on the need for joint use of chemical and biological products for the effective development of agriculture and cultivation of legumes in particular. The influence of inoculation and chemical pesticides on the processes of growth, development and formation of soybean seed yield has been studied, morphological features of soybean plants have been revealed; the influence of chemical pesticides and bacterial preparations on the development and productivity of soybeans, taking into account hydrothermal conditions, has been researched. The authors have analyzed peculiarities of Kofu soybean productivity formation, depending on inoculation with preparations based on specific nodule bacteria *B. japonicum* Rizolik Top with Premax protector, HighCot Super + HighCot Super Extender, Optimize and chemical pesticides Sistiva and Gaucho Plus in Polissya area of Chernihiv region. It has been experimentally proved that the use of Rizolik Top inoculant with Premax protector and additional treatment with Sistiva and Gaucho Plus chemicals, even in the presence of a local population of nodule bacteria, provided an increase in yield, in the number of active nodules and plant height. The influence of lack of sufficient moisture and high air temperatures on the symbiosis of the root system of soybeans with nodule bacteria, which leads to a decrease in grain yield and quality has been determined. The influence of inoculants on increasing the productivity of symbiotic soybean-rhizobial systems under the action of adverse environmental conditions has been proved. The specificity of the soil-climatic zone, varietal characteristics of plants and the level of agriculture inherent in the economy confirm the importance of the research con-

ducted for agroecology. It's recommended to focus the prospects for further research on the use of higher doses of inoculants in seed treatment to avoid the risk of reducing the effectiveness of microbial drugs due to the negative effects of chemical pesticides.

K e y w o r d s: soybeans, seeds, inoculation, nodule bacteria, bacterial preparation, chemical pesticide.

Demydov O.1, Pravdziva I.1, Hudzenko V.1, Demyanyuk O.2, Vasylenko N.1 Variability in 1000 kernel weight of winter bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes depending on ecological and agrotechnical factors. Agroecological journal. 2021. No. 3. P. 61–71.

¹ *The V. M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of NAAS*

² *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

e-mail: irinapravdziva@gmail.com

In the ecological conditions of the central part of the Ukrainian Forest-Steppe (The V. M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat, NAAS of Ukraine) the influence of growing season conditions (2016-17–2018-19), sowing dates (September 26, October 5, October 16) and different preceding crops (green manure, mustard, soybean, sunflower, corn) on variability of 1000 kernel weight of seventeen modern genotypes of winter wheat was investigated. Under environments of the central part of the Ukrainian Forest-Steppe, significant variability in the trait depending on the factors under study was revealed. Part of sum square for the growing season conditions in the variation of 1000 kernel weight of winter wheat was the most (63.2%). Part of sum square for genotype was 7.0%, for preceding crop it was 4.8%, for sowing dates it was 0.4%. In terms of growing season, the variation in part of sum square was 23.5–30.1% for genotype, 12.7–39.8% for preceding crop, 0.8–6.1% for sowing date, and 2.0–26.5% for interactions between them. During the period of the study, on average for all genotypes, the maximum 1000 kernel weight was obtained after green manure (42.6 g), the least one was after soybean (39.0 g). When changing the sowing dates from September 26 to October 16, it was revealed a general tendency of decrease 1000 kernel weight after the preceding crops mustard, sunflower, corn, and soybean. Significant differences in the response of genotypes under study on the sowing dates after different preceding crops were revealed. The most influence on 1000 kernel weight was established for preceding crops in the variety MIP Darunok and for sowing dates in the variety MIP Vidznaka. There were distinguished the varieties Trudivnytsia myronivska, Balada myronivska, MIP Dniprianka, Avrora myronivska, MIP Darunok which significantly exceeded the standard by 1000 kernel weight on average through the growing season conditions, sowing dates, and preceding crops.

K e y w o r d s: *Triticum aestivum* L., 1000 kernel weight, hydrothermal regime, anthropogenic factors, variability, part of sum square for the influencing factor, ANOVA.

Ternovyi Yu.1, Horodyska I.2, Lishchuk A.2, Draga M.2, Vdovychenko A.1 Influence of biological preparations on yield and sowing qualities of peas (*Pisum sativum* L.) for organic seed production. Agroecological journal. 2021. No. 3. P. 72–81.

¹ *Skvyra Research Station of Organic Production IAP NAAS*

² *Institute of Agroecology and Nature Management of NAAS*

e-mail: m_draga@hotmail.com

According to the legislation of Ukraine, one of the requirements of organic crop production is using organic seeds and organic planting material. High productivity and quality of sowing material for organic production of agricultural products can be obtained only if the plants and soil are optimally provided with nutrients and plants are protected from diseases, pests and weeds. The aim of the work was to study the technologies of protection and nutrition of peas with the use of domestic biological products in organic agrophytocenoses for seed production. The influence of organic technologies for growing peas of the Starter variety (Germany) with the use of complexes of biological preparations of domestic producers on the quantitative and qualitative indicators of seeds (weight of 1000 seeds, germinative energy of seeds, seed germination) is studied. The positive influence of all variants of the use of biological products (combination of pre-sowing treatment of seeds, soil, crop treatment) on the quality of the obtained seed material and its compliance with the requirements of DSTU for reproductive seeds was established. It was shown that the use of biological preparations in organic technologies provides the production of pea seeds with a germination of 94–95% and an increase in the yield of pea seeds at the level of 0.45–0.85 t/ha. It is determined that among the pests common in organic crops of peas, the greatest damage is caused by an insect of a series of hard-winged insects – pea weevil or *Bruchus* (*Bruchus pisorum* L.). Moreover, the population of *Bruchus* increased in crop rotation, located on one common plot without spatial isolation of each field. The main criteria for the production of organic sowing material of legumes, including peas, are compliance with the basic principles of organic production, its ability to provide seeds with high sowing and varietal qualities and the absence of infection and damage by diseases and pests.

K e y w o r d s: varietal quality, sowing material, sowing qualities of seeds, productivity, organic production, biological preparations.

Hudzenko V.¹, Demyanyuk O.², Polishchuk T.¹, Babii O.¹, Lysenko A.¹ Identification of spring barley genetic sources of increased and stable 1000 kernel weight performance (*Hordeum vulgare* L.). Agroecological journal. 2021. No. 3. P. 82–90.

¹ *The V. M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of NAAS*

² *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

e-mail: barley22@ukr.net

The trials were conducted in 2018–2020 at the V.M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of NAAS. The aim of the research was to identify new spring barley genetic sources with combination of increased and stable 1000 kernel weight performance for creation initial breeding material under ecological conditions of the central part of Ukrainian Forest-steppe. There were studied 96 spring barley collection accessions originated in different ecological conditions. To identify peculiarities among genotypes within different subspecies (two-rowed and six-rowed), groups of varieties (covered and naked), as well as among two-rowed covered accessions of different ecological origin the genotypes under study were divided into six groups. Within four groups of accessions there were selected genotypes combining the maximum 1000 kernel weight performance and high homeostatic (Hom) and selection value (Sc) indexes. The other two groups of accessions were characterized with the fact that genotypes with high 1000 kernel weight through three years did not have high Hom and Sc indexes due to higher variability. The analysis of variance of the AMMI model revealed almost the equal contribution to the total variance for growing season conditions (34.02%), genotype (34.67%) and their interaction (31.32%). The identified features indicate both the significant genetic diversity presented in this panel of spring barley accessions and the significant influence of weather conditions on the formation of 1000 kernel weight, as well as the different reaction of genotypes on the conditions of individual years of the research. When using statistical parameters and visualizations of the GGE biplot, new spring barley genetic sources with the optimal combination of increased and stable the trait performance were identified. In particular, to improve 1000 kernel weight the accessions Sviatovit (UKR), Dar Nosivshchyny (UKR), Smaragd (UKR), Sunshine (DEU), Lilly (DEU), and Vladlen (KGZ) are recommended to use as parental components for two-rowed covered barley varieties, the accession NSGJ-1 (SRB) is for naked barley varieties, and Yerong (AUS) is for six-rowed barley varieties.

Key words: *Hordeum vulgare* L., 1000 kernel weight, ecological conditions, homeostatic, selection value, AMMI, GGE biplot.

Shevchyk V.¹, Tymochko I.², Solomakha I.² Influence of forest technical measures on the reproduction of rare phytorification in forest ecosystems of the Forest Steppe of Ukraine. Agroecological journal. 2021. No. 3. P. 91–97.

¹ *NSC «Institute of Biology and Medicine» Taras Shevchenko Nation University*

² *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

e-mail: i_solo@ukr.net

An interesting aspect is the issue of acquiring natural features by artificially created tree plantations on the territory of the forest steppe zone of Ukraine. This paper analyzes the conditions of emergence and formation of new habitats rare plant species populations in different types of artificial trees and shrubs of the Forest Steppe of Ukraine. Complexes of natural and anthropogenic factors of necessary conditions creation for realization of this process are defined. The peculiarities of the negative impact of various economic measures on the reduction of the number of individuals of sozophyte plants and even the disappearance of some of their populations are reflected. The peculiarities of the negative impact of various economic measures on the reduction of the sozophyte plants individuals' number and even the disappearance of some of their populations are reflected. To improve the protection of sozophytes in the forests of the forest steppe zone, it is advisable to review the implementation of certain methods of forest management measures. In particular, it is necessary to completely ban continuous felling in forests of natural origin and the allocation of biofields for natural reforestation. To improve the condition of forest coenoses of protective plantations, including field protective forest strips, it is necessary to conduct a series of experiments with the subsequent development of technology for their coenotic correction in order to increase the general ecological, including phytosociological, significance. The implementation of a set of phytomeliorative measures in the creation of protective forest plantations to some extent will help prevent possible climate change, local disasters and will have a positive impact on the processes of crop formation. The creation of sustainable forest plantations will allow the application of environmental protection measures using the regulatory and protective functions of forest ecosystems. Compliance with all these conditions will contribute to the manifestation of various environmental measures for the development and conservation of biological diversity.

Key words: protective forest plantations, forestry measures, rare plants.

Moroz V.¹, Stasyuk N.², Tymoshenko L.² Peculiarities of growth, development and climate-stabilizing significance of pine plantations of the Ukrainian

Carpathians. Agroecological journal. 2021. No. 3. P. 98–107.

¹ Polissya National University

² Institute of Agroecology and Nature Management of NAAS

e-mail: vera_moroz@ukr.net

Peculiarities of growth and development of pine forest plantations in the Ukrainian Carpathians by forestry districts: Precarpathian, Mountain Carpathian and Transcarpathian plains and foothills are determined. Mathematical dependences of pine growth and development on age, height and diameter are offered. According to the obtained mathematical empirical dependences, it was established that Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) grows and develops better in the Mountain Carpathian forest district. In the Mountain Carpathian Forestry County, the growth of pine is dominated by 2% for the Precarpathian forest district, and in Transcarpathian plains and foothills by 1%. By completeness in the Gorge of Cocarpathian forestry County, the diameter of the pine is higher than the Carpathian forest county on the 3%, and the Transcarpathian plains and the foothills – 1%. Using the Microsoft Excel data analysis package, correlation matrices were constructed and regression and variance analysis of such indicators as: age, height, diameter, phytomass – wood, bark, and crown was performed. Mathematical equations were obtained, which made it possible to establish the biological productivity of *Pinus sylvestris* L. Using the obtained empirical equations according to the methods of IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2015), G. Matthews (1993) and I.Ya. Liepa (1980) established the carbon-absorbing and oxygen-forming capacity of pine tree plantations at the age of 70 on an area of 1 ha. It is determined that on the area of 1 ha pine plantations absorb the most carbon – 88.9 tons, and produce oxygen – 262.2 tons in the Mountain Carpathian Forestry District, in the Precarpathian Forestry District 76.0 tons of carbon and 224.1 tons of oxygen, in the Transcarpathian plains and foothills Scots pine absorbs 69.5 tons of carbon and produces 204.9 tons of oxygen. The amount of CO₂ emissions into the environment in the conditions of the Ukrainian Carpathians is analyzed, it was established that pine forests reduce carbon dioxide emissions by 32%.

Key words: carbon, oxygen, phytomass, equations, CO₂.

Lazar O. Peculiarities in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) clones seeding on CSP (Cloning seed plantation) in western Polissya of Rivne region. Agroecological journal. 2021. No. 3. P. 108–118.

Rivne Minor Academy of Sciences of Students' Youth

e-mail: lena_rivne@ukr.net

The main purpose of seed orchards is to obtain regularly seeds of the highest genetic value for forest plantations. Long-term research in Ukraine and foreign experience show that there is a significant reduction in the cone yield on orchards that are over 26–28 years old even with free spacing of ramets. The aim of the study was to identify peculiarities in reproduction of Scots pine on Clonal Seed Orchards (CSO), based on comparison for performances of flowering intensity and seed production from different clones, their groups and CSO in Rivne region. The object of the study is the clonal seed orchards of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). The subject of research is the reproduction of clones on clonal seed orchards of Scots pine. The intensity of «flowering» and seeding of clones on CSO was determined by continuous list of each ramet. To assess the intensity of female «flowering», we determined the growth and the reproductive layer of the crown, the rank position of pine clones on plantations, which we divided into three groups: high, medium and weak. We analyzed the intensity of growth, «flowering» and seed production of Scots pine clones (*Pinus sylvestris* L.) for many years on the plantations of 1977 and 1984. At CSP of 1977, the «flowering» within clones is characterized by a mixed-sexual type; on the plantation of 1984, the most clones (54.2%) were dominated by female «flowering». The rate of microstrobiles formation in clones on the younger plantation (CSP-1984) is lower than the intensity of megastrobiles formation by 4.0%, while on the older one (1977), on the contrary, the intensity of microstrobiles formation was dominant by 118.2%. The average yield of strobiles from the number of megastrobiles on the CSP of 1977 and 1984 was 70.1 and 74.3%, respectively. The close correlations were found between the number of megastrobiles and the number of strobiles ($r = 0.94$ and 0.84). The variation in the number of strobiles per tree over the years of observation is quite high and varied in clones of 1977 from 40.2% in 2004 to 70.7 in 2003 and averaged 52.6%; clones of 1984 ranged from 43.6% in 2004 to 78.8% in 2005 and averaged 59.3%. The number of female strobiles for the six-year period at CSP of 1977 averaged 45.8% from the number of male ones; for three years – 4.0% in clones of 1984. Their number ranged from 25.5 to 61.3% in clones of 1977; in clones of 1984 – from 16.5 to 77.5%. Depending on the clone and the weather conditions of the growing season, the ratio between the number of female and male strobiles within each clone is from 29.8 to 166.7% on CSP of 1977 and from 49.4 to 1005.4% of 1984. The correlation between the number of mega- and microstrobiles on CSP of 1977 is weak ($r = 0.17$), and the ones of 1984 – high ($r = 0.77$). No dependences were found between the preservation of megastrobiles by their number (abundance of «flowering») in clones of 1984 and the average correlation ($r = 0.33$) was found in clones of 1977. According to long-term data on CSP of 1977, the most productive is clone No 22. The highest yield of strobiles from the number of megastrobiles

on the plantation of 1984 – in clone No 130 (88.1%), the lowest – No 121 (46.7%). Only two clones (No 22 and 97) and eight clones of 1984 (No 116, 118, 127, 129, 130, 137, 138, 139) are included into the group of clones of 1977 with abundant «flowering», harvest and high yield of strobiles). The clones that have the high and medium growth intensity, with high and medium flowering intensity, with high and medium yield of strobiles are perspective for seed plantations among the selected groups.

Key words: growth intensity, «flowering», megastrobiles, microstrobiles, strobiles, clones, plus trees, clonal seed orchards, Scots pine.

Egorov A.¹, Zhidok N.¹, Grischenko E.², Shabanova I.³ Influence of using fertilizers on fertility indices of sod-podzolic soils and productivity of short-term crop rotation of Polissya. Agroecological journal. 2021. No. 3. P. 119–126.

¹ *Institute of Agricultural Microbiology and Agricultural Production NAAS*

² *State Institution «Soils Protection Institute of Ukraine»*

³ *Chernihiv branch of State Institution «Soils Protection Institute of Ukraine»*

e-mail: Egorov_dom@ukr.net

The influence of litter manure and straw as fertilizers in pure form and in combination with manure, green manure and mineral fertilizers on the content of humus and basic nutrients in sod-podzolic soil has been studied. A significant effect on the change of humus content on sod-podzolic soils depending on fertilizer systems has been established. The highest indicators of humus content in the soil were found in the variants with 40 t/ha of manure, 0.97–1.14% and 1.17–1.23%, respectively, and straw 4 t/ha in combination with lupine green manure – 0.94–1.15% and 1.16–1.25%. The most significant increase in humus content per rotation was observed in sidereal crop rotation, against the background without fertilizers the indicator increased by 0.05–0.29%, against the background of $N_{40}P_{40}K_{120}$ application – by 0.03–0.21%, in crop rotation – 0.05–0.19% and 0.01–0.09%, respectively. Analyzing the dynamics of the content of easily hydrolyzed nitrogen, it was found that the greatest growth both at the beginning and at the end of crop rotation provided options with the introduction of 40 t/ha of manure (+69...+85 mg/kg of soil), 4 t/ha of straw with half dose of manure (+63...+82 mg/kg of soil) and straw with green manure (+71...+80 mg/kg of soil). The application of manure, straw and plowing of green manures contributed to the increase of the content of mobile phosphorus compounds from 9 to 69 mg/kg of soil on the background without fertilizers and 38 to 67 mg/kg of soil on the background $N_{40}P_{40}K_{120}$. The combination of straw with manure and straw with green manure for the application of mineral fertilizers helped to increase the content of

mobile phosphorus compounds to the level recorded in the variant for the application of 40 t/ha of manure, and in some versions of the experiment even exceed it. It was found that the deficit-free and positive balance of potassium for rotation of crop rotation and sidereal crop rotation was provided by variants with 4 t/ha of straw in combination with 20 t/ha of manure and 4 t/ha of straw in combination with lupine green manure against $N_{40}P_{40}K_{120}$. Balances and productivity of arable land use in short-rotation crop rotations of Polissya are calculated. In crop rotation, the humus balance is negative for the alienation of lupine green mass for fodder. Variants with application of 10 t/ha of crop rotation area of manure (–0.03 t/ha) and 1 t/ha of straw with half dose of manure (–0.1 t/ha) on the background of $N_{35}P_{35}K_{85}$ application allowed to get as close as possible to the deficit-free balance of humus. In sidereal crop rotation, a positive balance of humus is observed with the application of 10 t/ha of manure (+0.21...+0.29 t/ha), 1 t/ha of straw in combination with 5 t/ha of manure, 22 t/ha) and 1 t/ha of straw in combination with green manure (+0.09... +0.18 t/ha). Close to the deficit-free balance of humus is the option with the introduction of 1 t/ha of straw in its pure form. An alternative to manure in Polissya should be the use of straw in combination with green manure (including lupine), which will help preserve and reproduce the humus content in the soil, improve the balance of nutrients and increase the productivity of arable land in crop rotations.

Key words: soil, humus, mobile phosphorus compounds, mobile potassium compounds, crop rotation, humus balance, manure, straw, green manures, mineral fertilizers, fertilizer system.

Osadcha Yu. Hen reproductive function under the influence of technological stressor. Agroecological journal. 2021. No. 3. P. 127–134.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

e-mail: seledat@ukr.net

Modern industrial poultry enterprises use cage equipment for keeping laying hens, which is located in 12 and even 15 tiers, forming 4–5 floors. This makes it possible to increase the birds concentration in the poultry house by 4–5 times as compared to 3-tier cage batteries, and by 8–10 times as compared to the outdoor method of keeping. When using a 4–5 floors arrangement of cage batteries, the number of hens in one poultry house can reach 590 thousand birds. However, there are no data on the effect of such keeping on the physiological state of hens. Therefore, it is relevant to study the effect of the height of the cage battery on the reproductive function of laying hens of an industrial herd, which forms the efficiency of production of edible eggs. For this, in the conditions of a modern complex for the production of edible eggs, 4 groups of hens were formed, each of which was kept on a separate floor-analogue in area and

cage equipment, located in one poultry house. Each floor was equipped with 3-tier cage batteries: tiers 1–3 were part of the 1st floor, tiers 4–6 – on the 2nd, 7–9 tiers – on the 3rd, and tiers 10–12 – 4th floors of cage equipment. The reproductive function of hens was assessed by the egg production for the initial and middle hens, its intensity and the weight of eggs. The research results showed that the content of layers in the cages of the batteries of the second floor was accompanied by a slight decrease in the safety of livestock – by 0.2–0.5%, egg production per initial layer – by 1.9–2.2%, which led to a decrease in the gross production of eggs by 0.6–0.7 million eggs, egg mass – by 48.9–67.0 tons and a decrease in the European efficiency factor by 0.7–0.9 units. Whereas when keeping laying hens in the cages of batteries on the first floor, there was a decrease in preservation by

10.3–10.8%, egg production per initial hen – by 6.4–8.4% and body weight – by 7.5–8.1%, which led to a decrease in the gross production of eggs by 1.9–2.6 million pieces, egg mass – by 143.8–210.8 tons and a decrease in the level of the European coefficient of efficiency of egg production by 1.7–2.6 units. Thus, an increase in the layering of the cage equipment does not have a negative effect on hens reproductive function and the keeping of laying hens in the cages of the batteries of the first floor leads to the development of a stress state in them, which manifests itself in a decrease in the safety and deterioration of hens reproductive function, which leads to decrease in the efficiency of egg production.

K e y w o r d s: laying hens, egg production, safety, live weight, technological stressor, cage batteries.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Бабій Ольга Олегівна, Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН, с. Центральне, Обухівський р-н, Київська обл., Україна (e-mail: olha.gerste@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3395-3732>)

Бабікова Катерина Олександрівна, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: babikova.kateryna@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9726-0671>)

Білокінь Олена Анатоліївна, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: belokon.lena@ukr.net)

Бутурлим Діана Анатоліївна, Національний університет «Чернігівська політехніка» м. Чернігів, Україна (e-mail: dianabuturlym@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2970-3116>)

Василенко Надія Василівна, Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН, с. Центральне, Обухівський р-н, Київська обл., Україна (e-mail: vasylenkonv147@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4326-6613>)

Вдовиченко Андрій Васильович, кандидат сільськогосподарських наук, Сквирська дослідна станція органічного виробництва Інституту агроєкології і природокористування НААН, м. Сквиря, Київська обл., Україна (e-mail: vdovychenko.a@asnova.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8818-4155>)

Войтович Олександр Петрович, Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ, Україна (e-mail: aleksvoitovych@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1513-4744>)

Городиська Інна Миколаївна, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: anni0479@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1580-3450>)

Грищенко Олена Миколаївна, кандидат сільськогосподарських наук, Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України», м. Київ, Україна (e-mail: grischenkoel@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1241-7183>)

Гудзенко Володимир Миколайович, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН, с. Центральне, Обухівський р-н, Київська обл., Україна (e-mail: barley22@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9738-1203>)

Дем'янюк Олена Сергіївна, доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: demolena@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4134-9853>)

Демидов Олександр Анатолійович, доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспон-

дент НААН, Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН, с. Центральне, Обухівський р-н, Київська обл., Україна (e-mail: mwheats@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5715-2908>)

Дмитренко Ольга Василівна, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України», м. Київ, Україна (e-mail: ecolab23071964@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6945-7637>)

Драга Мар'яна Василівна, кандидат біологічних наук, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: m.draga@hotmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9456-4728>)

Дребот Оксана Іванівна, доктор економічних наук, професор, академік НААН, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: drebot_oksana@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2681-1074>)

Єгоров Олександр Васильович, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, м. Чернігів, Україна (e-mail: Egorov_dom@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8645-9661>)

Єременко Наталія Олексіївна, Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів, Україна (e-mail: eremenkon098@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2596-7958>)

Жидок Наталія Павлівна, Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, м. Чернігів, Україна (e-mail: Egorov_dom@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8617-8130>)

Жукова Ярослава Фідріхівна, кандидат біологічних наук, Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України», м. Київ, Україна (e-mail: yaroslava.f.zhukova@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2755-5431>)

Ільєнко Тетяна Володимирівна, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: tilienko@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5406-5449>)

Кирильчук Анжела Миколаївна, кандидат сільськогосподарських наук, Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України», смт Чабани, Фастівський р-н, Київська обл., Україна (e-mail: angela.kyrylchuk@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3948-5810>)

Ковальчук Володимир Павлович, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ, Україна (e-mail: volokovalchuk@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7570-1264>)

Крижанівський Андрій Богданович, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут прикладної біотехнології БТУ-Центр, с. Софіївська Борщівка, Києво-Святошинський р-н, Київська обл., Україна (e-mail: Andrew.506@ukr.net)

Крижко Анастасія Володимирівна, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна

Кучма Тетяна Леонідівна, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: tanyakuchma@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9328-5919>)

Лазар Олена Дмитрівна, Рівненська Мала академія наук учнівської молоді, м. Рівне, Україна (e-mail: lena_rovne@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6924-8050>)

Лисенко Анна Анатоліївна, Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН, с. Центральне, Обухівський р-н, Київська обл., Україна (e-mail: lisenkoana89@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2575-5720>)

Литвиненко Надія Михайлівна, Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України», м. Київ, Україна (e-mail: n_lit@ukr.net)

Ліщук Алла Миколаївна, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: lishchuk.alla.n@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8339-9365>)

Мороз Віра Василівна, кандидат сільськогосподарських наук, Поліський національний університет, м. Житомир, Україна (e-mail: vega_moroz@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1457-4641>)

Осадча Юлія Василівна, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна (e-mail: seledat@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4126-2456>)

Павліченко Алла Іванівна, Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН», смт Чабани, Києво-Святошинський р-н, Київська обл., Україна (e-mail: alladvd@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6930-2312>)

Петрищенко Сергій Станіславович, Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України», м. Київ, Україна (e-mail: sergijsps@ukr.net)

Поліщук Тетяна Петрівна, Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН, с. Центральне, Обухівський р-н, Київська обл., Україна (e-mail: polistchuk.tetiana@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9358-9181>)

Правдзіва Ірина Володимирівна, Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН, с. Центральне, Обухівський р-н, Київська обл.,

Україна (e-mail: irinapravdziva@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0808-1584>)

Рябуха Галина Ігорівна, кандидат економічних наук, Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів, Україна (e-mail: g.ryabukha@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2146-7489>)

Селінний Михайло Михайлович, кандидат економічних наук, доцент, Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів, Україна (e-mail: selm@meta.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-000-5682-7099>)

Соломаха Ігор Володимирович, кандидат біологічних наук, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: i_solo@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8853-2973>)

Стасюк Наталія Михайлівна, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: wien@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9184-4078>)

Тараріко Олександр Григорович, доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: tarariko@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5132-0157>)

Терновий Юрій Вікторович, кандидат сільськогосподарських наук, Сквирська дослідна станція органічного виробництва Інституту агроєкології і природокористування НААН, м. Сквиря, Київська обл., Україна (e-mail: ternowoj@i.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5829-5089>)

Тертична Ольга Василівна, доктор біологічних наук, старший науковий співробітник, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: olyater@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9514-2858>)

Тимочко Ігор Ярославович, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: i.tymochko@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9893-3869>)

Тимошенко Людмила Михайлівна, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, Україна (e-mail: pion060917@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4648-8307>)

Шабанова Ірина Ігорівна, Чернігівська філія Державної установи «Інститут охорони ґрунтів України», м. Чернігів, Україна (e-mail: chernigiv_grunt@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6128-0902>)

Шевчик Василь Леонович, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, Канівський природний заповідник ННЦ «Інститут біології та медицини» КНУ імені Тараса Шевченка, м. Канів, Черкаська обл., Україна (e-mail: shevwol@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5981-3776>)

ПРАВИЛА ДЛІА АВТОРІВ

Редакція «Агроекологічного журналу» приймає до розгляду оригінальні статті, підготовлені на високому науковому рівні, що мають важливе теоретичне, практичне значення та висвітлення результатів наукових досліджень вітчизняних та зарубіжних авторів. У журналі публікуються закінчені експериментальні і дослідні роботи, а також оглядові статті, які раніше не були надруковані за наступними напрямками: **актуальні проблеми екології, аграрні науки і продовольство, біологічні науки, економічні науки, лісове господарство, технологія виробництва та переробки продукції тваринництва.**

Подані статті мають бути структуровані відповідно до вимог ВАК України щодо наукових статей (Постанова Президії ВАК України від 15.01.2003 р. № 7-05/1), зокрема:

- постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями;
- аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання визначеної проблеми, і на які спирається автор;
- виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття;
- викладення основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів;
- висновки з дослідження і перспективи подальших розвідок у цьому напрямі.

Статті подають українською або англійською мовами. До статті додають анотації українською та англійською мовами обсягом 200–250 слів (1800–2000 знаків), ключові слова (5–10), що не дублюють назву, а також відомості про авторів (прізвища, ініціали, місце їх роботи/навчання).

Публікація англійською мовою приймається тільки за умови її професійного перекладу. За подачі англійського варіан-

ту, перекладеного з допомогою інтернет-перекладачів (напр., Google), матеріали будуть відхилені.

До розгляду приймаються наукові статті обсягом від 10 до 20 сторінок, включаючи всі матеріали (анотації, таблиці, рисунки та бібліографічні списки).

У тексті статті мають бути виділені розділи:

- «ВСТУП»,
- «АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ»
- «МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ»,
- «РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ»,
- «ВИСНОВКИ»,
- «ЛІТЕРАТУРА»,
- «REFERENCES».

Розділ «Аналіз останніх досліджень і публікацій», повинен розкрити стан досліджень проблеми у вітчизняній і світовій науковій літературі за останні 5 років.

В описі методики досліджень наводиться детальне викладення методів і методик з посиланням на першоджерело (схеми дослідів, повторність, методи лабораторного аналізу, методи статистичної обробки). Якщо в тексті є абрєвіатура, подавати її в дужках при першому згадуванні. Автори мають дотримуватися правильної галузевої термінології (див. ДСТУ, СОУ), терміни мають бути уніфікованими.

Викладення результатів досліджень має заключатись не в переказі змісту таблиць і рисунків, а у визначенні закономірностей, що з них випливають.

В обговоренні результатів слід показати причинно-наслідкові зв'язки між одержаними ефектами, порівняти одержані дані та показати їх новизну. Повторення одних

і тих самих даних у тексті, таблицях, графіках неприпустимо.

Література (до 20 джерел) мовою оригіналу оформлюється згідно із ДСТУ 8302:2015. Посилання на літературні джерела послідовно нумеруються арабськими цифрами в порядку появи у тексті статті і зазначаються у квадратних дужках.

References здійснюється відповідно до стандарту APA (American Psychological Association).

МАКЕТ СТОРІНКИ

Для оригінал-макета використовується формат паперу – А4, орієнтація – книжкова, поля з усіх сторін – 20 мм.

Гарнітури, розміри шрифтів та начертання:

- для заголовку статті та розділів: Times New Roman – 14 пт, напівжирний, прописні, великі літери;
- для УДК, основного тексту, анотацій, відомостей про авторів, підписів до рисунків та назв таблиць, літератури, references: Times New Roman – 14 пт;
- міжрядковий інтервал – 1,5; абзац – 1,25 см.

ТИПОГРАФСЬКІ ПОГОДЖЕННЯ ТА СТИЛІ

По центру у першому рядку сторінки вирівнюється тематична рубрика, до якої автор подав свою публікацію. Надалі індекс УДК набирається і вирівнюється за

лівим краєм. Заголовок статті набирається в наступному за УДК рядку і вирівнюється посередині. Потім вказують: прізвища, ініціали авторів, нижче – місце роботи/навчання, адреса електронної пошти, код ORCID автора (курсивом). Якщо автори з різних установ, після прізвища авторів та назв установ, у яких працюють/навчаються автори, слід проставити один і той самий верхній цифровий індекс. Далі розташовують анотацію та ключові слова мовою оригіналу статті (курсив); текст статті; відомості про авторів.

Таблиці мають бути виконані в Microsoft Office Word; *формули* – у редакторі формул MS Equation; *графіки* – у Microsoft Office Excel, *фотографії* – у форматі .jpg, .tif або надавати оригінали.

Також всі рисунки (графіки) додатково роздруковують на окремому аркуші – Microsoft Office Excel.

Всі ілюстрації треба подавати у чорнобілому варіанті або у градаціях сірого кольору.

Відповідальність за зміст статті несе автор. Рукописів редакція не повертає.

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ:

ІНСТИТУТ АГРОЕКОЛОГІЇ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ НААН,

вул. Метрологічна, 12, Київ-143, 03143
Довідки за телефоном: (044) 522-60-62.
E-mail: agroecojournal@ukr.net