

Уманський національний університет

ВІСНИК
Уманського національного
університету

№ 2



Видавничий дім
«Гельветика»
2025

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Головний редактор – Карпенко Віктор Петрович, доктор сільськогосподарських наук, професор, проректор з наукової та інноваційної діяльності Уманського національного університету, Україна

Члени редколегії:

Бальбіж Агнешка – доктор філософії, доцент кафедри садівництва Вроцлавського природничого університету, м. Вроцлав, Польща

Василишина Олена Володимирівна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри технології зберігання і переробки плодів та овочів Уманського національного університету, Україна

Васільєва Валентина – доктор наук, професор, завідувач лабораторії «Регулювання вираження гену» Інституту фізіології рослин та генетики Болгарської академії наук, м. Софія, Болгарія

Господаренко Григорій Миколайович – доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри агрохімії та ґрунтознавства Уманського національного університету, Україна

Калініченко Антоніна Володимирівна – доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри інженерії процесів Опольського університету, м. Ополе, Польща

Канлаянарат Сірічай – доктор наук, професор кафедри післязбиральної переробки сільськогосподарської продукції Технологічного університету Короля Монгкут у районі Тхонбурі, м. Бангкок, Таїланд

Костецька Катерина Василівна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри технології зберігання і переробки зерна Уманського національного університету, Україна

Любич Віталій Володимирович – доктор сільськогосподарських наук, доцент кафедри технології зберігання і переробки зерна Уманського національного університету, Україна

Мостов'як Іван Іванович – доктор сільськогосподарських наук, доцент кафедри захисту і карантину рослин Уманського національного університету, Україна

Пасічник Лідія Анатоліївна – доктор біологічних наук, старший науковий співробітник відділу фітопатогенних бактерій Ін-ту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, м. Київ, Україна

Патика Володимир Пилипович – доктор біологічних наук, професор, академік НААНУ, завідувач відділу фітопатогенних бактерій Ін-ту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, м. Київ, Україна

Поліщук Валентин Васильович – доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри садово-паркового господарства Уманського національного університету, Україна

Полторецький Сергій Петрович – доктор сільськогосподарських наук, декан факультету агрономії, професор кафедри рослинництва Уманського національного університету, Україна

Пьотр Хохура – доктор філософії, доцент кафедри садівництва Вроцлавського природничого університету, м. Вроцлав, Польща

Сонько Сергій Петрович – доктор географічних наук, професор кафедри екології та безпеки життєдіяльності Уманського національного університету, Україна

Сосна Іренеуш – доктор наук, професор кафедри садівництва Вроцлавського природничого університету, м. Вроцлав, Польща

Журнал ухвалено до друку Вченою радою
Уманського національного університету
10.11.2025, протокол № 4

Реєстрація суб'єкта у сфері друкованих медіа:
Рішення Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення № 1762 від 23.05.2024 року.
Ідентифікатор медіа R30-04659

Суб'єкт у сфері друкованих медіа:
Уманський національний університет (вул. Інститутська 1, м. Умань, Черкаська обл., 20301,
udau@dau.edu.ua, тел. (047) 443-20-11)

До 21 серпня 2025 р. журнал виходив під назвою «Вісник Уманського національного університету садівництва».

У зв'язку зі зміною назви журналу було внесено відповідні зміни до Реєстру суб'єктів у сфері медіа
Рішенням Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення № 1716 від 21.08.2025

На підставі наказу Міністерства освіти і науки України № 975 від 11.07.2019 р. (додаток 7) журнал внесений
до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б») у галузі Природничі науки (Е2 – Екологія), Виробництво та техно-
логії (Г13 – Харчові технології), Аграрні науки та продовольство (Н1 – Агрономія, Н3 – Садово-паркове господарство).

Офіційний сайт видання: www.visnyk-unaus.udau.edu.ua

Мови видання: українська, англійська

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

ISSN 2310-0478 (Online)

ISSN 2310-046X (Print)

© Уманський національний університет, 2025

ЗМІСТ

АГРОНОМІЯ

- А. А. Березовський**
ЧИСТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ФОТОСИНТЕЗУ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ГОЛОЗЕРНОГО
ЗА ДІЇ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ.....5
- В. П. Карпенко, Р. М. Притуляк**
МІКРОБІОТА РИЗОСФЕРИ ЧИНИ ПОСІВНОЇ
ЗА ВИКОРИСТАННЯ БІОНЕОСТИМУ І ВЕРМИСТИМУ Д.....10
- Я. Г. Цицюра**
ОЦІНКА ФІТОТОКСИЧНОСТІ
ТА МІКРОБІОЛОГІЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ҐРУНТУ ЗА СИСТЕМАТИЧНОГО
СИДЕРАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ РЕДЬКИ ОЛІЙНОЇ У СІВОЗМІНІ.....16

ЗАХИСТ І КАРАНТИН РОСЛИН

- А. А. Алексеева, К. К. Голобородько, І. А. Іванько, В.М. Ловинська, С. А. Ситник**
ФЛУОРЕСЦЕНЦІЯ ХЛОРОФІЛУ В ЛИСТКАХ РОСЛИН РОДУ *ACER* L.
ЗА ВПЛИВУ *SAWADAEA BICORNIS* (WALLR.) MIYABE.....30

САДІВНИЦТВО ТА ВИНОГРАДАРСТВО

- І. О. Федосій, І. М. Бобось, О. О. Комар**
СОРТОВІ ТА АГРОТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ КОРЕНЕПЛОДІВ
ДАЙКОНУ.....37

САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО

- А. Г. Булат**
ДОСЛІДЖЕННЯ ЗИМОСТІЙКОСТІ САДЖАНЦІВ *CATALPA BIGNONIOIDES* РІЗНОГО ВІКУ
В УМОВАХ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ.....46
- М. В. Швець, І. М. Кульбанська, О. Ю. Андреева, С. І. Матковська, М. М. Майстренко**
ОСОБЛИВОСТІ ФАЗ РОСТУ І РОЗВИТКУ РОСЛИН ДОСЛІДЖУВАНИХ СОРТІВ РОДУ
ТЮЛЬПАН (*TULIPA* L.) В УМОВАХ ЗАКРИТОГО ҐРУНТУ.....54

ЕКОЛОГІЯ

- О. П. Герасимчук**
ВПЛИВ ЕЛЕВАТОРНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ НА ЕКОЛОГІЧНУ СИТУАЦІЮ В УКРАЇНІ.....64
- Я. І. Залізняк, Н. О. Шевченко, А. В. Балабак**
ТЕХНОЕКОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ
НА РІЧКОВІ ЕКОСИСТЕМИ.....68

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

- Н. В. Голембовська, Т. В. Волхова**
КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА БІОЛОГІЧНОЇ ЦІННОСТІ, СПОЖИВЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ
ТА МІКРОСТРУКТУРИ ВЕГЕТАРІАНСЬКОГО МОРОЗИВА ФУНКЦІОНАЛЬНОГО
ПРИЗНАЧЕННЯ.....74

CONTENTS

A. A. Berezovskyi

NET PHOTOSYNTHETIC PRODUCTIVITY OF SPRING BARLEY UNDER THE ACTION OF BIOLOGICAL PREPARATIONS.....5

V. P. Karpenko, R. M. Prytuliak

MICROBIOTA OF THE RHIZOSPHERE OF THE SOWING ORDER FOR THE USE OF BIONEOSTIM AND VERMISTIM D.....10

Ya. H. Tsytsiura

ASSESSMENT OF SOIL PHYTOTOXICITY AND MICROBIOLOGICAL POTENTIAL UNDER SYSTEMATIC GREEN MANURING WITH OILSEED RADISH IN CROP ROTATION.....16

PLANT PROTECTION AND QUARANTINE

A. A. Alexeyeva, K. K. Holoborodko, I. A. Ivanko, V. M. Lovynska, S. A. Sytnyk

CHLOROPHYL FLUORESCENCE IN LEAVES OF PLANTS OF THE GENUS ACER L. UNDER THE INFLUENCE OF SAWADAEA BICORNIS (WALLR.) MIYABE.....30

HORTICULTURE AND VITICULTURE

I. O. Fedosiy, I. M. Bobos, O. O. Komar

VARIETAL AND AGROTECHNICAL ASPECTS OF QUALITY CONTROL OF DAIKON ROOT CROPS.....37

GARDENING AND LANDSCAPING

A. G. Bulat

STUDY OF WINTER HARDINESS OF CATALPA BIGNONIOIDES SEEDLINGS OF DIFFERENT AGES IN THE CONDITIONS OF THE LEFT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE.....46

M. V. Shvets, I. M. Kulbanska, O. Yu. Andreeva, S. I. Matkovska, M. M. Maistrenko

FEATURES OF THE GROWTH AND DEVELOPMENT PHASES OF PLANTS OF THE STUDIED VARIETIES OF THE GENUS TULIP (TULIPA L.) IN CLOSED SOIL CONDITIONS.....54

ECOLOGY

O. P. Herasymchuk

IMPACT OF THE ELEVATOR INDUSTRY ON THE ENVIRONMENTAL SITUATION IN UKRAINE.....64

Ya. I. Zalizniak, N. O. Shevchenko, A. V. Balabak

TECHNOECOLOGICAL ANALYSIS OF THE IMPACT OF INDUSTRIAL FACILITIES ON RIVER ECOSYSTEMS.....68

FOOD TECHNOLOGIES

N. V. Holembovska, T. V. Volkhova

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE BIOLOGICAL VALUE, CONSUMER PROPERTIES AND MICROSTRUCTURE OF VEGETARIAN ICE CREAM OF FUNCTIONAL PURPOSE.....74



А. А. Березовський
аспірант кафедри біології
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: radak7484402@ukr.net
orcid.org/0009-0003-5691-4311

ЧИСТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ФОТОСИНТЕЗУ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ГОЛОЗЕРНОГО ЗА ДІЇ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ

Наведено результати досліджень з вивчення розрізної та комплексної дії біологічних препаратів Біозлак (обробка насіння перед сівбою – 1,0; 1,25; 1,5 л/т) та Бактива (обприскування посівів – 250 г/га) на формування чистої продуктивності фотосинтезу посівів ячменю ярого голозерного сорту Натаір.

Дослідження виконували в польових та лабораторних умовах кафедри біології Уманського національного університету впродовж 2024 та 2025 років.

Польові дослідження закладали систематичним методом у триразовій повторності. Схема дослідження включала варіанти з обробкою насіння перед сівбою біологічним препаратом Біозлак у нормах 1,0; 1,25; 1,5 л/т, на фоні яких застосовували біологічний препарат Бактива в нормі 250 г/га. Насіння ячменю голозерного за добу до сівби обробляли вищевказаними нормами біологічного препарату Біозлак. На фонах обробки насіння ячменю голозерного Біозлаком посіви у фазу кущіння обприскували акумуляторним обприскувачем DS-3WF-3 біологічним препаратом Бактива в нормі 250 г/га із розрахунку витрати робочого розчину 200 л/га.

Чисту продуктивність фотосинтезу посівів розраховували за методикою О. О. Ничипоровича.

У результаті досліджень встановлено, що у 2024 та 2025 роках за передпосівної обробки насіння ячменю ярого голозерного біологічним препаратом Біозлак та по його фонах біологічним препаратом Бактива показники чистої продуктивності фотосинтезу зростали в середньому на 10–19%, що є свідченням позитивного впливу комплексного використання біологічних препаратів на проходження в рослинах ячменю ярого голозерного фізіологічних-біохімічних процесів, на фоні яких активізується наростання листового апарату рослин та проходження в них фотосинтетичних процесів. У середньому за роки досліджень найвищі показники чистої продуктивності фотосинтезу формувалися у міжфазний період «вихід в трубку-виколювання» у варіанті з передпосівною обробкою насіння біологічним препаратом Біозлак (1,5 л/т) з наступним посходовим внесенням біологічного препарату Бактива (250 г/га), де перевищення до контрольного варіанту складало за роками 19 і 16% відповідно.

Ключові слова: ячмінь ярий голозерний, біопрепарати, чиста продуктивність фотосинтезу.

A. A. Berezovskyi

Postgraduate student at the Department of Biology,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: radak7484402@ukr.net
orcid.org/0009-0003-5691-4311

NET PHOTOSYNTHETIC PRODUCTIVITY OF SPRING BARLEY UNDER THE ACTION OF BIOLOGICAL PREPARATIONS

The results of studies on the separate and combined effects of the biological products Biozlak (seed treatment before sowing – 1.0; 1.25; 1.5 l/t) and Baktiva (spraying crops – 250 g/ha) on the formation of net photosynthetic productivity of spring naked barley crops of the Natair variety.

The research was conducted in the field and laboratory conditions of the Department of Biology at Uman National University during 2024 and 2025.

Field experiments were conducted using a systematic method with three repetitions. The experimental design included variants with seed treatment before sowing with the biological product Biozlak at rates of 1.0, 1.25, and 1.5 l/t, against which the biological product Baktiva was applied at a rate of 250 g/ha. Naked barley seeds were treated with the above-mentioned rates of the Biozlak biological product one day before sowing. Against the background of treating naked barley seeds with Biozlak, the crops were sprayed in the tillering phase with a DS-3WF-3 battery sprayer with the biological product Baktiva at a rate of 250 g/ha, based on a working solution consumption rate of 200 l/ha.

The net photosynthetic productivity of crops was calculated using the method developed by O. O. Nychporovych.

Research has shown that in 2024 and 2025 when spring naked barley seeds were treated with the Biozlak biological product before sowing and with the Baktiva biological product as a background, the net photosynthetic productivity indicators increased by an average of 10–19% which is evidence of the positive effect of the complex use of biological preparations on the physiological and biochemical processes in spring naked barley plants, against which the growth of the leaf apparatus of

plants and the passage of photosynthetic processes in them are activated. On average over the years of research, the highest net photosynthetic productivity indicators were formed in the interphase period of 'emergence into the tube-ear emergence' in the variant with pre-sowing treatment of seeds with the biological product Biozлак (1.5 l/t) followed by post-emergence application of the biological product Baktiva (250 g/ha), where the excess over the control variant was 19 and 16% for the years, respectively.

Key words: spring naked barley, biological products, net photosynthetic productivity.

Постановка проблеми. Найважливішим фізіолого-біохімічним показником, який відображає продуктивність сільськогосподарських рослин та ефективність агротехнічних заходів у технологіях їх вирощування, є чиста продуктивність фотосинтезу. Дослідження впливу сучасних біологічних препаратів на фотосинтетичні процеси рослин дозволяють обґрунтувати спрямованість проходження продукційних змін від зовнішніх та внутрішніх чинників у рослинах з метою одержання найвищих урожаїв [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основними критеріями оцінки ефективності сучасних технологій у рослинництві мають бути їх ресурсозбережність і природоохоронність. Найважливішою особливістю таких технологій має стати біологізація окремих складових процесу вирощування сільськогосподарських культур [2].

Нині важливе значення у зростанні продуктивності агроценозів за технологій біологічного землеробства належить препаратам природного походження. Їх застосування дає можливість переважно регулювати фізіолого-біохімічні процеси в рослинному організмі, найповніше реалізувати потенційні можливості сорту, закладені в геномі природою та селекцією. Важливим аспектом дії біологічних препаратів є підвищення стійкості рослин до несприятливих чинників середовища – високіх і низьких температур, нестачі вологи, фітотоксичної дії пестицидів, ураження збудниками хвороб та шкідниками [3].

Встановлено, що продуктивність сільськогосподарських культур, у тому числі й ячменю голозерного, визначається інтенсивністю проходження фотосинтетичних процесів, тому чиста продуктивність фотосинтезу є важливим фізіологічним показником та індикатором їх проходження у рослинах [4].

Доведено, що на фоні дії біологічних препаратів активізується нагромадження рослинами хлорофілу, зростає їх біомаса та показники чистої продуктивності фотосинтезу посівів [5]. Це висвітлено в дослідженнях мікробного препарату Меланоріз (1,5 л/т) і регулятора росту рослин Агролайт (0,26 л/т) у посівах вівса голозерного [6], Радостиму (25 мл/га) – соняшнику [7], Біолану (10 мл/га) – тритикале озимого [8] та інших препаратів природного походження в посівах різних сільськогосподарських культурах [9, 10].

Позитивний вплив використання біологічних препаратів Байкал ЕМ-1 (20 мл/га) та Екозорф (200 г/га) був встановлений у посівах гречки: площа листків зростала до 43,2 і 50,5 тис./м²; вміст у них хлорофілу – 4–10%; чиста продуктивність фотосинтезу посівів – 3–11% [11].

Аналіз даних літератури [12–14] доводить, що біологічні препарати активізують поглинання рослинами азотвмісних сполук, завдяки чому листки набувають темно-зеленого забарвлення, при цьому площа листків зростає на 7–13%, чиста продуктивність фотосинтезу – 5–8%.

Таким чином, передумовою застосування біологічних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур має бути з'ясування механізмів їхньої дії на фізіолого-біохімічні, ростові та метаболічні процеси в рослинному організмі.

Мета статті – дослідити розрізнену й комплексну дію біологічних препаратів Біозлак (обробка насіння перед сівбою – 1,0; 1,25; 1,5 л/т) і Бактива (обприскування посівів – 250 г/га) на формування показників чистої продуктивності фотосинтезу посівів ячменю ярого голозерного.

Методика досліджень. Дослідження біологічних препаратів виконували в польових і лабораторних умовах кафедри біології Уманського національного університету впродовж 2024 та 2025 років. Дію біологічних препаратів Біозлак (*Pseudomonas aureofaciens* BS1393, титр $2,0 \times 10^9$ КУО/мл, виробник – ТОВ «БІОНАСЕРВІС ПЛЮС», Україна) та Бактива (*Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus Polymyxa*, *Bacillus lincheniformis*, *Pseudomonas fluorescens* – 1×10^8 КУО/г препарату, корисні гриби *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma reesei*, *Trichoderma viride*, *Gliocladium virens* – 1×10^8 спор/г препарату; *Ascochylium nodosum* – 5,1%, ТОВ «Хімагромаркетинг», Україна, виробник – ТОВ «Бактива», Німеччина) вивчали в посівах ячменю ярого голозерного сорту Натаір. Оригіном сорту є Носівська селекційно-дослідна станція Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла Національної академії аграрних наук України. Даний сорт ячменю ярого голозерного (*Hordeum vulgare* L. VAR. *Nudum*) має зернохарчове та кормове призначення.

Польові досліди закладали систематичним методом у триразовій повторності. Схема досліду включала варіанти з обробкою насіння перед сівбою біологічним препаратом Біозлак у нормах 1,0; 1,25; 1,5 л/т та застосуванням на їх фоні біопрепарату Бактива нормою 250 г/га. Насіння ячменю голозерного за добу до сівби обробляли біопрепаратом Біозлак. На фоні обробки насіння ячменю голозерного Біозлаком посіви у фазу куцнення обприскували акумуляторним ранцевим обприскувачем DS-3WF-3 біологічним препаратом Бактива в нормі 250 г/га із розрахунку витрати робочого розчину 200 л/га. Деталізацію схеми досліду приведено під рисунками.

Чисту продуктивність фотосинтезу посівів розраховували за методикою О. О. Ничипоровича

[15], враховуючи тривалість міжфазного періоду вихід в трубку ВВСН30 – виколошування ВВСН50.

Статистичну обробку даних виконували в програмі Microsoft Office Excel 2007 за методикою дисперсійного аналізу, описаною В. О. Єщенком та ін. [16].

Результати досліджень. Виконані польові та лабораторні дослідження показали, що у 2024 та 2025 роках за передпосівної обробки насіння ячменю ярого голозерного біологічним препаратом Біозлак з наступним застосуванням по його фонах біологічного препарату Бактива спостерігалось зростання показників чистої продуктивності фотосинтезу (рис. 1, 2). Проте, слід зазначити, що показники чистої продуктивності фотосинтезу у варіантах досліду 2024 року були вищими, що узгоджується з погодними умовами кращого вологозабезпечення рослин, ніж у 2025 році. Так, у 2024 році (рис. 1) за передпосівної обробки насіння біологічним препаратом Біозлак у нормі 1,0 л/т (Фон I) продуктивність фотосинтезу перевищувала варіант без застосування препаратів (контроль) на 0,22 г/м² за добу.

Передпосівна обробка насіння ячменю Біозлаком у нормах 1,25 і 1,5 л/т (Фон II, III) забезпечила зростання досліджуваного показника відносно контрольного варіанту на 0,32 та 0,38 г/м² за добу відповідно. Дещо нижчий показник чистої продуктивності фотосинтезу був відмічений у варіанті з посходовим внесенням біопрепарату Бактива у нормі 250 г/га, де перевищення відносно контролю складало 0,19 г/м² за добу. Разом з тим за внесення біологічного препарату Бактива по фоні I та II відмічено підвищення показника чистої

продуктивності фотосинтезу ячменю голозерного в порівнянні з контролем на 0,45 та 0,68 г/м² за добу, що може узгоджуватись з дією складових компонентів Біозлаку на формування більшої кореневої системи, менш ураженої патогенною мікробіотою, а звідси й на формування площі листової поверхні та вмісту хлорофілу й органічних речовин [1, 5, 8]. Однак, найвищі показники чистої продуктивності фотосинтезу формувались у варіанті досліду із застосуванням біологічного препарату Бактива (250 г/га), внесеного на фоні передпосівної обробки насіння біопрепаратом Біозлак у нормі 1,5 л/т (Фон III), де перевищення до контрольного варіанту становило 0,83 г/м² за добу.

У 2025 році дослідження була відмічена подібна залежність у формуванні показників чистої продуктивності фотосинтезу за дії біологічних препаратів (рис. 2): у варіанті із передпосівною обробкою насіння Біозлаком у нормах 1,0; 1,25; 1,5 л/т чиста продуктивність фотосинтезу перевищила контроль на 0,29; 0,32 0,41 г/м² за добу відповідно; за посходового застосування біопрепарату Бактива (250 г/га) – 0,19 г/м² за добу; у варіантах (Фон I–III) з наступним посходовим внесенням Бактива у нормі 250 мл/т чиста продуктивність фотосинтезу зростала до контролю на 0,46; 0,50; 0,61 г/м² за добу відповідно.

Висновки. Комплексне використання біологічних препаратів у посівах ячменю ярого голозерного забезпечує активізацію проходження фізіолого-біохімічних процесів у рослинах, на фоні яких зростає наростання листового апарату та синтез рослинами органічних речовин, що є визначальними показниками у формуванні чистої продуктивності фотосинтезу. У середньому за роки досліджень найвищі показники

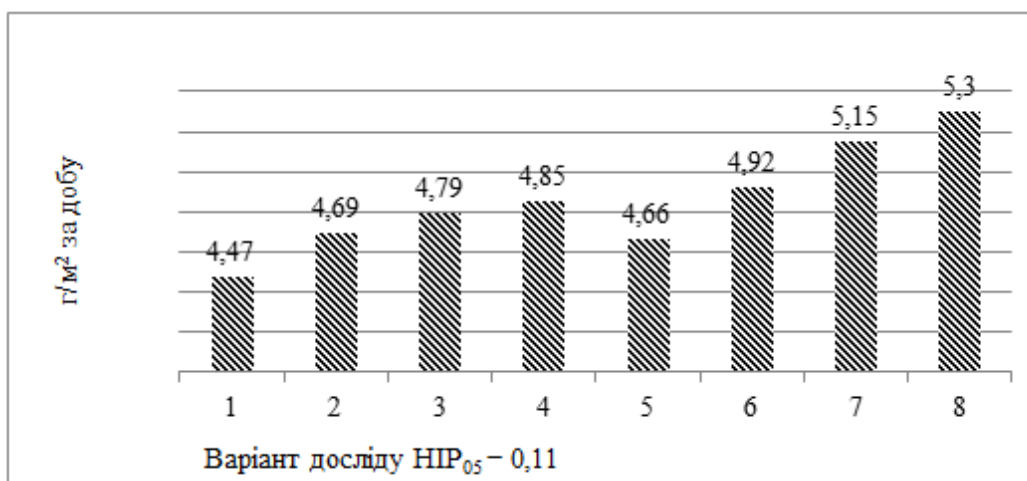


Рис. 1. Чиста продуктивність фотосинтезу посівів ячменю голозерного за використання біологічних препаратів (БП) Біозлак і Бактива, г/м² за добу (2024 р., фаза вихід в трубку-виколошування)

1. Без застосування препаратів (контроль); 2. БП Біозлак (1,0 л/т – обробка насіння) Фон I;
3. БП Біозлак (1,25 л/т – обробка насіння) Фон II; 4. БП Біозлак (1,5 л/т – обробка насіння) (Фон III);
5. БП Бактива (250 г/га – обробка вегетуючих рослин); 6. Фон I + БП Бактива 250 г/га;
7. Фон II + БП Бактива 250 г/га; 8. Фон III + БП Бактива 250 г/га.

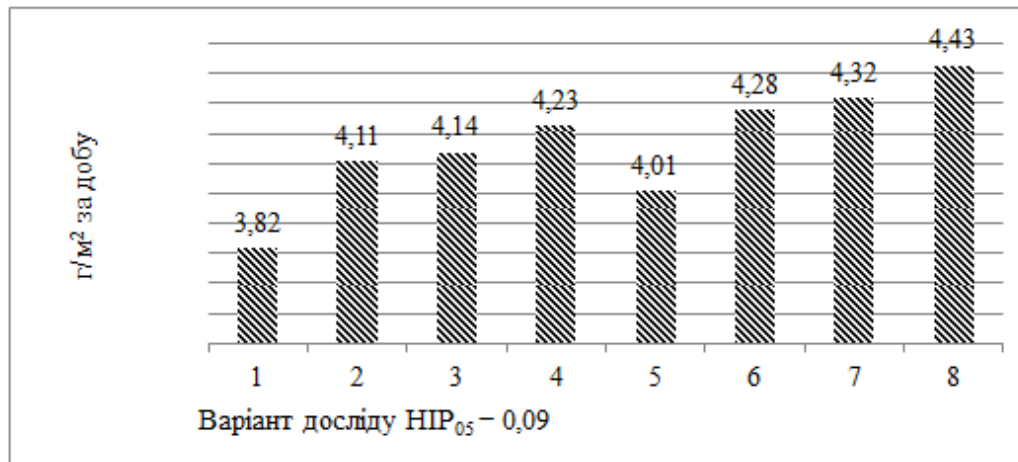


Рис. 2. Чиста продуктивність фотосинтезу посівів ячменю голозерного за використання біологічних препаратів (БП) Біозлак і Бактива, г/м² за добу (2025 р., фаза вихід в трубку-виколювання)

1. Без застосування препаратів (контроль); 2. БП Біозлак (1,0 л/т – обробка насіння) Фон I;
3. БП Біозлак (1,25 л/т – обробка насіння) Фон II; 4. БП Біозлак (1,5 л/т – обробка насіння) (Фон III);
5. БП Бактива (250 г/га – обробка вегетуючих рослин); 6. Фон I + БП Бактива 250 г/га;
7. Фон II + БП Бактива 250 г/га; 8. Фон III + БП Бактива 250 г/га.

чистої продуктивності фотосинтезу формувалися у варіанті з передпосівною обробкою насіння ячменю біологічним препаратом Біозлак (1,5 л/т) з наступним посходовим внесенням біологічного препарату Бактива (250 г/га), де перевищення контрольних показників за роки складало 16 і 19% відповідно.

Література

1. Карпенко В. П., Полторецький С. П., Припуляк Р. М. та ін. Елементи біологізації в рослинництві : рекомендації виробництву (монографія) ; за ред. В. П. Карпенка. Умань : Видавель «Сочинський М. М.», 2017. 112 с.
2. Karpenko V., Marchenko K. Productivity of hull-less oats under the effect of microbiological preparation and a plant growth regulator. *Acta Sci. Pol. Agricultura*. 2021. № 20 (3). P. 113–122. DOI: 10.37660/aspaagr.2021.20.3.3.
3. Авраменко С., Попов С., Цехмейструк М. Біостимулятори на озимій пшениці. *Агробізнес сьогодні*. № 7. 2012. С. 24–26.
4. Вожегова Р. А., Сергеев Л. А. Фотосинтетична діяльність насінневих посівів пшениці озимої залежно від удобрення та захисту рослин в умовах Півдня України. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2018. № 2 (72). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/viewFile/10644/9361>
5. Новікова Т. П. Фотосинтетична продуктивність посівів сочевиці за дії біологічних препаратів. *Наукові горизонти. Scientific Horizons*. Житомир. 2019. № 10 (83). С. 28–34.
6. Марченко К. Ю. Вміст хлорофілу та чиста продуктивність фотосинтезу вівса голозерного за дії біологічних препаратів. *Зрошуване землеробство : міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Херсон : Видавничий дім «Гельветика». 2022. Вип. 77. С. 62–67.

7. Грицаєнко З. М., Карпенко В. П., Підан Л. Ф. Пігментний комплекс соняшника за дії гербіциду Фюзилад Форте 150 і регулятора росту рослин Радостим. *Карантин і захист рослин*. 2016. № 4 (235). С. 1–3.

8. Припуляк Р. М., Березюк О. С., Грушка Т. В. Фотосинтетичний потенціал рослин тритикале озимого за дії гербіцидів різних хімічних класів і регулятора росту рослин Біолан. *Збірник студентських наукових праць Уманського національного університету садівництва, присвячений 160-річчю від дня народження видатного садівника В. В. Пашкевича*. Умань, 2017. Частина 2. С. 11–13.

9. Asada K. Radical production and scavenging in the chloroplasts. *Photosynthesis and the Environment*. Netherlands. Kluwer Acad. Publ. 2020. P. 123–150.

10. Карпенко В. П., Бойко Я. О. Стан пігментної системи гороху озимого за використання гербіциду МаксіМокс, регулятора росту рослин Агріфлекс Аміно та мікробного препарату Оптімайз Пульс. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 106. С. 79–87.

11. Тіней В. А. Інтенсифікація технологій вирощування гречки в умовах південно-західного Лісостепу України. *Автораф. дис. на здоб. наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 06.01.09. «Рослинництво»*. Подільський державний аграрний університет. Кам'янець-Подільськ. 2007. 19 с.

12. Рогач Т. І. Вплив суміші хлормекватхлориду і трептолему на морфогенез та продуктивність соняшнику. *Збірник наукових праць ВНАУ. Серія : Сільськогосподарські науки*. Вінниця. 2012. С. 121–127.

13. Miliuvienė L., Novickienė L., Jurevičius J. Oilseed rape growth regulation by compounds 3-DEC and 17-DMC. *Bot. Lithuan.* 2007. Vol. 13. № 2. P. 115–121.

14. Ткаліч Ю., Кохан А. Фізіологічно активні речовини в технології вирощування соняшнику. *Пропозиція*. 2011. № 5. С. 86–87.

15. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ : Нічлава. 2003. 320 с.

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

References

1. Karpenko V. P., Poltoretskyi S. P., Prytuliak R. M. та in. (2017). Elementy biolohizatsii v roslynnytstvi : rekomendatsii vyrobnytstvu (monohrafiia) ; za red. V. P. Karpenka. [Elements of biologisation in crop production: recommendations for production : monograph]. Uman : Vydavets «Sochinskyi M. M.». 112 s. [in Ukrainian].

2. Karpenko V., Marchenko K. (2021). Productivity of hulless oats under the effect of microbiological preparation and a plant growth regulator. *Acta Sci. Pol. Agricultura*. № 20 (3). P. 113–122. DOI: 10.37660/aspagr.2021.20.3.3.

3. Avramenko S., Popov S., Tsekhmeistruk M. (2012). Biostymulatory na ozymii pshenytsi. [Biostimulants on winter wheat]. *Ahrobiznes sohodni*. № 7. S. 24–26. [in Ukrainian].

4. Vozhehova R. A., Serhieiev L. A. (2018). Fotosyntetychna diialnist nasinnievkykh posiviv pshenytsi ozymoї zalezno vid udobrennia ta zakhystu roslyn v umovakh Pivdnia Ukrainy. [Photosynthetic activity of winter wheat seed crops depending on fertilisation and plant protection in southern Ukraine]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy*. № 2 (72). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/viewFile/10644/9361> [in Ukrainian].

5. Novikova T. P. (2019). Fotosyntetychna produktyvnist posiviv sochevytsi za dii biolohichnykh preparativ. [Photosynthetic productivity of lentil crops under the influence of biological preparations]. *Naukovi horyzonty. Scientific Horizons*. Zhytomyr. № 10 (83). S. 28–34. [in Ukrainian].

6. Marchenko K. Yu. (2022). Vmist khlorofilu ta chysta produktyvnist fotosyntezy vivsa holozernoho za dii biolohichnykh preparativ. [Chlorophyll content and net photosynthetic productivity of naked oats under the influence of biological preparations]. *Zroshuvane zemlerobstvo : mizhvidomchyi tematychni naukovyi zbirnyk*. Kherson : Vydavnychiy dim «Helvetyka». Vyp. 77. S. 62–67. [in Ukrainian].

7. Hrytsaienko Z. M., Karpenko V. P., Pidan L. F. (2016). Pihmentnyi kompleks soniashnyka za dii herbicydu Fiuzyld Forte 150 i rehuliatora rostu roslyn Radostym. [Pigment complex of sunflower under the action of the herbicide Fusilad Forte 150 and the plant growth regulator Radostim]. *Karantyn i zakhyst roslyn*. № 4 (235). S. 1–3. [in Ukrainian].

8. Prytuliak R. M., Bereziuk O. S., Hrushka T. V. (2017). Fotosyntetychnyi potentsial roslyn trytykale ozymoho za dii herbicydiv riznykh khimichnykh klasiv i rehuliatora rostu roslyn Biolan. [Photosynthetic potential of winter triticale plants under the action of herbicides of various chemical classes and the plant growth regulator Biolane]. *Zbirnyk studentskykh naukovykh prats Umanskooho natsionalnoho universytetu sadivnytstva, prysviachenyi 160-richchiu vid dnia narodzhennia vydatnoho sadivnyka V. V. Pashkevycha*. Uman. Chastyna 2. S. 11–13. [in Ukrainian].

9. Asada K. (2020). Radical production and scavenging in the chloroplasts. *Photosynthesis and the Environment*. Netherlands. Kluwer Acad. Publ. P. 123–150.

10. Karpenko V. P., Boiko Ya. O. (2019). Stan pihmentnoi systemy horokhu ozymoho za vykorystannia herbicydu Maksimoks, rehuliatora rostu roslyn Ahrifleks Amino ta mikrobnoho preparatu Optimaiz Puls. [The state of the pigment system of winter peas when using the herbicide MaxiMox, the plant growth regulator AgriFlex Amino, and the microbial preparation Optimize Pulse]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. № 106. S. 79–87. [in Ukrainian].

11. Tinei V. A. (2007). Intensyfikatsiia tekhnolohii vyroshchuvannia hrechky v umovakh pivdenno-zakhidnoho Lisostepu Ukrainy. [Intensification of buckwheat cultivation technologies in the south-western forest-steppe zone of Ukraine]. *Avtoref. dys. na zdob. nauk. stupenia kand. s.-h. nauk : spets. 06.01.09. «Roslynnytstvo»*. Podilskiy derzhavnyi ahrarnyi universytet. Kamianets-Podilsk. 19 s. [in Ukrainian].

12. Rohach T. I. (2012). Vplyv sumishi khlormekvatkhloroydu i treptolemu na morfohenez ta produktyvnist soniashnyku. [The effect of a mixture of chlormequat chloride and treptol on the morphogenesis and productivity of sunflowers]. *Zbirnyk naukovykh prats VNAU. Seriia : Silskohospodarski nauky*. Vinnytsia. S. 121–127. [in Ukrainian].

13. Miliuvienė L., Novickienė L., Jurevičius J. (2007). Oilseed rape growth regulation by compounds 3-DEC and 17-DMC. *Bot. Lithuan*. Vol. 13. № 2. P. 115–121.

14. Tkalic Yu., Kokhan A. (2011). Fiziolohichno aktyvni rechovyny v tekhnolohii vyroshchuvannia soniashnyku. [Physiologically active substances in sunflower cultivation technology]. *Propozytsiia*. № 5. S. 86–87. [in Ukrainian].

15. Hrytsaienko Z. M., Hrytsaienko A. O., Karpenko V. P. (2003). Metody biolohichnykh ta ahrokhimichnykh doslidzhen roslyn i gruntiv. [Methods of biological and agrochemical research of plants and soils]. Kyiv : Nichlava. 320 s. [in Ukrainian].

16. Yeshchenko V. O., Kopytko P. H., Opryshko V. P., Kostohryz P. V. (2005). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii. [Basics of scientific research in agronomy]. Za red. V. O. Yeshchenka. K. : Diia. 288 s. [in Ukrainian].

Дата першого надходження рукопису до видання: 25.09.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 30.10.2025

Дата публікації: 28.11.2025

**В. П. Карпенко**

доктор сільськогосподарських наук, професор,
проректор з наукової та інноваційної діяльності,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: v-biology@ukr.net
orcid.org/0000-0001-5607-7371

**Р. М. Притуляк**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри біології,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: radak7484402@ukr.net
orcid.org/0000-0001-7572-6904

МІКРОБІОТА РИЗОСФЕРИ ЧИНИ ПОСІВНОЇ ЗА ВИКОРИСТАННЯ БІОНЕОСТИМУ І ВЕРМИСТИМУ Д

Наведено результати досліджень з вивчення дії біопрепарату Біонеостим (1,0 л/т) і регулятора росту рослин Вермистим Д (обробка насіння перед сівбою – 7,0 л/т л/т, обприскування посівів – 8,0 л/т л/га) на чисельність окремих груп мікробіоти ризосфери чини посівної (амоніфікувальної, нітрифікувальної і целюлозолітичної груп).

Дослідження виконували в польових умовах кафедри біології Уманського національного університету із закладкою дослідів систематичним методом. Повторність – триразова. Схема дослідів включала варіанти з обробкою насіння перед сівбою Біонеостимом у нормі 1,0 л/т окремо й сумісно з Вермистимом Д (7,0 л/т – обробка насіння та 8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин). Насіння чини посівної за добу до сівби обробляли окремо і сумішшю Біонеостиму і Вермистиму Д. На фоні обробки насіння чини посівної Біонеостимом і Вермистимом Д посіви у фазу стеблуння обприскували регулятором росту рослин Вермистим Д у нормі 8,0 л/га.

Чисельність мікробіоти у ризосфері чини посівної обліковували у фазу цвітіння–утворення бобів. Проби ґрунту відбирали у відповідності до загальноприйнятих методик. Кількісний облік амоніфікувальних, нітрифікувальних та целюлозолітичних мікроорганізмів виконували на елективних середовищах, прописаних у відповідних методиках. Чисельність мікроорганізмів виражали в колонієутворюючих одиницях – тис. в 1 г абсолютно сухого ґрунту.

Результати досліджень з вивчення дії біопрепарату Біонеостим, внесеного за різних способів застосування регулятора росту рослин Вермистим Д, на чисельність основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів у ризосфері чини посівної, засвідчили залежність їх розвитку від комбінації препаратів, погодних умов та фізіологічних особливостей окремих груп бактерій. Проте найбільшу стимулювальну дію препаратів на розвиток ризосферної мікробіоти відмічено за сумісного використання для обробки насіння перед сівбою біопрепаратом Біонеостим і регулятором росту рослин Вермистим Д з наступним обприскуванням вегетуючих рослин Вермистимом Д. Дана композиція забезпечила зростання у ризосфері чини посівної чисельності амоніфікувальних бактерій на 13–61%, нітрифікувальних – 26–62%, целюлозолітичних – 40–53%. Зростання чисельності окремих груп мікроорганізмів у ризосфері чини посівної за поєданого використання біологічних препаратів узгоджується з активним проходженням фізіологічних та біохімічних процесів у рослинах, завдяки яким збільшується надходження у ризосферу кореневих виділень, які є живильним субстратом для мікробіоти.

Ключові слова: мікробіота, чина посівна, біологічні препарати.

V. P. Karpenko

Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Vice-Rector for Scientific and Innovative Activities,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: v-biology@ukr.net
orcid.org/0000-0001-5607-7371

R. M. Prytuliak

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Biology,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: radak7484402@ukr.net
orcid.org/0000-0001-7572-6904

MICROBIOTA OF THE RHIZOSPHERE OF THE SOWING ORDER FOR THE USE OF BIONEOSTIM AND VERMISTIM D

The results of studies on the effect of the biological preparation Bioneostim (1.0 l/t) and the plant growth regulator Vermistim D (seed treatment before sowing – 7.0 l/t l/t, spraying of crops – 8.0 l/t l/ha) on the number of individual groups of microbiota of the rhizosphere of the seed bed (ammonifying, nitrifying, cellulolytic groups) are presented.

The research was carried out in the field conditions of the Department of Biology of the Uman National University with the bookmark of researchers by a systematic method. Repetition – three times. The research scheme included options with pre-sowing treatment with Bioneostim at a rate of 1.0 l/t separately and in combination with Vermistim D (7.0 l/t – treatment and 8.0 l/ha – treatment of vegetative plants). The seeds of the seeding row one day before sowing were treated separately and with a mixture of Bioneostim and Vermistim D. Against the background of the treatment of the seeding row with Bioneostim and Vermistim D, the crops in the stemming phase were sprayed with the plant growth regulator Vermistim D at a rate of 8.0 l/ha.

The number of microbiota in the rhizosphere of the seed coat was recorded in the flowering–bean formation phase. Soil samples were taken in accordance with generally accepted methods. Quantitative counting of ammonifying, nitrifying and cellulolytic microorganisms was performed on selective media prescribed in the relevant methods. The number of microorganisms was expressed in colony-forming units in 1 g of absolutely dry soil.

The results of studies on the effect of the biopreparation Bioneostim, applied in different ways of applying the plant growth regulator Vermistim D, on the number of the main ecological and trophic groups of microorganisms in the rhizosphere of the seedbed, showed the dependence of their development on the combination of drugs, weather conditions and physiological characteristics of individual groups of bacteria. However, the greatest stimulating effect of drugs on the development of rhizosphere microbiota was observed when the biopreparation Bioneostim and the plant growth regulator Vermistim D were used together for seed treatment before sowing with the subsequent spraying of vegetative plants with Vermistim D. This composition provided an increase in the number of ammonifying bacteria in the rhizosphere of the seedbed by 13–61%, nitrifying bacteria by 26–62%, and cellulolytic bacteria by 40–53%. The increase in the number of individual groups of microorganisms in the rhizosphere of the seed bed with the combined use of biological preparations is consistent with the active course of physiological and biochemical processes in plants, due to which the influx of root secretions into the rhizosphere increases, which are a nutrient substrate for the microbiota.

Key words: microbiota, sowing rank, biological preparations.

Постановка проблеми. Мікробіота відіграє надзвичайно велике значення у відновленні родючості ґрунту, збереженні гомеостазу та підтриманні екологічної рівноваги ґрунтової екосистеми [1, 2]. Разом з тим за зростання обсягів використання у сільськогосподарському виробництві хімічних речовин, мікробні угруповання зазнають все більшого негативного впливу. Тому вивчення структури і складу мікробних угруповань є фундаментальним завданням у з'ясуванні проблем спрямованості проходження біологічних процесів у ґрунті з метою біологізації технологій вирощування сільськогосподарських культур [3, 4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

За даними досліджень [5–7], сучасні біопрепарати значно впливають на ростові процеси сільськогосподарських рослин в різні фази їх розвитку, зумовлюючи перерозподіл асимілятів, від яких залежить розвиток ризосферної мікробіоти.

Доведено [8], що інокуляція насіння чини посівної біопрепаратом Ризогумін сприяє кращому розвитку мікробіоти, в тому числі симбіотичної – маса бульбочок становила 24,2 шт./рослину і 1,01 г/рослину (контроль – 15,4 шт./рослину і 0,6 г/рослину), що забезпечувало зростання урожайності на 0,48 т/га, висоти рослин – 4,5 см, кількості бобів – 3 шт./рослину, маси насіння – 1,1 г/рослину, маси 1000 насінин – 13,3 г відносно контрольного варіанту, де біопрепарат не застосовували.

За даними авторів [9–11], застосування регуляторів росту рослин у посівах гороху, сої, квасолі, ячменю і злакових кормових трав сприяє суттєвій активізації симбіотичної та асоціативної азотфіксації.

З'ясовано, що ризосфера рослин забезпечує мікробіоту ексудатами (карбогідрати, амінокислоти, органічні кислоти, флаваноїди,

глюкозинолати, ауксини тощо) та кореневими залишками [12], водночас мікроорганізми продукують низку фітогормонів та інших біологічно-активних речовин, які пригнічують ґрунтових патогенів та підвищують доступність для рослин поживних речовин [13, 14].

На жаль, нині дія біопрепаратів та регуляторів росту рослин на стан ґрунтової мікробіоти є вивченою недостатньо, особливо в посівах чини посівної, що й склало основу даних досліджень.

Мета статті – з'ясувати вплив біопрепарату Біонеостим (1,0 л/т) і регулятора росту рослин Вермистим Д (обробка насіння перед сівбою – 7,0 л/т л/т, обприскування посівів – 8,0 л/т л/га) на чисельність окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів у ризосфері чини посівної (амоніфікувальні, нітрифікувальні і целюлозолітичні).

Методика досліджень. Польові дослідження проводили систематичним методом в сівозміні кафедри біології дослідного поля Уманського національного університету впродовж 2024 і 2025 років. Дію біопрепарату (БП) Біонеостим (N, P₂O₅, K₂O, Mg, Mn, CaO, S, B, Mo, Fe, Cu, Zn, водорозчинні гумінові речовини – 0,25–20 г/л, *Pseudomonas sp.* D-1, *Paenibacillus polymyxa* 5, *Trichoderma sp.* D-1 – 1,0×10⁵–1,0×10⁶ КУО/см³, виробник – Перфект Агро, ТОВ, Україна) і регулятора росту рослин (PPP) Вермистим Д (амінові, гумінові, специфічні білкові і фульвокислоти, вітаміни, фітогормони, бактерії: *Lactobacillus plantarum* (>100 тис), *Lactobacillus casei* (>10 тис), *Rhodopseudomonas palustris* (>10 тис), *Saccharomyces cerevisiae* (>10 тис), виробник – Біоконверсія, ПП, Україна) вивчали в посівах чини посівної сорту Іволга.

Схема дослідження включала варіанти у трьохразовій повторності з обробкою насіння перед сівбою біопрепаратом Біонеостим у нормі 1,0 л/т окремо

й сумісно з регулятором росту рослин Вермистим Д нормі (7,0 л/т – обробка насіння та 8 л/га – обробка вегетуючих рослин). Насіння чини посівної за добу до сівби обробляли біопрепаратом, регулятором росту рослин та їх сумішами. На фоні обробки насіння чини посівної Біонеостимом і Вермистимом Д посіви у фазу стеблуння обприскували обприскувачем DS-3WF-3 регулятором росту рослин Вермистим Д у нормі 8,0 л/га із розрахунку витрати робочої суміші 200 л/га. Деталізовану схему досліджуваної роботи приведено у таблицях.

Чисельність мікробіоти у ризосфері чини посівної обліковували у фазу цвітіння–утворення бобів. Проби ґрунту відбирали у відповідності до загальноприйнятих методик [15]. Кількісний облік амоніфікувальних, нітрифікувальних та целюлозолітичних мікроорганізмів виконували на елективних середовищах, прописаних у відповідних методиках [15, 16]. Чисельність мікроорганізмів виражали в колонієутворюючих одиницях – тис. в 1 г абсолютно сухого ґрунту.

Результати досліджень. Результати досліджень з вивчення дії БП Біонеостим, внесенного за різних способів застосування PPP Вермистим Д, на чисельність основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів у ризосфері чини посівної, засвідчили залежність їх розвитку від комбінації препаратів, погодних умов та фізіологічних особливостей окремих груп бактерій (табл. 1). Так, у 2024 році у фазі цвітіння–утворення бобів у варіантах, де використовували для передпосівної обробки насіння чини біопрепарат Біонеостим у нормі 1,0 л/т кількість амоніфікувальних бактерій перевищувала контроль на 30%. Вищою кількістю даних бактерій також була у варіантах із сумісним використанням для передпосівної обробки насіння Біонеостиму (1,0 л/т) з PPP Вермистим Д у нормі 7,0 л/т, перевищення до контролю складало 33%.

Використання PPP Вермистим Д у нормі 8,0 л/га на фоні дії Біонеостиму (1,0 л/т) зумовлювало зростання чисельності амоніфікувальних бактерій

у відношенні до варіанту із передпосівною обробкою насіння сумішшю біопрепаратів на 18 тис. клітин/г ґрунту, до контролю – 68 тис. клітин/г ґрунту. Найбільшу кількість досліджуваних бактерій виявлено в разі поєданого застосування передпосівної обробки насіння сумішшю Біонеостиму і Вермистиму Д з наступним обприскуванням вегетуючих рослин Вермистимом Д: у варіанті Фон III + PPP Вермистим Д (8 л/га) чисельність амоніфікувальних мікроорганізмів перевищила показники контролю на 92 тис. клітин/г ґрунту; в порівнянні з варіантом БП Біонеостим Фон I + PPP Вермистим Д Фон II (Фон III) – 42 тис. клітин/г ґрунту.

Дослідження амоніфікувальних бактерій у 2025 р. (табл. 2) продемонструвало зниження їх чисельності за збереження подібної залежності розвитку мікробіоти від норм та способів внесення Біонеостиму і Вермистим Д. Найбільшу кількість амоніфікувальних бактерій було відмічено у варіантах із застосуванням для обробки насіння перед сівбою суміші Біонеостиму в нормі 1,0 л/т з Вермистимом Д у нормі 7,0 л/т з наступною обробкою посівів Вермистимом Д у нормі 8,0 л/га, що забезпечило перевищення показників контролю на 41 тис. клітин/г ґрунту, а варіанту з обробкою насіння перед сівбою сумішшю Біонеостиму з Вермистимом Д – на 20 тис. клітин/г ґрунту.

Подібною була дія досліджуваних препаратів на ріст і розвиток у ризосфері чини посівної нітрифікувальних бактерій. У 2024 та 2025 рр. за передпосівної обробки насіння чини біопрепаратом Біонеостим чисельність нітрифікувальних бактерій збільшилася на 26% та на 11% відповідно до років. За сумісного використання препаратів для передпосівної обробки насіння відмічено активізацію росту цих бактерій до 33% і 15% відповідно рокам досліджень.

Найвищий показник росту даних бактерій відмічено за передпосівної обробки насіння сумішшю препаратів Біонеостим у нормі 1,0 л/т і Вермистим

Таблиця 1

Кількість еколого-трофічних груп мікроорганізмів у ризосфері чини посівної за використання БП Біонеостим і PPP Вермистим Д (цвітіння–утворення бобів, 2024 р.)

Варіант досліджу	Амоніфіку-вальні, тис. клітин/г ґрунту	Нітрифіку-вальні, тис. клітин/г ґрунту	Целюлозо-літичні, тис. клітин/г ґрунту
Без застосування препаратів (контроль)	151	39	172
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон I	196	49	208
PPP Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон II	183	45	197
БП Біонеостим Фон I + PPP Вермистим Д Фон II (Фон III)	201	52	219
PPP Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	178	42	183
Фон I + PPP Вермистим Д (8,0 л/га)	219	59	242
Фон II + PPP Вермистим Д (8,0 л/га)	202	54	226
Фон III + PPP Вермистим Д (8,0 л/га)	243	63	263
НІР05	10,2	2,1	5,1

Кількість основних еколого-трофічних груп мікроорганізмів у ризосфері чини посівної за використання БП Біонеостим і РРР Вермистим Д (фаза цвітіння–утворення бобів, 2025 р.)

Варіант досліджу	Амоніфікувальні, тис. клітин/г ґрунту	Нітрифікувальні, тис. клітин/г ґрунту	Целюлозолітичні, тис. клітин/г ґрунту
Без застосування препаратів (контроль)	125	27	159
БП Біонеостим (1,0 л/т – обробка насіння) Фон I	141	30	176
РРР Вермистим Д (7,0 л/т – обробка насіння) Фон II	136	28	167
БП Біонеостим Фон I + РРР Вермистим Д Фон II (Фон III)	146	31	191
РРР Вермистим Д (8,0 л/га – обробка вегетуючих рослин)	134	28	164
Фон I + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	161	32	213
Фон II + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	151	31	199
Фон III + РРР Вермистим Д (8,0 л/га)	166	34	223
НІР05	5,7	0,9	6,9

Д у нормі 7,0 л/т з наступним обприскуванням посівів Вермистимом Д у нормі 8,0 л/га – 62 і 26% відповідно до років досліджень.

Зростання чисельності окремих груп мікроорганізмів у ризосфері чини посівної за поєданого використання біологічних препаратів узгоджується з активним проходженням фізіологічних та біохімічних процесів у рослинах, завдяки яким збільшується надходження у ризосферу корневих виділень, які є живильним субстратом для мікробіоти [6, 7].

Стосовно розвитку целюлозолітичних бактерій, то у 2024 році за передпосівної обробки насіння чини посівної біопрепаратом Біонеостим їх чисельність збільшувалася у фазу цвітіння–утворення бобів на 21%. За використання суміші Біонеостиму (1,0 л/т) з Вермистимом Д (7,0 л/т) чисельність целюлозолітичних бактерій збільшилась на 27%. За передпосівної обробки насіння сумішшю препаратів Біонеостим у нормі 1,0 л/т і Вермистим Д у нормі 7,0 л/т з наступним обприскуванням посівів Вермистимом Д у нормі 8,0 л/га їх чисельність перевищила контроль на 53%.

У 2025 році розвиток целюлозолітичних бактерій засвідчив зниження їх кількості у порівнянні з 2024 р.: за передпосівної обробки насіння чини БП Біонеостим (1,0 л/т) чисельність целюлозолітичних бактерій збільшувалася на 17 тис. клітин/г ґрунту; за використання суміші Біонеостиму з Вермистим Д (7,0 л/т) – на 32 тис. клітин/г ґрунту; найвищу чисельність даних бактерій було відмічено за передпосівної обробки насіння сумішшю препаратів Біонеостим у нормі 1,0 л/т і Вермистим Д у нормі 7,0 л/т з наступним обприскуванням посівів Вермистимом Д у нормі 8,0 л/га – перевищення контролю склало 64 тис. клітин/г ґрунту.

Висновки. Досліджувані препарати демонструють позитивний вплив на ріст і розвиток у ризосфері чини посівної амоніфікувальних, нітрифікувальних та целюлозолітичних мікроорганізмів. Найбільший стимулювальний ефект від дії препаратів на розвиток ризосферної

мікробіоти відмічено за сумісного використання для обробки насіння перед сівбою БП Біонеостим (1,0 л/т) і РРР Вермистим Д (7,0 л/т) з наступним обприскуванням вегетуючих рослин Вермистимом Д (8,0 л/га). Дана композиція забезпечила зростання в ризосфері чини посівної амоніфікувальних бактерій на 13–61%, нітрифікувальних – 26–62%, целюлозолітичних – 40–53%.

Література

- Патика В. П., Макаренко Н. А., Моклячук Л. І. [та ін.]. Агроекологічна оцінка мінеральних добрив та пестицидів : монографія; за ред. В. П. Патики. К. : Основа, 2005. 300 с.
- Kumar A., Nayak A. K., Shukla A. K., Panda B. V., Raja R., Shahid M., Tripathi R., Mohanty S., Rath P. C. Microbial biomass and carbon mineralization in agricultural soils as affected by pesticide addition. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 2012. № 88 (4). P. 538–542.
- Карпенко В. П., Питуляк Р. М. Формування ризобіального апарату чини посівної за дії біологічних препаратів. Тези доповідей XVI з'їзду Товариства мікробіологів Україну ім. С. М. Виноградського, 2–6 червня 2025 р. Київ, 2025. С. 36.
- Arora S., Sahni D. Pesticides effect on soil microbial ecology and enzyme activity – An overview. *J App. Nat. Sci.* 2016. № 8 (2). P. 1126–1132.
- Фурдичко О. І. Агроекологія : монографія. К. : Аграрна наука. 2014. 400 с.
- Біологізована технологія вирощування нуту : монографія / В. П. Карпенко, І. І. Мостов'як, О. О. Коробко, Р. М. Питуляк ; за редакцією І. І. Мостов'яка. Умань : ВПЦ «Візаві», 2021. 125 с.
- Карпенко В. П., Грицаєнко З. М., Івасюк Ю. І. Симбіотичний стан посівів сої за дії біологічно активних речовин. *Вісник Уманського національного університету садівництва.* 2015. № 2. С. 13–16.
- Данильченко О. М., Коваленко І. М., Бутенко А. О. Продуктивність чини при внесенні різних доз мінеральних добрив та інокуляції насіння в умовах Північно-Східного Лісостепу України. «*НАУКОВИ*

ГОРИЗОНТИ», «SCIENTIFIC HORIZONS». 2018. № 2 (65). С. 29–33.

9. Небаба К. С. Симбіотична продуктивність гороху посівного залежно від впливу мінеральних добрив та регуляторів росту в умовах Лісостепу Західного. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. ПДАТУ*. Кам'янець-Подільський. 2020. Вип. 32. С. 54–58.

10. Буряк Ю. І., Чернобаб О. В., Бондаренко Л. В. Застосування регуляторів росту при вирощуванні насіння ярого ячменю. *Вісник Центру наукового забезпечення агропромислового виробництва в Харківській області*. Харків. 2006. Вип. 4. С. 14–21.

11. Вишнівський П. С., Фурман О. В. Продуктивність сої залежно від елементів технології вирощування в умовах Правобережного Лісостепу України. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2020. Вип. 11. № 1. С. 13–22.

12. Zhalnina K. [et al.]. Dynamic root exudate chemistry and microbial substrate preferences drive patterns in rhizosphere microbial community assembly. *Nature microbiology*. 2018. Vol. 3. № 4. P. 470–480. DOI: 10.1038/s41564-018-0129-3

13. Кириченко О. В., Титова Л. В., Жеймода А. В. [та ін.]. Симбіотичні властивості *Bradyrhizobium japonicum* 6346 за дії фіторегулятора *Reglg*. *Мікробіологічний журнал*. 2008. Т. 70. № 1. С. 17–25.

14. Карпенко В. П., Пати́ка В. П., При́туляк Р. М. [та ін.]. Біологізована технологія вирощування гречки: рекомендації виробництву / за ред. В. П. Карпенка. Умань: Видавничо-поліграфічний центр «Візаві». 2016. 16 с.

15. Волкогон В. В., Надкернична О. В., Томакова Л. М. [та ін.]. Експериментальна ґрунтова мікробіологія / за редакцією В. В. Волкогона. К.: Аграрна наука. 2010. 464 с.

16. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. *Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів*. Київ: Нічлава. 2003. 320 с.

References

1. Patyka V. P., Makarenko N. A., Mokliachuk L. I. [та ін.] (2005). Ahroekolohichna otsinka mineralnykh dobryv ta pestytsydiv: monohrafiia [Agroecological assessment of mineral fertilizers and pesticides : monograph] ; za red. V. P. Patyky. K. : Osнова, 2005. 300 s. [in Ukrainian].

2. Kumar A., Nayak A. K., Shukla A. K., Panda B. B., Raja R., Shahid M., Tripathi R., Mohanty S., Rath P. C. (2012). Microbial biomass and carbon mineralization in agricultural soils as affected by pesticide addition. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 2012. № 88 (4). P. 538–542.

3. Karpenko V. P., Prytuliak R. M. (2025). Formuvannya ryzobialnoho aparatu chyny posivnoi za dii biolohichnykh preparativ. [Formation of the rhizobial apparatus of the seed coat under the action of biological preparations]. *Tezy dopovidei XVI zizdu Tovarystva mikrobiolohiv Ukrainu im. S.M. Vynohradskoho, 2–6 chervnia 2025 r.* Kyiv, 2025. S. 36. [in Ukrainian].

4. Arora S., Sahni D. (2016). Pesticides effect on soil microbial ecology and enzyme activity – An overview. *J App. Nat. Sci.* 2016. № 8 (2). P. 1126–1132.

5. Furdychko O. I. (2014). Ahroekolohiia: monohrafiia. [Agroecology: monograph]. K. : Ahrarna nauka. 2014. 400 s. [in Ukrainian].

6. Karpenko V. P. (2021). Biolohizovana tekhnolohiia vyroshchuvannya nutu : monohrafiia [Biologized chickpea growing technology: monograph] / V. P. Karpenko, I. I. Mostoviak, O. O. Korobko, R. M. Prytuliak. Za redaktsiieiu I. I. Mostoviaka. Uman : VPTs «Vizavi», 2021. 125 s. [in Ukrainian].

7. Karpenko V. P., Hrytsaienko Z. M., Ivasiuk Yu. I. (2015). Symbiotychnyi stan posiviv soi za dii biolohichno aktyvnykh rechovyn. [Symbiotic state of soybean crops under the action of biologically active substances]. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*. 2015. № 2. S. 13–16. [in Ukrainian].

8. Danylchenko O. M., Kovalenko I. M., Butenko A. O. (2018). Produktyvnist chyny pry vneseenni riznykh doz mineralnykh dobryv ta inokuliatcii nasinnia v umovakh Pivnichno-Skhidnoho Lisostepu Ukrainy. [Productivity of the rowan when applying different doses of mineral fertilizers and seed inoculation in the conditions of the North-Eastern Forest-Steppe of Ukraine]. «NAUKOVI HORYZONTY», «SCIENTIFIC HORIZONS». 2018. № 2 (65). S. 29–33. [in Ukrainian].

9. Nebaba K. S. (2020). Symbiotychna produktivnist horokhu posivnoho zalezno vid vplyvu mineralnykh dobryv ta rehuliatoriv rostu v umovakh Lisostepu Zakhidnoho. [Symbiotic productivity of field peas depending on the influence of mineral fertilizers and growth regulators in the conditions of the Western Forest-Steppe]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika. PDAU*. Kamianets-Podilskyi. 2020. Vyp. 32. S. 54–58. [in Ukrainian].

10. Buriak Yu. I., Chernobab O. V., Bondarenko L. V. (2006). Zastosuvannya rehuliatoriv rostu pry vyroshchuvanni nasinnia yaroho yachmeniu. [The use of growth regulators in growing spring barley seeds]. *Visnyk Tsentru naukovooho zabezpechennia ahropromyslovoho vyrobnytstva v Kharkivskii oblasti*. Kharkiv. 2006. Vyp. 4. S. 14–21. [in Ukrainian].

11. Vyshnivskiy P. S., Furman O. V. (2020). Produktyvnist soi zalezno vid elementiv tekhnolohii vyroshchuvannya v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. [Soybean productivity depending on elements of growing technology in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Roslynyntstvo ta ґruntoznnavstvo*. 2020. Vyp. 11. № 1. S. 13–22. [in Ukrainian].

12. Zhalnina K. [et al.] (2018). Dynamic root exudate chemistry and microbial substrate preferences drive patterns in rhizosphere microbial community assembly. *Nature microbiology*. 2018. Vol. 3. № 4. P. 470–480. DOI: 10.1038/s41564-018-0129-3

13. Kyrychenko O. V., Tytova L. V., Zheimoda A. V. [та ін.] (2008). Symbiotychni vlastyvoli *Bradyrhizobium japonicum* 634b za dii fitorehuliatora *Reglg*. [Symbiotic properties of *Bradyrhizobium japonicum* 634b under the action of the phyto regulator *Reglg*]. *Mikrobiolohichni zhurnal*. 2008. Т. 70. № 1. S. 17–25. [in Ukrainian].

14. Karpenko V. P., Patyka V. P., Prytuliak R. M. [та ін.] (2016). Biolohizovana tekhnolohiia vyroshchuvannya hrechky: rekomendatsii vyrobnytstvu. [Biologized technology for growing buckwheat: recommendations for production]. Za red. V. P. Karpenka. Uman : Vydavnycho-polihrafichniy tsentr «Vizavi». 2016. 16 s. [in Ukrainian].

15. Volkohon V. V., Nadkernychna O. V., Tokmakova L. M. [ta in.] (2010). Eksperymentalna gruntova mikrobiolohiia. [Experimental soil microbiology]. Za redakt-siieiu V. V. Volkohona. K : Ahrarna nauka. 2010. 464 s. [in Ukrainian].

16. Hrytsaienko Z. M., Hrytsaienko A. O., Karpenko V. P. (2003). Metody biolohichnykh ta ahrokhimichnykh doslidzhen roslyn i gruntiv. [Methods of biological and agrochemical research of plants and soils]. Kyiv : Nichlava. 2003. 320 s. [in Ukrainian].

Дата першого надходження рукопису до видання: 15.09.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 30.10.2025
Дата публікації: 28.11.2025

**Я. Г. Цицюра**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії,
Вінницький національний аграрний університет (м. Вінниця, Україна)
E-mail: yaroslavtsytyura@ukr.net
orcid.org/0000-0002-9167-833X

ОЦІНКА ФІТОТОКСИЧНОСТІ ТА МІКРОБІОЛОГІЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ҐРУНТУ ЗА СИСТЕМАТИЧНОГО СИДЕРАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ РЕДЬКИ ОЛІЙНОЇ У СІВОЗМІНІ

Стаття присвячена всебічному дослідженню особливостей впливу сидерального використання редьки олійної у сівозміні зі сталою частотою на формування показників фітотоксичності ґрунту та його мікробіологічний потенціал з метою формування оптимального агротехнологічного регламенту такого варіанту сидерації та визначення доцільності та можливості застосування однорядового та однотипового її варіанту на сірих лісових ґрунтах в умовах нестійкого зволоження.

За тривалий період 2014–2025 рр. досліджено динаміку формування фітотоксичності ґрунту в сидеральних ланках вирощування сільськогосподарських культур за трьома критеріями з позиції формування схожості та маси рослин тест-культури а також інтегрального показника умовних кумаринових одиниць. Це дозволило ідентифікувати наростання фітотоксичності ґрунту за систематичного використання редьки олійної як варіант акумулятивного характеру з піковим значенням фітотоксичного ефекту (ФЕ) ґрунту у середньому для шару ґрунту 0–30 см на кінець циклу оцінки на рівні 11,20% ФЕ, а за критерієм формування маси рослин тест-культури – 12,93% ФЕ. Встановлені параметри та ідентифікована динаміка формування фітотоксичності ґрунту дозволяють прогнозувати оптимальний варіант тривалості сидерального беззмінного використання редьки олійної у періодичних ланках сидерації у сівозміні.

Доведено також позитивний і сталий вплив редьки олійної у якості сидерату на поліпшення як мікробіологічного потенціалу сірого лісового ґрунту з приростом мікробної його маси на 38,52% у порівнянні до вихідного значення, так і структури еколого-функціональні групи ґрунтових мікроорганізмів. За тривалий період сидерації (2014–2024 рр.) з періодичністю раз на два роки на тому ж полі визначено приріст з обліком на кінцеву дату частки азотфіксувальних бактерій ґрунту на 33,07%, фосфатмобілізуючих бактерій на 29,81%, педотрофів на 35,17%, амоніфікаторів на 23,49%, амілолітичних бактерій на 29,34%, нітрифікаторів на 37,33%, целюлозолітичних бактерій на 43,54%.

Ключові слова: редька олійна, проміжна сидерація, фітотоксичний ефект, біоіндикація ґрунту, мікробіотичний комплекс ґрунту, еколого-функціональні групи ґрунтових мікроорганізмів.

Ya. H. Tsytura

Ph.D. in Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Agriculture, Soil Science and Agrochemistry,
Vinnytsia National Agrarian University (Vinnytsia, Ukraine)
E-mail: yaroslavtsytyura@ukr.net
orcid.org/0000-0002-9167-833X

ASSESSMENT OF SOIL PHYTOXICITY AND MICROBIOLOGICAL POTENTIAL UNDER SYSTEMATIC GREEN MANURING WITH OILSEED RADISH IN CROP ROTATION

The article is devoted to a comprehensive study of the influence of oilseed radish as a green manure crop in crop rotation with stable frequency on the formation of soil phytotoxicity indicators and its microbiological potential. The purpose was to establish an optimal agrotechnological regulation of this green manuring variant and to determine the feasibility and effectiveness of its single-species and uniform application on gray forest soils under conditions of unstable moisture.

Over the long-term period of 2014–2025, the dynamics of soil phytotoxicity formation in green manure links of crop cultivation were studied using three criteria: germination of the test crop, plant biomass formation, and the integrated index of conditional coumarin units. This allowed identification of the cumulative nature of soil phytotoxicity increase under systematic use of oilseed radish, with a peak phytotoxic effect (PE) for the 0–30 cm soil layer at the end of the assessment cycle averaging 11.20% PE, while for the criterion of plant biomass formation of the test culture – 12.93% PE. The determined parameters and the identified dynamics of soil phytotoxicity formation allow forecasting of the optimal duration of continuous oilseed radish green manuring in periodic crop rotation links.

The study also proved the positive and stable effect of oilseed radish as a green manure on improving both the microbiological potential of gray forest soil, with a 38.52% increase in microbial biomass compared to the initial value, and the structure

of ecological-functional groups of soil microorganisms. Over the long-term period of green manuring (2014–2024) with a frequency of once every two years on the same field, increases were recorded at the final date in the shares of the following soil microorganisms: nitrogen-fixing bacteria – by 33.07%, phosphate-mobilizing bacteria – by 29.81%, pedotrophs – by 35.17%, ammonifiers – by 23.49%, amylolytic bacteria – by 29.34%, nitrifiers – by 37.33%, and cellulolytic bacteria – by 43.54%.

Key words: oilseed radish, intermediate green manuring, phytotoxic effect, soil bioindication, soil microbiotic complex, ecological-functional groups of soil microorganisms.

Постановка проблеми. Сидерація з огляду на стійкі тенденції переходу на біоорганічні технології вирощування сільськогосподарських культур, дефіцит органічних добрив та необхідність забезпечення збалансованих органо-мінеральних систем удобрення – важливий і актуальний варіант агротехнологічного укладу використання земель сільськогосподарського призначення [1, 31, 32]. Застосування сидератів за відповідних агротехнологічних умов дозволяє отримати у середньостроковому періоді позитивні ефекти з позиції оптимізації агрофізичних властивостей ґрунту [23], акумуляції органічного вуглецю та запобігання процесам дегуміфікації [40, 41, 46], істотного зниження рівня потенційної та актуальної забур'яненості поля [22, 44], поліпшення мікробіологічної структури мікробіоти ґрунту [19, 39], зниження ризиків розвитку ґрунтових фітопатогенів [30] та в цілому сприяє стійким процесам ґрунтозбереження [38, 45].

Разом із тим, сидерація має і певні ризики. Ці ризики пов'язані з алелопатичним впливом на наступні культури у сівозміні у після сидеральний період їх вирощування [51, 52], формуванням тотожних фітопатогенних та ентомофагових комплексів за одновидового розміщення сидератів у схемі чергування культур [47], можливого негативного впливу за рахунок порушення технологічного регламенту сидерації (строки, глибина загорання, ступінь подрібнення, якість загорання тощо) [53], а також вплив гідротермічних умов періоду сидерації (виражена аридність періоду або ж навпаки надлишкове волого забезпечення) [56].

Окремо слід відмітити ризики пов'язані з питанням фітотоксичності ґрунту та супутніх процесів мікробіологічної його структури за систематичної та тривалої сидерації одновидового характеру у сівозміні [43]. Вказаний аспект може мати явні ознаки відклику у довготривалому періоді оцінки за рахунок поступової акумуляції як відповідних біохімічних компонентів, які накопичуються як проміжні продукти розкладу сидеральної маси в ґрунтового профілі, так і за рахунок супутньої зміни видової структури мікробіологічного комплексу ґрунту [27]. Такі негативні аспекти комбінованого поєднання у науковій практиці отримали загальне визначення «ґрунговтоми» [10].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Фітотоксичність ґрунту розглядається як можливий негативний вплив на ростові та фізіологічні процеси рослин за рахунок наявності у ґрунті відповідних хімічних компонентів – продуктів життєдіяльності попередніх вирощуваних видів рослин, хімічних сполук отриманих у результаті ґрунтового розкладу різного виду рослинних решток або ж комплексної взаємодії

вказаних речовин із мікробіотою ґрунту, застосованих хімічних компонентів удобрення або ж діючих речовин пестицидів [2, 3, 8]. В науковій практиці фітотоксичність ґрунту розглядається також з позиції алелопатичної взаємодії рослин за рахунок накопичення специфічних компонентів хімічної взаємодії різних видів рослин через ґрунтове середовище названих колінами [9, 24, 34] та суміжних процесів їх взаємодії з мікробіологічним комплексом ґрунтового профілю за видоспецифічних механізмів стимуляції чи супресії окремих їх видів [5]. З позиції власне сидеральних технологій вказані продукти є результатом розкладу сидеральної маси, які крім того можуть впливати на структуру мікробіологічного комплексу, особливо тих груп мікроорганізмів, які безпосередньо приймають участь у біотрансформацію рослинної маси, особливо за варіанту частого застосування одного і того ж виду рослини-сидерату [8, 13]. Спираючись на вище викладене, важливим питанням є дослідження питання фітотоксичності ґрунту, мікробіологічної його структури та окремих супутніх ознак пов'язаних із цим за використання тривалого сидерального утримання ґрунту з одно-видовим тотожним сидеральним компонентом.

Слід також відмітити, що відповідно до довготривалого вивчення редьки олійної (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.) з позиції полікритерійного потенціалу її сільськогосподарського використання її віднесено до високоефективного сидерального компоненту удобрення для умов Лісостепу правобережного з стійким та нестійким режимами зволоження територій [57, 58].

Метою статті є дослідження фітотоксичності та супутніх процесів мікробіологічної якості ґрунту за систематичного застосування редьки олійної у якості проміжного (літнього) сидерального компоненту біоорганічного удобрення у сівозміні у рамках виконання етапів державної тематики «Розробка екологоорієнтованих технологій вирощування біоенергетичних культур для забезпечення енергонезалежності та ґрунтозбереження задля формування кліматичної нейтральності» (№ держреєстрації 0124U000483).

Методика дослідження. Дослідження питань поставлених на вивчення проводили впродовж 2014–2025 рр. на дослідному полі Вінницького національного аграрного університету (N 49°11'31", E 28°22'16") на сірих лісових ґрунтах. Агрохімічний потенціал поля мав такі середньобагаторічні показники: вміст гумусу 2,68% легкогідролізованого азоту 81,5 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору 176,1 мг/кг ґрунту, обмінного калію 110,8 мг/кг ґрунту, рН_{KCl} 5,8.

Схема досліду ставила за мету порівняння двох варіантів технології – контрольної без

сидерації та дослідної за проміжного літнього використання редьки олійної у якості сидерату на одній і тій же площі з черговістю раз на два роки у повній ланці сівозміни за відсутності інших видів хрестоцвітних. На дослідних ділянках було застосовано лише сидерат для уникнення синергічної чи депресуючої дії на чинники вивчення мінеральних компонентів та інших можливих органічних компонентів удобрення відповідно до рекомендованої методології вивчення фітотоксичності та ґрунтовтоми [10]. Контрольний варіант дослідження – варіант без сидерації. Повна схема дослідів представлена в табл. 1.

Схема досліджень включала рендомізоване розміщення дослідних ділянок при чотирьохразовій повторності виділеною тотожною за розміщенням на полі обліковою ділянкою площею 25 м². За весь період було використано один і той же сорт редьки олійної Журавка за сидерального припосівного конструювання ценозу, яке передбачало кількісну норму висіву 2,5 млн насінин на га з міжряддям 15 см відразу після збирання попередньої культури з проміжним комбінованим обробітком ґрунту на глибину 12–16 см. Фенологічно сидерацію редьки олійної у всі роки проводили на фазу її цвітіння (ВВСН 64–67) із загортанням у ґрунт на глибину 14–16 см важкими дисковими боронами (БДН-2.4) після попереднього підкошування з подрібненням.

Фенологічний розвиток рослин редьки олійної визначався відповідно до рекомендованої міжнародної шкали ВВСН [54].

Визначення показника сидеральної продуктивності проводили за рівнем сформованої надземної та кореневої сидеральної маси відповідно до [32] при застосуванні методу облікових майданчиків площею 1 м² у чотирьохразовій повторності та методу мікромонологів (власне для обліку кореневої біомаси) (методика повністю деталізована

у попередній публікації [57]). При цьому вміст сухої речовини у надземній та кореневій масі рослин визначали шляхом висушування до постійної маси при 105 °С та озолення при 550 °С [7, 60].

Проби ґрунту для лабораторного оцінки фітотоксичності відбиралися з шарів ґрунту 0–10, 10–20 та 20–30 см відповідно до стандартної методики [15, 16]. Процес лабораторної біоіндикації фіто токсичності ґрунту на відібраних попередньо в полі зразках відповідно до схеми дослідів проводили відповідно до загальних методичних рекомендацій у нормативному порядку відповідних національних стандартів [11, 17, 18] у трьохразовій повторності. Як біологічний тест-об'єкт було обрано крес-салат (*Lepidium sativum* L.).

Для результуючої оцінки рівня фітотоксичності ґрунту застосовувався метод біотестування, а також один із варіантів адаптації біотестування, який застосовують у практиці аделопатичних досліджень – метод умовних кумаринових одиниць (УКО) [8]. Одна умовна кумаринова одиниця відповідає еталонному розчину природного інгібітора росту кумарину (2Н-хромен-2-он або 2Н-1-бензопіран-2-он) – лактону о-гідроксикоричної кислоти – у концентрації 1 г/л. Перерахунок схожості та характеру морфологічного розвитку рослин крес-салату на ґрунтових субстратах (відібраних із шарів ґрунту 0–10, 10–20 та 20–30 см) з різною тривалістю сидерації редьки олійної в умовні кумаринові одиниці здійснювався на основі регресійних рівнянь, побудованих відповідно до шкали схожості насіння даного виду рослин, наведеної у Гродзинського [8, 9].

Вихідними показниками для калькуляції УКО було застосовано визначені параметри фітотоксичного впливу ґрунтового середовища на схожість насіння та ріст рослин крес-салату на підставі розрахунку фітотоксичного ефекту (ФЕ, %) (формула 1):

Таблиця 1

Повна схема дослідів з вивчення ефективності застосування систематичної сидерації редькою олійною у сівозміні, 2014–2025 рр.

Варіант дослідів	
Моніторинг 2014 рік	
Абсолютний контроль	Вихідні дані по дослідних параметрах ґрунту на початок закладення дослідів
Моніторинг 2019 рік	
Контроль I	Облік дослідних параметрів ґрунту після чергування культур на ділянці: сорго зернове (2014) – ярий ячмінь (2015) – горох (2016) – ярий ячмінь (2017) – соя (2018);
Сидерація I	Облік дослідних параметрів ґрунту при застосування проміжної сидерації (сидерат – редька олійна) у схемі чергування їх на ділянці сорго зернове (2014) – ярий ячмінь (2015) – горох (2016) – ярий ячмінь (2017) – соя (2018)) під культури: сорго зернове (2014) – горох (2016) – соя (2018)
Моніторинг 2024 та 2025 рік	
Контроль II	Облік дослідних параметрів ґрунту після чергування культур на ділянці: сорго зернове (2014) – ярий ячмінь (2015) – горох (2016) – ярий ячмінь (2017) – соя (2018) – яра пшениця (2019) – соняшник (2020) – озимий горох (2021) – нут (2022) – ярий ячмінь (2023) – кукурудза на зерно (2024)
Сидерація II	Облік дослідних параметрів ґрунту при застосування проміжної сидерації (сидерат – редька олійна) у схемі чергування їх на ділянці сорго зернове (2014) – ярий ячмінь (2015) – горох (2016) – ярий ячмінь (2017) – соя (2018) – яра пшениця (2019) – соняшник (2020) – озимий горох (2021) – нут (2022) – ярий ячмінь (2023) – кукурудза на зерно (2024)) під культури: сорго зернове (2014) – горох (2016) – соя (2018) – соняшник (2020) – нут (2022) – кукурудза на зерно (2024)

$$ФЕ = \frac{(M_k - M_b)}{M_k} \times 100 \quad (1)$$

M_k – схожість насіння, маса цілих рослин у контрольному варіанті, %, г (мг);
 M_b – схожість насіння, маса цілих рослин у варіанті сидерації, %, г (мг).

Оцінка рівня фітотоксичності проведена за рекомендованою шкалою [2] у таблиці 2. Оцінка відповідних показників згідно програми досліджень була проведена у всі роки застосування сидерації відповідно до схеми досліду табл. 1). Вибір ґрунтових зразків проводили щороку на одних і тих же ділянках весною при досягненні ґрунтом стану фізичної стиглості для оцінки реальної фітотоксичності ґрунту перед початком вирощування відповідної культури після завершення первинного циклу імплементації сидеральної маси ґрунтом (відповідно до рекомендацій [11]). За контроль було використано ґрунт у ці роки з ділянок де не проводилась сидерація.

Технологія біоіндикації ґрунту за рахунок використання крес-салату відповідала стандартній схемі пророщування і обробки отриманих результатів та деталізована в [2, 28]. Власне для біоіндикації фітотоксичного ефекту ґрунту було використано одночасно два параметри – схожість насіння (у % на 7-му добу після висіву (за стандартною методикою біотестування)), маса сформованої рослини (у мг на 10 добу пророщування).

Мікробіологічний аналіз ґрунту, відповідно до стандартних протоколів лабораторних випробувань, було проведено з відбором проб у 2014 на початку досліду як варіант контролю, у 2019 році як проміжний етап індикації та у 2024 році як на варіанті без сидерації так і на варіанті систематичного застосування сидеральної маси редьки олійної з послідовним їх аналізом на базі сертифікованих та акредитованих лабораторій у 2014 та 2019 році – за сприяння Вінницької філії державної установи «Інститут охорони ґрунтів» (м. Вінниця), у 2024 році – у центрі лабораторних досліджень і розробок «Мікробіо Лаба» (м. Теплодар, Одеської області). В ході лабораторних аналізів було визначено такі параметри:

- визначення швидкості мікробного дихання ґрунту (у структурі визначення: базальне дихання, мгСО₂/кг ґрунту/год, субстрат-індуковане дихання, мгСО₂/кг ґрунту/год, коефіцієнт мікробного дихання відповідно до протоколу нормативного методу випробувань М.ЦЛДР 7.2-02-14) [12, 20];

Таблиця 2

**Шкала оцінювання рівня пригнічення
 ростових процесів рослин
 за оцінки фітотоксичності ґрунту [2]**

ФЕ, %	Рівень фітотоксичності
0–20	Слабкий
20–40	Середній
40–60	Вище середнього
60–80	Високий
80–100	Дуже високий (максимальний)

- мікробна біомаса ґрунту, г/кг ґрунту (протокол нормативного методу випробувань М.ЦЛДР 7.2-02-14) [7, 12, 20];

- визначення еколого-функціональних груп ґрунтових мікроорганізмів (протокол нормативного методу випробувань М.ЦЛДР 7.2-02-13) [12, 20].

Аналіз гідротермічних умов періоду проведення досліджень було проведено за показниками: середньодобова температура (°С), кількість опадів (мм), відносна вологість (%), гідротермічний коефіцієнт (ГТК) (формула 2) та коефіцієнтом значущості відхилень (C_{sd}) (формула 3) (табл. 3).

$$HTC = \frac{\sum R}{0.1 \times \sum t_{>10}} \quad (2)$$

де $\sum R$ – сума опадів за період з температурою вище 10 °С, $\sum t_{>10}$ – сума ефективних температур за період досліджень. Рейтинг умов за значенням HTC: HTC > 1,6 – надмірна вологість, HTC 1,3–1,6 – вологі, HTC 1,0–1,3 – помірно сухі, HTC 0,7–1,0 – сухі, HTC 0,4–0,7 – дуже сухі.

$$C_{sd} = \frac{(X_i - X_{av})}{S} \quad (3)$$

де: X_i – поточний елемент погоди; X_{av} – показник середнього багаторічного значення; S – середнє квадратичне відхилення; i – порядковий номер року. Рівень C_{sd} : 0 ÷ 0.5 (-0.5) – умови близькі до нормальних; (-1) 1 ÷ (-2) 2 – суттєво відрізняються від багаторічних; > 2 (< -2) – близькі до екстремальних.

Статистична обробка результатів досліджень проводилась у середовищі програм Exel та Statistica 10 (StatSoft – Dell Software Company, США) з розрахунком показників: середнього арифметичного, стандартне відхилення, коефіцієнту варіації, кореляційних відношень Для порівняння різниць між варіантами було використано дисперсійний аналіз та тест Бонферроні для статистичного рівня $p < 0,05$ та $p < 0,01$ [48].

Основні результати дослідження. Оцінка сидеральної продуктивності редьки олійної за виходом листостеблової та кореневої маси підтвердила як належність культури до високопродуктивної групи за проміжного сидерального використання, так і відносну її чутливість до гідротермічних умов періоду формування сидеральної маси. Середньобагаторічний показник сформованої загальної сидеральної маси (листочкостеблова маса + корені) був на рівні 24,01 т/га (4,02 т/га у сухій речовині) за показника міжрічного співставного варіювання (у виразі коефіцієнту варіації) 31,55% та 28,53% відповідно (рис. 1).

При цьому коефіцієнт продуктивності кореневої системи як співвідношення надземної маси та маси коренів мав значення 3,52 для виразу у сирій масі та 2,34 для виразу у сухій речовині. Беручи до уваги гідротермічні умови періоду досліджень на підставі проведеного кореляційного аналізу рівень сидеральної продуктивності редьки олійної мав тісну з прямим характером залежність від кількості опадів як для надземної, так і кореневої біомаси ($r = 0,633$ та $r = 0,609$ відповідно при $p < 0,01$)

Оцінка гідротермічних умов за період досліджень (за показником ГТК), 2014–2025 рр.

Рік	Сума опадів, мм (IV-X)	*taver, °C (IV-X)	Місяці періоду вегетації										Csd aver V-IX	*taver, °C	**Сума опадів, мм
			V		VI		VII		VIII		IX				
			Xi	Csd	Xi	Csd	Xi	Csd	Xi	Csd	Xi	Csd			
2014	590,4	14,62	3,93	3,39	1,55	1,00	1,31	0,24	1,05	0,46	1,25	1,10	1,24	0,2	245,5
2015	303,1	15,48	0,92	0,19	0,72	-0,53	0,32	-1,16	0,12	-1,13	1,184	0,97	-0,33	9,5	256,1
2016	406,1	15,33	0,49	-0,26	1,27	0,48	1,06	0,39	0,90	0,46	0,01	-1,17	-0,02	-0,6	325,7
2017	443,1	15,04	0,78	0,04	0,50	-0,92	1,52	1,38	0,82	0,30	3,10	4,47	1,05	-0,4	323,7
2018	444,2	16,39	0,31	-0,45	4,40	6,28	2,16	2,71	0,59	-0,19	1,38	1,33	1,94	0,0	271,0
2019	560,2	15,70	4,90	4,42	1,68	1,25	1,01	0,30	0,24	-0,90	0,99	0,62	1,14	2,9	200,5
2020	589,2	15,64	5,33	4,87	1,55	1,01	0,59	-0,59	0,53	-0,30	0,86	0,38	1,07	-0,3	356,1
2021	459,7	14,33	3,13	2,54	1,68	1,25	0,78	-0,19	1,46	1,61	0,71	0,10	1,06	1,2	216,9
2022	678,7	15,15	1,43	0,74	1,50	0,91	0,90	0,06	1,71	2,13	4,96	7,86	2,34	2,2	278,0
2023	486,9	16,24	0,09	-0,69	1,64	1,18	1,41	1,14	0,65	-0,05	1,02	0,66	0,45	2,9	371,2
2024	481,9	17,94	0,58	-0,17	1,66	1,21	1,19	0,67	0,77	1,46	0,45	-0,38	0,41	1,2	263,8
2025														1,8	238,0

* – середня середньодобова температура (°C) за період листопад попереднього року – березень наступного; ** – сума опадів (мм) за період листопад попереднього року – березень наступного. Для умов 2025 року відповідно до порядку оцінки вказано тільки показники по березень до дати відбору ґрунтових проб для біоіндикації фітотоксичності ґрунту.

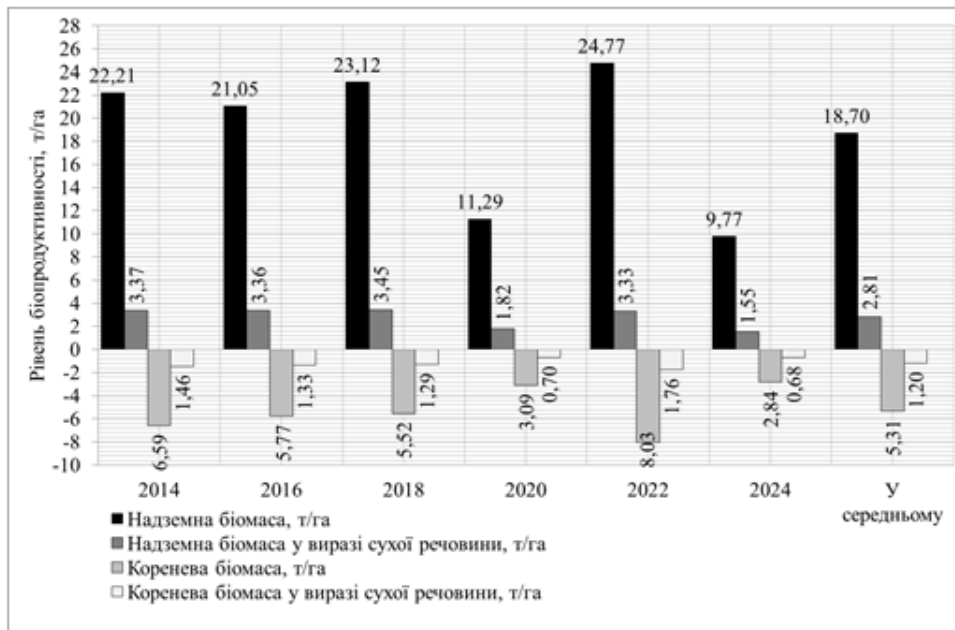


Рис. 1. Рівень загальної сидеральної біопродуктивності редьки олійної у роки її літнього проміжного строку вирощування на фазу цвітіння (BBCH 64–67), т/га (НІР₀₅: 1,07 – для надземної біомаси; 0,29 – для надземної біомаси у виразі сухої речовини; 0,58 – для кореневої біомаси; 0,17 – для кореневої біомаси у виразі сухої речовини)

та середню з оберненим характером від значення середньодобової температури ($r=-0,507$ та $r=-0,588$ відповідно при $p<0,05$). Для показника ГТК залежність була тісного прямого характеру ($r=0,727$ та $r=0,772$ відповідно при $p<0,01$). Слід зауважити, що не дивлячись на те, що основним

лімітуючим чинником успішності сидерального використання редьки олійної у варіанті літнього проміжного строку є комплексний рівень вологозабезпечення з огляду на аналіз подібних оцінок для ріпаку ярого та гірчиці білої – дана культура демонструє вищу адаптивну пристосованість

зокрема з огляду на високі темпи росту, відносну толерантність фотоперіодичної реакції та інтенсивність розвитку кореневої системи, що відмічено в дослідженнях її властивостей [58].

Такі визначені особливості на підставі зональну оцінку хрестоцвітих видів рослин як покривних сидеральних культур [36, 38] дозволяють віднести редьку олійну до перспективних сидератів у варіанті їх літніх строків сівби та осіннього сидерального використання.

Відмічається, що хрестоцвіті види за їх сидерального систематичного використання за рахунок наявності у сидеральній масі окремих специфічних біохімічних компонентів (зокрема глюкозинолатів, окремих лігнізованих структур з тривалим розкладом) здатні формувати ознаки фітотоксичності ґрунту у формі алелопатичної післядії [9, 33]. Такі особливості зумовлюють необхідність в оцінці фітотоксичності ґрунту за варіанту систематичного застосування сидеральної маси редьки олійної на одному і тому ж полі (у нашому досліді раз на два роки). При цьому слід зауважити, що ґрунти мають власний рівень фітотоксичності, який визначається рисами його сільськогосподарського використання з позиції застосованих добрив, засобів захисту, вираженості та направленості відповідних ґрунтових властивостей [35]. Наявність певного фітотоксичного ефекту за сидерального використання редьки олійної було підтверджено (рис. 2).

Результати дослідження засвідчили акумулятивний варіант впливу на схожість насіння. У перший період сидерації до 2019 року було відмічено позитивний прирістний вплив на показник лабораторної схожості насіння рослини індикатора крес

салату. У послідуючому відмічена поступова ідентифікація депресуючого впливу із зниженням схожості насіння у варіанті із сидерацією проти контролю. При цьому відмічена загальна тенденція до зміщення вказаного ефекту з шару ґрунту 0–10 см на шар ґрунту 20–30 см, що пов'язано з визначеними процесами перерозподілу біохімічних компонентів сидеральної маси у процесі її розкладу у товщі ґрунтового профілю від рівня глибини загортання, що поступово веде до вирівнювання градієнту концентрація та за відповідних темпів ґрунтової міграції сприяє переміщенню основних компонентів у горизонти глибші за акумуляцію сидеральної маси у ґрунтовому профілі (що відмічено у [21]). Аналогічний перерозподіл ідентифікований і для варіанту оцінки фітотоксичного ефекту за показником маси сформованої рослини.

На відміну від критерію схожості оптимізація ґрунтових умов живлення за рахунок сидеральної маси формує передумови результуючого домінування позитивного ефекту впливу на ростові процеси, який поступово змищується на горизонти 10–20 та 20–30 см з роками. При цьому виявлений супресуючий вплив біохімічних похідних алелопатичного характеру, вивільнених у результаті розкладення сидеральної маси у ґрунті, які властиві редьці олійній з позиції впливу на однорічні культури різних видів [59] починає поступово зростати, знижуючи позитивний ефект від сидерації з визначеного позитивного впливу власне на основні параметри ґрунтової родючості, досягаючи середнього підсумку на періоди 2022/2024 років сидерації загальний позитивний показник прирости маси рослин

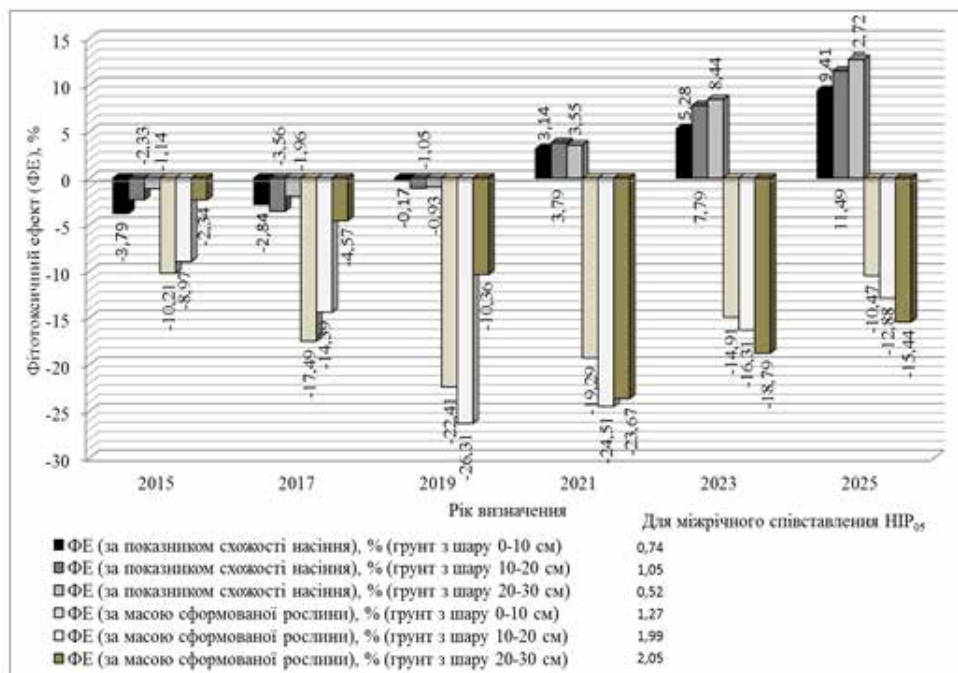


Рис. 2. Результати оцінки фітотоксичності ґрунту за показником фітотоксичного ефекту (ФЕ) у співставленні варіантів контролю (без сидерації) та дослідного (за сидерації редькою олійною) на наступний рік після її проведення (за період 2015–2025 рр.), %

(за негативного ФЕ) поступово знижується на 8,37–9,56% від максимального досягнутого значення на 2019 рік. На підставі такої динаміки показників, систематичне застосування редьки олійної як сидерату формує ймовірний виражений фітотоксичний ефект з позиції впливу на схожість наступних культур, що узгоджується з алелопатичним потенціалом редьки олійної на підставі полівидової ідентифікації [6, 58]. З позиції забезпечення ростових процесів рослин у ланках сидерального використання редьки олійної, фітотоксичний ефект впливу на ґрунт також присутній, але він більш пролонгований у часі, хоча і демонструє інтенсивне зростання вже після 4 періодів систематичної сидерації. Ймовірність його інтенсивного зростання очевидно буде істотно вищою за щорічного застосування редьки олійної як сидерату у сівозміні на одній і тій же площі поля. При цьому слід зауважити на підставі висновків [4, 21], що ймовірність фітотоксичності сидерального використання редьки олійної буде більш вираженою на ґрунтах із низькими значеннями потенціалу ґрунтової родючості.

Отримані результати особливостей фітотоксичності сидерації за використання редьки олійної на основі біоіндикації ґрунту було підтверджено її значенням вираженим у вже згадуваних умовних кумаринових одиницях (УКО) (рис. 3). Встановлено, що за систематичного використання сидерації редьки олійної фітотоксичність ґрунту зростала як у контрольному варіанті без сидерації, так і у варіанті з її застосуванням, хоча темпи зростання істотно відрізнялися. У середньому для шару ґрунту 0–30 см приріст фітотоксичності протягом періоду співставлення контрольних дат становив 0,116 УКО (кондиційні кумаринові одиниці)/рік у контрольному варіанті, тоді як за систематичної сидерації – 0,281 УКО/рік.

Динаміку зростання фітотоксичності у контрольному варіанті можна пояснити висновками [49] щодо загального зниження темпів іммобілізації рослинних решток на тлі ідентифікованої деградації ґрунту, накопичення рослинних решток із низькою швидкістю розкладання та створення передумов для загального зростання фітотоксичності ґрунту.

Згідно з [8], рівень фітотоксичності вище 20 УКО є критичним у плані суттєвого впливу не лише на схожість наступних культур, але й на загальні процеси росту на ранніх етапах їх вегетації. Виходячи з цього, застосований режим сидерації (раз на два роки), із досяжним середнім рівнем 11,17 ККО у шарі ґрунту 0–30 см, забезпечує агрономічно прийнятні темпи зростання фітотоксичності ґрунту при збереженні позитивного впливу на його агрофізичні властивості, і тому може бути рекомендованим для сірих лісових ґрунтів.

Натомість щорічне систематичне застосування редьки олійної як сидерату на одній і тій самій ділянці, згідно з [8, 9], із достовірною ймовірністю може спричинити підвищення рівня фітотоксичності ґрунту, що перевищуватиме критичний поріг у 20 ККО. Знову ж таки, спираючись на окремі оцінки [55] для ґрунтів іншого типу та за альтернативної інтенсивності сидерації, це питання потребує подальшого вивчення.

Результати досліджень підтвердили висновки ряду досліджень [14, 21, 26, 29, 37] щодо впливу сидеральних систем удобрення на мікробіологічну активність ґрунту (табл. 4). За рахунок збагачення ґрунтового профілю (в основному 10–30 см) свіжою листостебловою масою та рештками кореневих систем з низьким співвідношенням C/N та відповідно багатою білками, жирами та карбогідратами – формуються умови

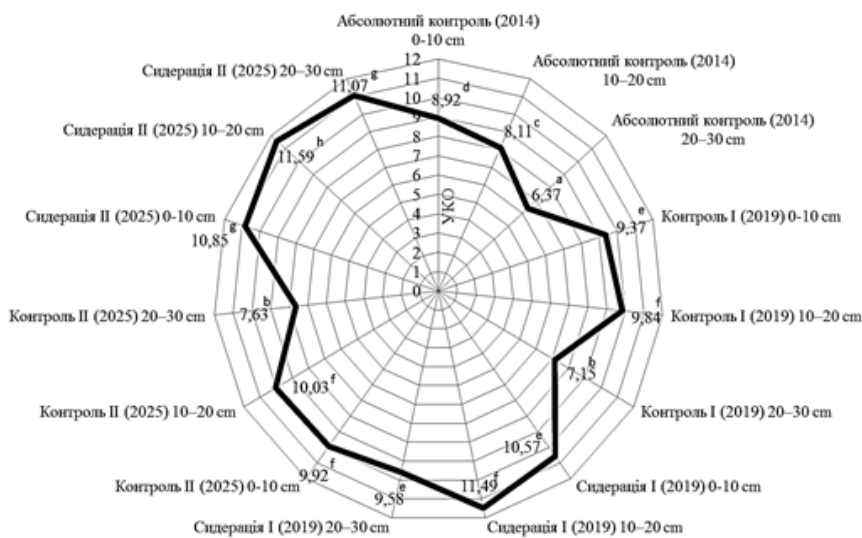


Рис. 3. Динаміка фітотоксичності ґрунту за різних варіантів сидерального удобрення в умовних кумаринових одиницях (УКО), 2014–2025 рр. Примітка: Різні малі літери вказують на достовірні відмінності між варіантами в межах одного шару ґрунту ($p < 0,05$)

для зростання педотрофів, целюлозолітиків, азотфіксаторів [20]. Саме ці групи ґрунтових мікроорганізмів мають певні переваги щодо зростання чисельності.

Ці висновки позитивно узгоджуються з результатами періодичного моніторингу структури еколого-функціональних груп ґрунтових мікроорганізмів у співставленні рубіжних значень варіантів без сидерації і за її застосування на рубіжну дату обліку (2024 рік). Так зростання у варіанті за сидерального використання редьки олійної відмічено у значенні: педотрофи 35,17%, азотфіксатори 33,07% та целюлозолітики 39,38%. При цьому оптимізації колообігу органіки у ґрунті сформувала передумови для зниження чисельності оліготрофів [3, 4, 21] – для того ж варіанту співставлення їх частка у структурі зменшилась на 27,0% за одночасного їх зростання у контрольних варіантах на 17,27%.

Такі процеси є ідентифікаторами сталої тенденції погіршення живильного середовища мікроорганізмів, а отже і погіршення ґрунтових умов живлення для рослин за умови повної відсутності мінеральних добрив та використання єдиного резерву рослинних решток без застосування компенсуючого удобрення з огляду на високі значення співвідношення C/N властиве більшості рослинних решток основних сільськогосподарських культур [50, 53] та з урахуванням умов нестійкого зволоження, що формує передумови для повільного розкладання сухих рослинних решток та істотної переваги при цьому свіжої листостеблової та резервно-вологої кореневої маси редьки олійної [55, 58]. Такий характер

мікробіологічних процесів у ґрунті у системі застосованих дослідних варіантів підтверджено позитивним ростом чисельності целюлозолітиків у співставленні контролю 2014 та контролю 2024 років – приріст для цієї групи мікроорганізмів був у значенні 28,95% для целюлозолітичних бактерій та 27,20% для целюлозолітичних мікроміцетів.

Закономірно за рахунок листостеблової маси редьки олійної багатої на фосфор, кальцій, сірку, білки (відповідно до тривалої біохімічної оцінки її сидеральної маси [20, 21, 61]) формуються позитивні передумови для зростання фосфатмобілізуючих мікроорганізмів (приріст на рубіжну дату обліку до контролю на цю ж дату 29,81%), амоніфікаторів (23,49%), амілолітичних бактерій (29,34%), нітрифікаторів (37,33%). Такий характер дії позитивно впливає на азотний режим ґрунту та ступінь доступності азоту для рослин у сівозміні та сприяє формуванню стійкої біологічної рівноваги у ґрунті, що позитивно узгоджується із рядом досліджень [19, 39, 42]. Разом із тим, темпи природствів у досліді були нижчими, ніж у варіантах поєднання сидерації з проміжними варіантами мінерального удобрення у поєднання з ґрунтовими меліорантами [30], що вказує на часткове закріплення продуктів розкладу сидератів та позитивних змін в акумуляції відповідних компонентів розкладу. Такий характер з одного боку сприятиме стабілізації ґрунтових процесів, які визначають рівень ґрунтової родючості, а з іншого – буде мати середні темпи ґрунтовідновлення за умови відповідного чергування культур з умовою рівноважної

Таблиця 4

Показники мікробіологічної якості та мікробіологічної активності ґрунту залежно від варіантів досліду (у рубіжні дати обліку 2014, 2019 та 2024 роки)*

Показники	2014	2019		2024	
		Контроль	Сидерація	Контроль	Сидерація
Базальне мікробне дихання ґрунту, мгСО ₂ /кг ґрунту/год	4,77a	5,09b	5,35c	5,36c	5,68d
Субстрат-індуковане дихання ґрунту, мгСО ₂ /кг ґрунту/год	31,72c	30,72b	33,87d	28,14a	38,91e
Коефіцієнт мікробного дихання ґрунту	0,16b	0,19c	0,16b	0,24d	0,14a
Мікробна біомаса ґрунту, г/кг	30,41c	26,88b	34,22d	22,64a	40,74e
Еколого-функціональні групи ґрунтових мікроорганізмів, КУО/г сухого ґрунту					
Олігонітрофільні та азотфіксувальні бактерії	a2,42x10 ⁷	a2,31x10 ⁷	c3,05x10 ⁷	b2,57x10 ⁷	d3,42x10 ⁷
Фосфатмобілізувальні бактерії	b3,36x10 ⁶	a3,21x10 ⁶	c3,79x10 ⁶	a3,12x10 ⁶	d4,05x10 ⁶
Стрептоміцети	a4,83x10 ⁶	a4,91x10 ⁶	c5,24x10 ⁶	b5,08x10 ⁶	d6,02x10 ⁶
Педотрофи	a4,12x10 ⁷	a4,03x10 ⁷	c5,22x10 ⁷	b4,35x10 ⁷	c5,88x10 ⁷
Амоніфікатори	b2,68x10 ⁷	a2,41x10 ⁷	c3,29x10 ⁷	b2,81x10 ⁷	d3,47x10 ⁷
Амілолітичні бактерії	c4,46x10 ⁷	b4,21x10 ⁷	d4,89x10 ⁷	a3,92x10 ⁷	e5,07x10 ⁷
Оліготрофи	b1,39x10 ⁷	b1,49x10 ⁷	a1,28x10 ⁸	c1,63x10 ⁸	a1,19x10 ⁷
Мікроміцети	a2,64x10 ⁵	a2,69x10 ⁵	b2,86x10 ⁵	b2,81x10 ⁵	c3,03x10 ⁵
Целюлозолітичні бактерії	a1,14x10 ⁴	a1,19x10 ⁴	c1,59x10 ⁴	b1,47x10 ⁴	d2,11x10 ⁴
Целюлозолітичні мікроміцети	a1,25x10 ⁴	a1,31x10 ⁴	b1,62x10 ⁴	b1,59x10 ⁴	c2,15x10 ⁴
Нітрифікатори	a6,72x10 ⁵	b7,13x10 ⁵	c8,06x10 ⁵	a6,59x10 ⁵	d9,05x10 ⁵

*Різні малі літери в таблиці вказують на значущі відмінності між варіантами досліду в одному і тому ж шарі ґрунту ($p < 0,05$).

концентрації у структурі культур зернобобової та технічної груп. З цих причин, для запобігання зростання фітотоксичності ґрунту за використання редьки олійної як сидерату (аспекти та інтервал якої описаний вище) – доцільним буде формування сівозмін сидерального утримання зі щорічним сидеральним застосунком з чергуванням злаково-бобових та хрестоцвітих видів сидератів, що зокрема відмічено і в інших дослідженнях [4, 10, 27]. Слід також відмітити, що за сидерального використання редьки олійної відмічено домінування у структурі мікробіоти ґрунту азото- та білковотрансформуючого характеру нітрифікаторів, що у підсумку зумовлює процеси, які певною мірою сприяють інтенсивним темпам колообігу азоту в ґрунті, що слід враховувати при вирощуванні після редьки культур з вираженими азотофільними особливостями.

Така ж тенденція визначена і для вже згаданих целюлозолітиків знову ж таки за біохімічно різноманітного вмісту целюлозопохідних та лігнінопохідних структур у складі як листостеблової, так і кореневої сидеральної маси редьки олійної [58].

При цьому за рахунок високого вмісту глюкозинолатів у всіх частинах редьки олійної та формування за рахунок цього доведеного попередніми нашими дослідженнями біофумігаційного сидераційного ефекту – слід очікувати з високим достовірним ступенем ймовірності фітопатогенної біоти в ґрунті.

Відмічено [20, 21], що чисельність мікроміцетів у варіантах із сидерацією дещо зростає на початкових етапах після загорання зеленої маси, адже з'являється додаткове джерело органічного субстрату (целюлоза, лігнін, продукти розкладу). Водночас визначено, що у тривалій перспективі надмірного росту не відбувається, оскільки підвищується конкуренція з боку бактеріальних угруповань (особливо педотрофів і актиноміцетів). Тобто з цих міркувань трендовий характер за використання сидерації має забезпечувати помірне стабільне зростання у співставленні до контролю, що узгоджується із визначеними результатами приросту 7,83%. Щодо чисельності стрептоміцетів (актинобактерій) то з огляду на те, що вони є активними деструкторами складної органіки та продукують антибіотичні сполуки, стримуючи надмірний розвиток патогенних грибів (фузаріоз, ризоктонія тощо) їх динаміка була більш приривною порівняно з мікроміцентами і у співставленні до контролю становила 17,26%. Спираючись на позитивну приривну динаміку у ряду фіксації для контрольних варіантів чисельності мікроміцетів та стрептоміцетів (на рівні 6,44% та 5,18%) слід враховувати певну депресуючу дію глюкозинолатів листостеблової маси редьки олійної на дану біологічну групу відмічену в оцінці хрестоцвітих видів сидератів [36].

Вказані висновки підтверджуються результатами обліку показника мікробної біомаси ґрунту яка у співставленні до контролю без сидерації на кінцеву дату обліку склала результуючий приріст 33,97%. При цьому відмічається, що сталого формування позитивної динаміки росту мікробної

маси ґрунту слід очікувати на 2–4 рік систематичної сидерації залежно від типу сидерату та ґрунтово-кліматичних умов території [32], а сама величина приросту мікробної маси ґрунту за сталого сидерального утримання ґрунту в інтервалі 15–40% [21]. Вказується також [20, 21, 39], що середній приривний характер змін структури еколого-функціональних груп мікробіоти ґрунту знаходиться в статистичних межах варіювання у значенні від 8 до 25% від середнього значення показника мікробної біомаси ґрунту [40]. Такий результат підтверджено результатами нашого тривалого вивчення з позиції оптимізації ґрунтового середовища за рахунок сидеральної маси, що максимально імітує природні процеси колообігу елементів та їх акумуляції у природних біогеоценозах. Більше того істотність різниці у приростах на 2019 рік обліку та на 2024 рік за показником мікробної маси ґрунту – приріст до вихідного контролю становив 12,53% та 19,05% відповідно – вказує на наростаючий акумулятивний ефект оптимізації мікробіологічного комплексу ґрунту, що у результуючому виразі підтвердило позитивну тривалу дію від застосування редьки олійної як сидерального компонента на сірих лісових ґрунтах.

Визначено також зниження коефіцієнту мікробного дихання ґрунту (синонім метаболічний коефіцієнт, qCO_2) – на рівні 11,12% у співставленні 2014 року та 2024 року у варіанті сидерації та на 41,11% у співставленні варіантів контролю та варіанту сидерації на 2024 рік. Відомо, що даний показник застосовують як індикатор екологічної ефективності мікробних угруповань. Встановлено, що без сидерації та внесення органічних добрив він має більше номінальне значення, оскільки мікробіота витрачає більше енергії на підтримку життєдіяльності, а не на приріст біомаси, що в свою чергу опосередковано вказує на стійкі ознаки деградації ґрунту (брак доступного органічного вуглецю, ущільнення ґрунту, втрата структурованості тощо) [25]. Саме такий характер формування даного показника встановлено і в наших дослідженнях.

Вказується [33] на те, що сидерація підвищує базальне мікробне дихання, що свідчить про зростання мікробної активності, посилений кругообіг елементів живлення та відновлення мікробної рівноваги ґрунту. При цьому в умовах деградації ґрунту та зниження вмісту компонентів живильної трансформації базальне дихання також зростає, що підтверджується зростанням показника і на контрольних варіантах на проміжну та заключну дату обліку. Такий характер зростання співпадає із отриманими результатами, де приріст величини базального мікробного дихання на кінцеву дату індикації (2024 рік) був у значенні 19,08%, а для контрольного варіанту на цю ж дату 12,37%. Аналогічні особливості визначено і для субстрат-індукованого мікробного дихання де приріст до контролю був у значенні 22,67%. Враховуючи той факт, що субстрат-індуковане мікробне дихання є показником активної частини мікробної біомаси, яка швидко реагує на надходження

легкодоступного джерела вуглецю (зазвичай глюкози) [45] – регулярне внесення сидератів зменшує різкі коливання активності мікробів у часі, оскільки створюється постійний потік субстрату, що дозволяє віднести ґрунт із систематичним сидеральним внесенням до більш стабільного за показником «мікробною готовності» до розкладання органічної речовини. Навпаки на контролі без сидерації швидкість реакції трансформації внесених сидератів чи рослинних решток є послабленою в силу чого субстрат індуковане дихання знижується, формуючи різнонаправлену динаміку між формуванням базального та субстрат індукованого дихання. Такі результати підтверджено і в інших дослідженнях [46]. Загалом слід зауважити, що складна динаміка у формуванні показників інтенсивності дихання та акумуляції мікробної маси у співставленні контрольного та сидерального варіантів вказує на специфічні процеси трансформації сидеральної маси характерні для сірих лісових ґрунтів в силу їх помірного потенціалу родючості та відносно невисокому стартовому мікробіологічному потенціалу [21]. За рахунок цього ефективність застосування редьки олійної у тих же варіантах на ґрунтах з більш високим потенціалом родючості матиме прогнозовано істотно вищий агротехнологічний удобрювальний ефект.

Висновки. На підставі узагальнюючого аналізу ефективності використання редьки олійної у якості сидерального компонента біоорганічних систем удобрення культур нехрестоцвітої групи у сівозміні доведено можливість її тривалого систематичного застосування з технологічною частотою раз на два роки з досяжним рівнем фітотоксичності за період 12 річного циклу вирощування сільськогосподарських культур за критерієм схожості у середньому для шару ґрунту 0–30 см на рівні 11,17 УКО. За критерієм формування маси рослин динаміка наростання фітотоксичності ґрунту за той же період агротехнологічного застосування сидерації становить 1,71% (ФЕ)/рік для шару ґрунту 0–10 см, 1,92% (ФЕ)/рік для шару ґрунту 10–20 см та 1,65% (ФЕ)/рік для шару ґрунту 20–30 см у співставленні до максимального значення в ряду динаміки показника на сірих лісових ґрунтах за умов нестійкого зволоження.

Доведено позитивний вплив систематичного варіанту застосування редьки олійної у варіанті проміжної сидерації з позиції впливу на мікробіологічний комплекс ґрунту з формуванням динамічного росту загальної мікробної маси ґрунту на рівні 1,03 г/кг ґрунту на рік у співставленні до вихідного рівня та 1,65 г/кг ґрунту на рік у співставленні кінцевих результатів контрольного та сидерального варіантів утримання ґрунту за період 2015–2025 рр. Визначено суттєве поліпшення структури еколого-функціональної групи ґрунтових мікроорганізмів за інтегральною коефіцієнту природи функціонально корисної ґрунтової мікробіоти у значенні 31,72% у співставленні до вихідного облікового значення на кінцеву дату обліку за період 2014–2024 рр.

Література

1. Балюк С. А., Кучер А. В., Ромащенко М. І. Ґрунтовий покрив України в умовах воєнних дій: стан, виклики, заходи з відновлення : монографія. Київ : Аграрна наука, 2024. 340 с.
2. Бессонова В. П. Фітоіндикація та фітомоніторинг : навчальний посібник. Дніпровський державний аграрно-економічний університет. Дніпро : Герда 2024. 206 с.
3. Волкогон В. В., Надкернична О. В., Токмакова Л. М. Експериментальна ґрунтова мікробіологія : монографія. Київ : Аграрна наука, 2010. 464 с.
4. Гамкало З. Біотична активність як критерій едафічного комфорту. Екологічна якість ґрунту. Львів : Видавничий центр Львівського національного університету імені Івана Франка, 2018. С. 200–254.
5. Головка Е.А., Шроль Т.С. Скринінг ґрунтових мікроорганізмів-активаторів біологічно активних речовин. *Мікробіологічний журнал*. 1994. Вип. 56. № 4. С. 55–59.
6. Господаренко Г. М., Лисянський О. Л. Аллопатичний вплив сидеральних культур на пшеницю озиму. *Вісник ЖНАЕУ*. 2015. № 2 (50), Т. 1. С. 190–198.
7. Грицаєнко Г. М. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ, 2003. 320 с.
8. Гродзинський А. М. Основи хімічної взаємодії рослин : монографія / відп. ред. І. Г. Вивалько. Київ : Наук. думка, 1973. 205 с.
9. Гродзинський А. М., Богдан Г. П., Головка Е. А. Аллопатична ґрунтова. Київ : Наукова думка, 1979. 278 с.
10. Гродзинський А. М. Аллопатія рослин та ґрунтова / вступ. ст. Е. А. Головка, В. В. Кваші. Київ : Наукова думка, 1991. 432 с.
11. Гродзинський Д. М., Шиліна Ю. В., Куцонь Н. К. Застосування рослинних тест-систем для оцінки комбінованої дії факторів різної природи: Методичні рекомендації по оцінці допустимих рівнів радіонуклідного та хімічного забруднення за їх комбінованої дії. К. : Фітосоціоцентр, 2006. 60 с.
12. Гудзь С. П., Гнатуш С. О., Яворська Г. В., Білінська І. С., Борсукевич Б. М. Практикум з мікробіології. Львів : Вид. центр ЛНУ імені Івана Франка, 2014. 436 с.
13. Гудзь В. П., Міщенко Ю. Г., Прасол В. І. Вплив післяживних сидератів на біологічну активність чорнозему типового малогумусного. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2009. Вип. 140. С. 84–89.
14. Дем'янюк О. С., Симочко Л. Ю., Тертична О. В. Сучасні методичні підходи до оцінювання екологічного стану ґрунту за активністю мікробіоценозу. *Питання біоіндикації та екології*. 2017. Вип. 22. № 1. С. 55–68.
15. ДСТУ ISO 10381-6-2001 Якість ґрунту. Відбір проб. Ч.6. Настанови щодо відбору, оброблення та зберігання ґрунту для дослідження аеробних мікробіологічних процесів у лабораторії (ISO 10381-6:1993, ІДТ). Київ, Держстандарт України. 2002. 6 с.
16. ДСТУ 4287:2004 Якість ґрунту. Відбирання проб [Чинний від 2005-07-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 9 с.

17. ДСТУ ISO 11269-1:2004. Якість ґрунту. Визначення дії забрудників на флору ґрунту. Частина 1. Метод визначення інгібіторної дії на ріст коренів (ISO 11269- 1995, IDT). [Чинний від 2005-07-01]. Вид. офіц. Харків : Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського Української Академії аграрних наук, 2005. 184 с.
18. ДСТУ ISO 11269-2: 2002. Якість ґрунту. Визначення дії забрудників на флору ґрунту. Частина 2. Вплив хімічних речовин на проростання та ріст вищих рослин (ISO 11269-1995, IDT). [Чинний від 2004-05-01]. Вид. офіц. Київ. Держстандарт України. 2004. 22 с.
19. Ермантраут Е. Р., Міщенко Ю. Г. Післязливні сидерати і мікробіологічна активність ґрунту. *Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету*. 2007. Вип. 15. С. 16–19.
20. Іутинська Г. О. Ґрунтова мікробіологія : навч. посіб. Київ : Арістей, 2006. 284 с.
21. Малиновська І. М., Ткаченко М. А. Мікробіологічні процеси у сірому лісовому ґрунті: монографія. Київ : «Аграрна наука», 2023. 120 с.
22. Міщенко Ю. Г. Післязливні сидерати та контроль забур'яненості. *Вісник СНАУ. Серія : Агронімія та біологія*. 2017. Вип. 9. С. 23–31.
23. Міщенко Ю. Г., Прасол В. І., Мозгова Н. М. Дія пожнивних посівів сидератів на агрофізичні властивості ґрунту. *Вісник СНАУ. Серія : Агронімія та біологія*. 2003. Вип. 7. С. 66–69.
24. Ольхович О. П., Мусієнко М. М. Фітоіндикація та фітомоніторинг: Метод. рек. / Київський національний ун-т ім. Тараса Шевченка. Київ, 2005. 64 с.
25. Пліско І. В. Якість орних ґрунтів України. Харків : ФОП Бровін О.В., 2020. 372 с
26. Пліско І. В., Моргун Д. О., Романчук К. Ю. До питання про використання мікробіологічних показників в оцінці якості ґрунту. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2022. Вип. 93. С. 12–23.
27. Пузік В. К. Алелопатично активні з'єднання і їх роль в агрофітоценозах. Харків : Харк. нац. аграр. ун-т ім. В. В. Докучаєва, 2002. 184 с.
28. Симочко Л. Ю., Дем'янюк О. С., Симочко В. В. Біоіндикація і біотестування ґрунтів – сучасні методичні підходи. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Сер. : Біологія*. 2017. Вип. 42. С. 77–81.
29. Симочко Л. Ю., Симочко В. В. Інтегрованість мікробного ценозу ґрунту при антропогенному навантаженні. *Наукові записки державного природознавчого музею*. 2007. Вип. 23. С. 111–118.
30. Сквіва Л. М., Гудзь С. О. Динаміка фітотоксичності ґрунту за різних систем удобрення. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2021. Вип. 89. № 1. URL: <https://scireports.com.ua/uk/article/download/dinamika-fitotoksichnosti-gruntu-za-riznikh-sistem-udobrennya> (дата звернення 12.09.2025).
31. Харченко О. В., Міщенко Ю. Г., Прасол В. І., Сенченко Н. К. Основні концептуальні підходи щодо збереження родючості ґрунту при біологізації землеробства в Сумській області. *Вісник СНАУ. Серія : Агронімія і біологія*. 2013. Вип. 11. С. 87–91.
32. Цицюра Я. Г., Неїлик М. М., Дідур І. М., Поліщук М. І. Сидерація як базова складова біологізації сучасних систем землеробства. Вінниця : ТОВ «Друк», 2022. 770 с.
33. Цицюра Я. Г., Шкатула Ю. М., Забарна Т. А., Пелех Л. В. Інноваційні підходи до фітореMediaції та фіторекультивації у сучасних системах землеробства. Монографія. Вінниця : ТОВ «Друк». 2022. 1200 с.
34. Шерстобоева О. В., Дем'янюк О. С., Чабанюк Я. В. Біодіагностика і біобезпека ґрунтів агро-екосистем. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 2. С. 142–149.
35. Юрчак Л. Д. Алелопатія в агробіогеоценозах ароматичних рослин : монографія / відп. ред. П. А. Мороз ; рец. В. Г. Собко, Е. А. Головки. Київ : Фітосоціоцентр, 2005. 411 с.
36. Bhogal A., White C., Morris N. Maxi Cover Crop: Maximising the benefits from cover crops through species selection and crop management. Project Report №. 620. AHDB Cereals & Oilseeds. 2020. 111 p.
37. Chen S., X. Zhang L. Shao H., Sun J., Liu X. Effects of straw and manure management on soil and crop performance in North China plain. *Catena*. 2020. Vol. 187. 104359.
38. Clark A. Managing cover crops profitably. DIANE Publishing (3rd ed.). 2008. 248 p.
39. Demyanyuk O.S., Patyka V.P., Sherstoboeva O.V., Bunas A. A. Formation of the structure of microbiocenoses of soils agroecosystems depending on trophic and hydrothermic factors. *Biosystems diversity*. 2018. Vol. 26. № 2. P. 103–110.
40. De Willigen P., Janssen B. H., Heesmans H. I. M., Conijn J. G., Velthof G. J., Chardon W. J. Decomposition and accumulation of organic matter in soil. Comparison of some models. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1726. 2008. 74 p.
41. Fanish S.A. Impact of Green Manure Incorporation on Soil Properties and Crop Growth Environment: A Review. *World Journal of Agricultural Sciences*. 2017. Vol. 13. № 3. P. 122–132.
42. Glibovytska N., Mykhailiuk Yu. Phytoindication research in the system of environmental monitoring. *Екологічні науки*. 2020. № 1 (28). С. 111–114.
43. Israt I.J., Parimal B.K. Residual Effect of Green Manure on Soil Properties in Green Manure-Transplant Aman-Mustard Cropping Pattern. *Indian Journal of Agricultural Research*. 2023. Vol. 57. № 1. P. 67–72.
44. Khamare Y, Chen J., Marble S.C. Allelopathy and its application as a weed management tool: A review. *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13. 1034649.
45. Lei B., Wang J., Yao H. Ecological and environmental benefits of planting green manure in paddy fields. *Agriculture*. 2022. Vol. 12. №2. 223.
46. Lin Y., Ye G., Kuzyakov Y., Liu D., Fan J., Ding W. Long-term manure application increases soil organic matter and aggregation, and alters microbial community structure and keystone taxa. *Soil Biology and Biochemistry*. 2019. Vol. 134. P. 187–196.
47. Ma D., Yin L., Ju W., Li X., Liu X., Deng X., Wang S. Meta-analysis of green manure effects on soil properties and crop yield in northern China. *Field Crop Research*. 2020. Vol. 266. 108146.
48. Nisbet R., Elder J., Miner G. Handbook of Statistical Analysis and Data Mining Applications. Academic Press, Inc., USA. 2009. 860 p.
49. Ohno T., Doolan K., Zibilske L.M., Liebman M., Gallandt E.R. Berube C. Phytotoxic effects of red clover amended soils on wild mustard seedling

growth. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2000. Vol. 78. P. 187–192.

50. Pan D., Tang J., Zhang L., He M., Kung C. The impact of farm scale and technology characteristics on the adoption of sustainable manure management technologies: Evidence from hog production in China. *Journal of Cleaner Production*. 2021. Vol. 280. 124340.

51. Pedrol N., Puig C. G. Application of Allelopathy in Sustainable Agriculture. *Agronomy*. 2024. Vol. 14. № 7. 1362.

52. Qadir M., Schubert S., Steffens D. Phytotoxic Substances in Soils. *Encyclopedia of Soils in the Environment*. 2013. P. 216–222.

53. Silva G. T. A., Matos L. V., Nóbrega P. de O., Carneiro E. F., Resende A. S. de Resende. Chemical composition and decomposition rate of plants used as green manure. *Scientia Agricola*. 2008. Vol. 65. № 3. P. 298–305.

54. Test Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability of Fodder Radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.). 2017. TG/178/3, UPOV, Geneva. 19 p.

55. Tiquia S.M., Tam N.F.Y., Hodgkiss I.J. Effects of composting on phytotoxicity of spent pig-manure sawdust litter. *Environmental Pollution*, 1996. Vol. 93. № 3. P. 249–256.

56. Toungos M. D., Bulus Z. W. Cover crops dual roles: Green manure and maintenance of soil fertility, a review. *International Journal of Innovative Agriculture and Biology Research*. 2019. Vol. 7. № 1. P. 47–59.

57. Tsytsiura Y. Ecological adaptive tactics of oil radish root formation at different terms of green manure application. *Journal of Ecological Engineering*. 2025. Vol. 26. № 9. P. 420–439.

58. Tsytsiura Y. Potential of oilseed radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.) as a multi-service cover crop (MSCC). *Agronomy Research*. 2024. Vol. 22. № 2. P. 1026–1070.

59. Tsytsiura Y., Sampietro D. Allelopathic Effects of Annual Weeds on Germination and Seedling Growth of Oilseed Radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.). *Acta Fytotechnica et Zootechnica*. 2024. Vol. 27. № 1. P. 77–97.

60. Undersander D., Mertens D.R., Thiex N. Forage analyses. Procedures. National Forage Testing Association. 1993. 139 p.

61. Zhang J., Li, P. Using soil microorganism to construct a new index of soil quality evaluation. *Earth Environment Science*. 2020. Vol. 440. №052023. P. 1–4.

References

1. Baliuk, S. A., Kucher, A. V., Romashchenko, M. I. (2024). Gruntovyi pokryv Ukrainy v umovakh voiennykh dii: stan, vyklyky, zakhody z vidnovlennia [Soil Cover of Ukraine under Military Actions: State, Challenges, Restoration Measures]: monohrafiia. Kyiv : Ahrarna nauka [in Ukrainian].

2. Bessonova, V.P. (2024). Fitoindykatsiia ta fitomonitoring [Phytoindication and Phytomonitoring]. Navchalnyi posibnyk. Dniprovskiy derzhavnyi ahrarno-ekonomichnyi universytet. Dnipro: Herda [in Ukrainian].

3. Volkohon, V. V., Nadkernychna, O. V., Tokmakova, L. M. (2010). Eksperymentalna gruntova

mikrobiolohiia [Experimental Soil Microbiology]: monohrafiia. Kyiv : Ahrarna nauka [in Ukrainian].

4. Hamkalo Z. (2018). Biotychna aktyvnist yak kryterii edafichnoho komfortu. Ekolohichna yakist gruntu [Biotic Activity as a Criterion of Edaphic Comfort. Ecological Quality of Soil]. Lviv : Vydavnychiy tsentr Lvivskoho natsionalnoho universytetu imeni Ivana Franka [in Ukrainian].

5. Holovko, E. A., Shrol, T. S. (1994). Skrynih gruntovykh mikroorhanizmiv- aktyvatoriv biolohichno aktyvnykh rehovyn [Screening of soil microorganisms – activators of biologically active compounds]. *Mikrobiolohichnyi zhurnal*. 1994. Vyp. 56. № 4. C. 55–59. [in Ukrainian].

6. Hospodarenko, H. M., Lysianskyi, O. L. (2015). Aleopatychnyi vplyv syderalnykh kultur na pshenytsiu ozymu [Allelopathic Influence of Green Manure Crops on Winter Wheat]. *Visnyk ZhNAEU*. 2015. № 2 (50), T. 1. S. 190–198 [in Ukrainian].

7. Hrytsaienko, H.M. (2003) Metody biolohichnykh ta ahrokhimichnykh doslidzhen roslyn i gruntiv [Methods of Biological and Agrochemical Research of Plants and Soils]. Kyiv [in Ukrainian].

8. Hrodzynskyi, A. M. (1973). Osnovy khimichnoi vzaiemodii Roslyn [Fundamentals of Chemical Interactions of Plants] : monohrafiia / vidp. red. I. H. Vyvalko. Kyiv : Nauk. dumka [in Ukrainian].

9. Hrodzynskyi, A. M., Bohdan, H. P., Holovko, E. A. (1979). Aleopatychna gruntovtoma [Allelopathic Soil Fatigue]. Kyiv : Naukova dumka [in Ukrainian].

10. Hrodzynskyi, A. M. Aleopatiia roslyn ta gruntovtoma [Plant Allelopathy and Soil Fatigue] / vstup. st. E. A. Holovka, V. V. Kvashi. Kyiv : Naukova dumka [in Ukrainian].

11. Hrodzynskyi, D. M., Shylina, Yu. V., Kutson, N. K. (2006). Zastosuvannia roslynnykh test-system dlia otsinky kombinovanoi dii faktoriv riznoi pryrody: Metodychni rekomendatsii po otsintsi dopustymykh rivniv radionuklidnoho ta khimichnoho zabrudnennia za yikh kombinovanoi dii [Application of Plant Test Systems for Assessing the Combined Effects of Factors of Different Nature: Methodological Recommendations for Assessing Permissible Levels of Radionuclide and Chemical Contamination under Their Combined Action]. K. : Fitosotsiotsentr [in Ukrainian].

12. Hudz, S. P., Hnatush, S. O., Yavorska, H. V., Bilinska, I. S., Borsukevych, B. M. (2014). Praktykum z mikrobiolohii [Practicum in Microbiology]. Lviv : Vyd. tsentr LNU imeni Ivana Franka [in Ukrainian].

13. Hudz, V. P., Mishchenko, Yu. H., Prasol, B. I. (2009). Vplyv pisliazhnyykh syderativ na biolohichnu aktyvnist chornozemu typovoho malohumusnoho. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy [Influence of Post-Harvest Green Manures on the Biological Activity of Typical Low-Humus Chernozem]*. Vyp. 140. S. 84–89.

14. Demianiuk, O.S., Symochko, L.Iu., Tertychna, O.V. (2017). Suchasni metodychni pidkhody do otsiniuvannia ekolohichnoho stanu gruntu za aktyvnistiu mikrobiotsenozu. Pytannia bioindykatsii ta ekolohii [Modern Methodological Approaches to Assessing the Ecological State of Soil by Microbiocenosis Activity]. Vyp. 22. № 1. S. 55–68 [in Ukrainian].

15. DSTU ISO 10381-6-2001 (2002). Yakist gruntu. Vidbir prob. Ch.6. Nastanovy shchodo vidboru, obroblennia ta zberihannia gruntu dlia doslidzhenia aerobnykh mikrobiolohichnykh protsesiv u laboratorii [Soil Quality. Sampling. Part 6. Guidelines for Sampling, Handling and Storage of Soil for the Study of Aerobic Microbiological Processes in the Laboratory] (ISO 10381-6:1993, IDT). Kyiv, Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
16. DSTU 4287:2004 (2005). Yakist gruntu. Vidbyrannia prob [Soil Quality. Sampling] [Chynnyi vid 2005-07-01]. Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
17. DSTU ISO 11269-1:2004. (2005). Yakist gruntu. Vyznachennia dii zabrudnykiv na floru gruntu. Chastyna 1. Metod vyznachennia inhibitornoi dii na rist koreniv [Soil Quality. Determination of Contaminant Effects on Soil Flora. Part 1. Method for Determining Inhibitory Effects on Root Growth] (ISO 11269- 1995, IDT). [Chynnyi vid 2005-07-01]. Vyd. ofits. Kharkiv : Instytut gruntoznavstva ta ahrokhimii im. O.N. Sokolovskoho Ukrainskoi Akademii ahrarykh nauk [in Ukrainian].
18. DSTU ISO 11269-2: 2002. (2004). Yakist gruntu. Vyznachennia dii zabrudnykiv na floru gruntu. Chastyna 2. Vplyv khimichnykh rehovyn na prostannia ta rist vyshchykh Roslyn [Soil Quality. Determination of Contaminant Effects on Soil Flora. Part 2. Influence of Chemicals on Germination and Growth of Higher Plants] (ISO 11269-1995, IDT). [Chynnyi vid 2004-05-01]. Vyd. ofits. Kyiv. Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
19. Ermantraut, E. R., Mishchenko, Yu. H. (2007). Pisliazhnyvni syderaty i mikrobiolohichna aktyvnist gruntu [Post-Harvest Green Manures and Soil Microbiological Activity]. *Zbirnyk naukovykh prats Podilskoho derzhavnoho ahraryho-tekhnichnoho universytetu*. Vyp. 15. S. 16–19 [in Ukrainian].
20. Iutynska, H. O. (2006). Gruntova mikrobiolohiia [Soil Microbiology]: navch. posib. Kyiv : Aristei [in Ukrainian].
21. Malynovska, I. M., Tkachenko, M. A. (2023). Mikrobiolohichni protsesy u siromu lisovomu grunty [Microbiological Processes in Grey Forest Soil]: monohrafiia. Kyiv : «Ahrarna nauka» [in Ukrainian].
22. Mishchenko Yu. H. (2017). Pisliazhnyvni syderaty ta kontrol zaburianenosti [Post-Harvest Green Manures and Weed Control]. *Visnyk SNAU. Serii: Ahronomiia ta biolohiia*. Vyp. 9. S. 23–31 [in Ukrainian].
23. Mishchenko, Yu. H., Prasol, V. I., Mozghova, N. M. (2003). Diia pozhnyvnykh posiviv syderativ na ahrofizychni vlastyvoli gruntu [Effect of Post-Harvest Green Manure Crops on Soil Agrophysical Properties]. *Visnyk SNAU. Serii : Ahronomiia ta biolohiia*. Vyp. 7. S. 66–69 [in Ukrainian].
24. Olkhovych, O.P., Musiienko, M.M. (2005). Fitindykatsiia ta fitomonitorynh [Phytoindication and Phytomonitoring] : Metod. rek. / Kyivskiy natsionalnyi un-t im. Tarasa Shevchenka. Kyiv [in Ukrainian].
25. Plisko, I.V. (2020). Yakist ornykh gruntiv Ukrainy [Quality of Arable Soils of Ukraine]. Kharkiv : FOP Brovin O.V. [in Ukrainian].
26. Plisko, I. V., Morhun, D. O., Romanchuk, K. Iu. (2022). Do pyttannia pro vykorystannia mikrobiolohichnykh pokaznykiv v otsyntsi yakosti gruntu [On the Use of Microbiological Indicators in Soil Quality Assessment]. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo*. Vyp. 93. S. 12–23 [in Ukrainian].
27. Puzik, V. K. (2002). Alelopatychno aktyvni ziednannia i yikh rol v ahrofitotsenozakh [Allelopathically Active Compounds and Their Role in Agro-Phytocenoses]. Kharkiv : Khark. nats. ahrary. un-t im. V. V. Dokuchaieva [in Ukrainian].
28. Symochko, L. Iu., Demianiuk, O. S., Symochko, V.V. (2017). Bioindykatsiia i biotestuvannia gruntiv – suchasni metodychni pidkhody [Bioindication and Biotesting of Soils – Modern Methodological Approaches]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho natsionalnoho universytetu. Ser. : Biolohiia*. Vyp. 42. S. 77–81 [in Ukrainian].
29. Symochko, L. Iu., Symochko, V. V. (2007). Intehrovanist mikrobnoho tsenozu gruntu pry antropohennomu navantazheni [Integration of Soil Microbial Cenosis under Anthropogenic Pressure]. *Naukovi zapysky derzhavnoho pryrodoznavchoho muzeiu*. Vyp. 23. S. 111–118 [in Ukrainian].
30. Skivka, L. M., Hudz, S. O. (2021). Dynamika fitotoksychnosti gruntu za riznykh system udobrennia [Dynamics of Soil Phytotoxicity under Different Fertilization Systems]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy*. Vyp. 89. № 1. URL: <https://scireports.com.ua/uk/article/download/dynamika-fitotoksichnosti-gruntu-za-riznykh-sistem-udobrennya> (data zvernennia 12.09.2025) [in Ukrainian].
31. Kharchenko, O. V., Mishchenko, Yu. H., Prasol, V. I., Senchenko, N. K. (2013). Osnovni kontseptualni pidkhody shchodo zberezhenia rodiuchosti gruntu pry biolohizatsii zemlerobstva v Sumskii oblasti [Basic Conceptual Approaches to Preserving Soil Fertility in the Context of the Biologization of Agriculture in Sumy Region]. *Visnyk SNAU. Serii : Ahronomiia i biolohiia*. Vyp. 11. S. 87–91 [in Ukrainian].
32. Tsytsiura, Ya. H., Neilyk, M. M., Didur, I. M., Polishchuk, M. I. (2022). Syderatsiia yak bazova skladova biolohizatsii suchasnykh system zemlerobstva [Green Manuring as a Basic Component of the Biologization of Modern Farming Systems]. Vinnytsia : TOV «Druk» [in Ukrainian].
33. Tsytsiura, Ya. H., Shkatula, Yu. M., Zabarna, T. A., Pelekh, L. V. (2022). Innovatsiini pidkhody do fitoremediatsii ta fitorekultyvatsii u suchasnykh systemakh zemlerobstva [Innovative Approaches to Phytoremediation and Phytorecultivation in Modern Farming Systems]. Monohrafiia. Vinnytsia : TOV «Druk» [in Ukrainian].
34. Sherstoboieva, O. V., Demianiuk, O. S., Chabaniuk, Ya. V. (2017). Biodiagnostyka i biobezpeka gruntiv ahroekosystem [Biodiagnostics and Biosafety of Agroecosystem Soils]. *Ahroekolohichni zhurnal*. № 2. S. 142–149 [in Ukrainian].
35. Yurchak, L. D. (2005). Alelopatiia v ahrobioteotsenozakh aromatychnykh Roslyn [Allelopathy in Agro-Biogeocenoses of Aromatic Plants] : monohrafiia / vidp. red. P. A. Moroz; rets. V. H. Sobko, E. A. Holovko. Kyiv : Fitosotsiotsentr [in Ukrainian].
36. Bhogal, A., White, C., Morris, N. (2020). Maxi Cover Crop: Maximising the benefits from cover crops through species selection and crop management. Project Report №. 620. AHDB Cereals & Oilseeds.

37. Chen, S., X. Zhang, L. Shao, H., Sun, J., Liu, X. (2020). Effects of straw and manure management on soil and crop performance in North China plain. *Catena*. 187. 104359.
38. Clark, A. (2008). Managing cover crops profitably. DIANE Publishing (3rd ed.).
39. Demyanyuk, O.S., Patyka, V.P., Sherstoboeva, O.V., Bunas, A.A. (2018). Formation of the structure of microbiocenoses of soils agroecosystems depending on trophic and hydrothermic factors. *Biosystems diversity*. 26(2), 103–110.
40. DeWilligen, P., Janssen, B.H., Heesmans, H.I.M., Conijn, J.G., Velthof, G.J., Chardon, W.J. (2008). Decomposition and accumulation of organic matter in soil. Comparison of some models. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1726.
41. Fanish, S.A. (2017). Impact of Green Manure Incorporation on Soil Properties and Crop Growth Environment: A Review. *World Journal of Agricultural Sciences*. 13(3), 122–132.
42. Glibovytska, N., Mykhailiuk, Yu. (2020). Phytointication research in the system of environmental monitoring. *Ekolohichni nauky*. 2020. 1(28), 111–114.
43. Israt, I.J., Parimal, B.K. (2023). Residual Effect of Green Manure on Soil Properties in Green Manure-Transplant Aman-Mustard Cropping Pattern. *Indian Journal of Agricultural Research*. 57(1), 67–72.
44. Khamare, Y, Chen, J., Marble, S.C. (2022). Allelopathy and its application as a weed management tool: A review. *Frontiers in Plant Science*. 13, 1034649.
45. Lei, B., Wang, J., Yao, H. (2022). Ecological and environmental benefits of planting green manure in paddy fields. *Agriculture*. 12(2), 223.
46. Lin, Y., Ye, G., Kuzyakov, Y., Liu, D., Fan, J., Ding, W. (2019). Long-term manure application increases soil organic matter and aggregation, and alters microbial community structure and keystone taxa. *Soil Biology and Biochemistry*. 134, 187–196.
47. Ma, D., Yin, L., Ju, W., Li, X., Liu, X., Deng, X., Wang, S. (2020). Meta-analysis of green manure effects on soil properties and crop yield in northern China. *Field Crop Research*. 266, 108146.
48. Nisbet, R., Elder, J., Miner, G. (2009). Handbook of Statistical Analysis and Data Mining Applications. Academic Press, Inc., USA.
49. Ohno, T., Doolan, K., Zibilske, L. M., Liebman, M., Gallandt, E. R. Berube, C. (2000). Phytotoxic effects of red clover amended soils on wild mustard seedling growth. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 78, 187–192.
50. Pan, D., Tang, J., Zhang, L., He, M., Kung, C. (2021). The impact of farm scale and technology characteristics on the adoption of sustainable manure management technologies: Evidence from hog production in China. *Journal of Cleaner Production*. 280, 124340.
51. Pedrol, N., Puig, C. G. (2024). Application of Allelopathy in Sustainable Agriculture. *Agronomy*. 14(7), 1362.
52. Qadir, M., Schubert, S., Steffens, D. (2013). Phytotoxic Substances in Soils. *Encyclopedia of Soils in the Environment*, 216–222.
53. Silva, G. T. A., Matos, L. V., Nóbrega, P. de O., Carneiro, E. F., Resende, A. S. de Resende. (2008). Chemical composition and decomposition rate of plants used as green manure. *Scientia Agricola*. 65(3), 298–305.
54. Test Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability of Fodder Radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.). (2017). TG/178/3, UPOV, Geneva.
55. Tiquia, S. M., Tam, N. F. Y., Hodgkiss, I. J. (1996). Effects of composting on phytotoxicity of spent pig-manure sawdust litter. *Environmental Pollution*, 1996. 93(3), 249–256.
56. Toungos, M. D., Bulus, Z. W. (2019). Cover crops dual roles: Green manure and maintenance of soil fertility, a review. *International Journal of Innovative Agriculture and Biology Research*. 7(1), 47–59.
57. Tsytsiura, Y. (2025). Ecological adaptive tactics of oil radish root formation at different terms of green manure application. *Journal of Ecological Engineering*. 26(9), 420–439.
58. Tsytsiura, Y. (2024). Potential of oilseed radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.) as a multi-service cover crop (MSCC). *Agronomy Research*. 22(2), 1026–1070.
59. Tsytsiura, Y., Sampietro, D. (2024). Allelopathic Effects of Annual Weeds on Germination and Seedling Growth of Oilseed Radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.). *Acta Fytotechnica et Zootechnica*. 27(1), 77–97.
60. Undersander, D., Mertens, D.R., Thiex, N. (1993). Forage analyses. Procedures. National Forage Testing Association.
61. Zhang, J., Li, P. (2020). Using soil microorganism to construct a new index of soil quality evaluation. *Earth Environment Science*. 440(Nº052023), 1–4.

Дата першого надходження рукопису до видання: 25.09.2025
 Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 30.10.2025
 Дата публікації: 28.11.2025

**А. А. Алексеєва**

кандидат біологічних наук, доцент,
старший викладач кафедри фізіології та інтродукції рослин,
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (м. Дніпро, Україна)
E-mail: ann.alekseeva21@gmail.com
orcid.org/0000-0002-1320-6839

**К. К. Голобородько**

доктор біологічних наук, професор,
головний науковий співробітник науково-дослідної
лабораторії
наземної екології, лісового ґрунтознавства та рекультивації земель
Науково-дослідний інститут біології Дніпровського національного університету
імені Олеся Гончара (м. Дніпро, Україна)
E-mail: holoborodko.kk@gmail.com
orcid.org/0000-0001-7857-1119

**І. А. Іванько**

кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник,
директор
Науково-дослідний інститут біології Дніпровського національного університету
імені Олеся Гончара (м. Дніпро, Україна)
E-mail: ivankoirina45@gmail.com
orcid.org/0000-0001-6542-1015

**В.М. Ловинська**

доктор сільськогосподарських наук, доцент,
головний науковий співробітник
науково-дослідної лабораторії лісового господарства,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет (м. Дніпро, Україна)
E-mail: glub@ukr.net
orcid.org/0000-0002-7359-9443

**С. А. Ситник**

доктор сільськогосподарських наук, доцент,
головний науковий співробітник науково-дослідної
лабораторії лісового господарства,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет (м. Дніпро, Україна)
E-mail: sytnyk.s.a@dsau.dp.ua
orcid.org/0000-0002-7646-6347

ФЛУОРЕСЦЕНЦІЯ ХЛОРОФІЛУ В ЛИСТКАХ РОСЛИН РОДУ *ACER* L. ЗА ВПЛИВУ *SAWADAEA* *BICORNIS* (WALLR.) MIYABE

У статті наведено результати дослідження впливу *Sawadaea bicornis* (Wallr.) Miyabe на стан фотосинтетичного апарату 4 видів роду *Acer* L. за допомогою методики вимірювання індукції флуоресценції хлорофілу (ІФХ), яка на даний час може бути реалізована за допомогою біосенсорів. Клеми широко використовуються для створення паркових та лісо-паркових фітоценозів, в групових та поодиноких посадках, в озелененні міських площ, проспектів, бульварів. Однак, в умовах міста клени є більш вразливими до патогенів. Ураження фітопатогенними грибами знижує їх декоративність, а також призводить до порушення фотосинтезуючих та транспіраційних процесів, викликають всихання та відмирання як

окремих гілок так і дерев загалом. Борошниста роса – захворювання, викликане паразитичним грибом *Sawadaea bicornis* (Wallroth) Miyabe 1937, є одним з найпоширеніших, що вражає молоді саджанці та дорослі рослини кленів. Для діагностики порушень фотосинтезу нативного хлорофілу у живих листках різних видів роду *Acer* використано портативний флуорометр «FLS 10s». Виміри проводили на живих листках клену гостролистого (*A. platanoides* L.), клену татарського (*A. tataricum* L.), явору (*A. pseudoplatanus* L.), клену ясенелистого (*A. negundo* L.) у вересні 2024 р. Виміри проводили на повністю не уражених та на уражених борошнистою россою листках у межах одного дерева (по 7 на кожному). Відсоток ураження листової пластинки фітопатогеном визначався візуально. Виявлено високу інформативність індукційних змін флуоресценції хлорофілу в структурній організації хлоропластів листя клену гостролистого, що визначається за параметрами $F_{o'}$, $F_{m'}$, F_v , $F_v/F_{o'}$, $F_v/F_{m'}$, $(F_m - F_{st})/F_{st}$, $(F_p - F_o)/F_v$. Наші дослідження показали, що метод ІФХ з використанням приладу «FLS 10s» дозволяє експресно визначати загальний стан рослини шляхом оцінки її основного процесу життєдіяльності – фотосинтезу. Аналіз параметрів флуоресценції хлорофілу є потужним і ефективним інструментом для визначення впливу грибка-паразита на рослину-господаря.

Ключові слова: грибові захворювання рослин, інтенсивність індукції флуоресценції хлорофілу, фотосинтетичний апарат рослин, біосенсори.

A. A. Alexeyeva

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,
Senior Lecturer at the Department of Plant Physiology and Introduction,
Oles Honchar Dnipro National University, (Dnipro, Ukraine)
E-mail: ann.alekseeva21@gmail.com
orcid.org/0000-0002-1320-6839

K. K. Holoborodko

Doctor of Biological Sciences, Professor,
Chief Researcher at the Research Laboratory of Terrestrial Ecology, Forest Soil Science and Land Reclamation
Research Institute of Biology of Oles Honchar Dnipro National University, (Dnipro, Ukraine)
E-mail: holoborodko.kk@gmail.com
orcid.org/0000-0001-7857-1119

I. A. Ivanko

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher,
Director
Research Institute of Biology of Oles Honchar Dnipro National University (Dnipro, Ukraine)
E-mail: ivankoirina45@gmail.com
orcid.org/0000-0001-6542-1015

V. M. Lovynska

Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Chief Researcher at the Research Laboratory of Forestry,
Dnipro State Agrarian and Economic University (Dnipro, Ukraine)
E-mail: sytnyk.s.a@dsau.dp.ua
orcid.org/0000-0002-7646-6347

S. A. Sytnyk

Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Chief Researcher at the Research Laboratory of Forestry,
Dnipro State Agrarian and Economic University, (Dnipro, Ukraine)
E-mail: glub@ukr.net
orcid.org/0000-0002-7359-9443

CHLOROPHYLL FLUORESCENCE IN LEAVES OF PLANTS OF THE GENUS ACER L. UNDER THE INFLUENCE OF SAWADAEA BICORNIS (WALLR.) MIYABE

The article presents the results of a study on the impact of *Sawadaea bicornis* (Wallr.) Miyabe on the photosynthetic apparatus of four species of the *Acer* L. genus using the chlorophyll fluorescence induction (Chf) method, which can currently be implemented with biosensors. Maples are widely used for the formation of park and forest park phytocenoses, in group and individual plantings, as well as for landscaping urban squares, avenues, and boulevards. However, in urban environments, maples are more vulnerable to pathogens. Infection by phytopathogenic fungi reduces their ornamental value and disrupts photosynthetic and transpiration processes, leading to the drying out and death of individual branches or entire trees. Powdery mildew, a disease caused by the parasitic fungus *Sawadaea bicornis* (Wallroth) Miyabe 1937, is one of the most common diseases affecting both young saplings and mature maple trees. To diagnose photosynthesis disturbances of native chlorophyll in the living leaves of various *Acer* species, the portable fluorometer "FLS 10s" was used. Measurements were conducted on living leaves of Norway maple (*A. platanoides* L.), Tatar maple (*A. tataricum* L.), sycamore maple (*A. pseudoplatanus* L.), and boxelder maple (*A. negundo* L.) in September 2024. Measurements were taken on both completely unaffected and powdery mildew-affected leaves from the same tree (seven leaves per condition). The percentage of leaf blade infection by the phytopathogen was determined visually. A high informativeness of the induction changes in chlorophyll fluorescence in the structural organization of Norway maple chloroplasts was revealed, as determined by parameters such as $F_{o'}$, $F_{m'}$, F_v , $F_v/F_{o'}$, $F_v/F_{m'}$, $(F_m - F_{st})/F_{st}$, $(F_p - F_o)/F_v$. Our research demonstrated that the CFI method, using the "FLS 10s" device, enables rapid assessment of the overall condition of a plant by evaluating its primary life-sustaining process – photosynthesis. The analysis of chlorophyll fluorescence parameters serves as a powerful and effective tool for determining the impact of the parasitic fungus on the host plant.

Key words: fungal plant diseases, the intensity of chlorophyll fluorescence induction, plant photosynthetic apparatus, biosensors.

Постановка проблеми. Кліматичні зміни, що спричиняють аридизацію, негативно впливають на умови зростання дерев, обмежуючи

їхню здатність виконувати екологічні та соціальні функції. Важливим аспектом догляду за міськими зеленими насадженнями є якісна оцінка

реакції дерев на екстремальні кліматичні умови та пов'язані з ними зміни в місцях зростання.

Окрім того, міське середовище створює широкий спектр стресових факторів, які мають серйозний негативний вплив на рослинність. Древа, що зростають в умовах урбанізованого простору, зазнають впливу низки несприятливих чинників: забруднення повітря вихлопними газами, накопичення у ґрунті важких металів, специфічної аеродинаміки міста. Це призводить до виснаження рослинних організмів, роблячи їх більш чутливими до ураження хворобами (вірусними, бактеріальними, грибовими) та пошкодження шкідниками.

Зважаючи на це, міські екосистеми потребують збагачення насаджень і розширення їхнього видового складу. За таких умов догляд за зеленими насадженнями має ґрунтуватися на сучасних методах експрес-діагностики стану рослин, одним із яких є метод індукції флуоресценції хлорофілу (ІФХ).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед листопадних деревних порід помірної зони клени є одними з найцінніших у зеленому будівництві, лісовому господарстві та лісових насадженнях. В умовах міської забудови рослини роду *Acer* L. широко використовуються з метою створення паркових та лісопаркових фітоценозів, у групових та поодиноких посадках, в озелененні міських площ, проспектів, бульварів. Завдяки своїм високим декоративним якостям із сезонним аспектом та наявністю масивної крони, яка здатна виконувати санітарно-гігієнічну роль, адсорбуючи поверхнею листків пил та аерогенні політанти, клени широко залучаються для озеленення промислових, селітебних та рекреаційних зон. Видовий склад кленів у насадженнях різного функціонального призначення, а особливо на промислових територіях, на сьогодні дуже обмежений. Досвід культури роду *Acer* в Україні показав перспективність інтродукції та впровадження кленів в озеленення на основі вивчення екологічної амплітуди видів та їх адаптивних властивостей в природно-кліматичних умовах певного інтродукційного району. Однак, в умовах міста клени є більш чутливими до патогенів. Ураження фітопатогенними грибами знижує їх декоративність, а також призводить до порушення фотосинтезуючих та транспіраційних процесів, викликають всихання та відмирання як окремих гілок так і дерев загалом [4].

Однією з найпоширеніших хвороб, що вражає молоді проростки і дорослі рослини роду *Acer*, є борошниста роса, зумовлена паразитним грибом *Sawadaea bicornis* (Wallroth) Miyabe 1937. Вплив борошнистої роси на рівні листка істотно залежить від часу і ступеня зараження, оскільки чутливість листя до фітопатогену залежить від його віку. Більш чутливі до пошкодження *S. bicornis* молоді листки і верхівки пагонів, тому борошністу росу насамперед можна спостерігати саме на верхівках рослин. За сильного ступеня ураження нальотом вкриваються всі листки і стебла, після чого вони жовтіють і всихають.

Борошниста роса є одним з найбільш небезпечних захворювань рослин, особливо на ранніх етапах їх онтогенезу, оскільки здатна зупинити ріст проростків, суттєво погіршити зимівлю, викликати повне опадання листя і істотно виснажити рослину [9].

Фотосинтез є універсальним процесом виживання рослин, а імунний захист – ключовим процесом адаптації рослин до умов зростання. Різні дослідження показали, що ці два процеси взаємопов'язані у складній мережі. Фотосинтез може впливати на сигнальні шляхи і забезпечувати матеріали та енергію для імунного захисту, в той час як процес імунного захисту також може зворотно впливати на фотосинтез.

Сучасні методи дозволяють отримувати інформацію про стан фотосинтетичного апарату рослин та оцінювати ступінь впливу на нього несприятливих чинників довкілля. Суттєвою перевагою їх є те, що вони здатні реєструвати навіть незначні зміни в активності фотосинтетичного апарату та дозволяють це оперативного здійснювати безпосередньо в польових умовах і досить швидко та просто. Метод індукції флуоресценції хлорофілу ґрунтується на вимірюванні рівня флуоресценції хлорофілу у рослин при інтенсивному освітленні після нетривалого періоду темної адаптації. Цей метод є достатньо чутливим та дозволяє швидко встановити зміни в фотосинтетичному апараті під дією стресу та регенераційний потенціал інтактних рослин [2].

Метою статті є встановлення ефективності застосування методу, що базується на оцінці інтенсивності індукції флуоресценції хлорофілу для визначення функціонального стану фотосинтетичного апарату листків рослин роду *Acer*, уражених *S. bicornis*.

Методика дослідження. Дослідження за даною тематикою виконане впродовж вегетаційного сезону 2024 р. у м. Дніпро. Місто розташоване у зоні помірних широт з досить активною атмосферною циркуляцією (переважним переміщенням повітряних мас зі сходу на захід). Клімат помірно-континентальний. Однією з особливостей клімату території є значні коливання погодних умов з року в рік. Помірно вологі роки чергуються з різко посушливими, нерідкі суховії. У цілому клімат характеризується досить прохолодною зимою і спекотним літом.

На території м. Дніпро у 1931 р. засновано Ботанічний сад Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара (48°26' N, 35°02' E; 127 м над рівнем моря). На його території культивуються клен гостролистий (*A. platanoides* L.), клен татарський (*A. tataricum* L.), які природно зростають у степовій зоні, явір (*A. pseudoplatanus* L.), ареал якого знаходиться в західних областях України і на Поділлі, а також північноамериканський інтродуцент клен ясенелистий (*A. negundo* L.).

Ґрунти представлені урбоґрунтами, сформованими на зональних чорноземах звичайних малогумусових середьосуглинистих на лесовидних суглинках [6].

Для діагностики порушень фотосинтезу нативного хлорофілу у живих листках різних видів роду *Acer* було використано портативний флуорометр «FLS 10s».

Діагностику виконували на живих листках рослин роду *Acer* (по 7 штук на кожному) у вересні 2024 р. Виміри проводили як на повністю не уражених, так і на уражених борошнистою россою листках у межах одного дерева.

Для інтерпретації кривої Каутського, ми використали відомі її критичні параметри: F_0 – початкове значення індукції флуоресценції після включення опромінення; F_p – значення індукції флуоресценції «плато»; F_m – максимальне значення індукції флуоресценції; F_{st} – стаціонарне значення індукції флуоресценції після світлової адаптації листка рослини. Окрім критичних параметрів кривої Каутського нами було використано розрахункові: $F_v = F_m - F_0$ – змінна флуоресценція хлорофілу; F_v/F_m – максимальна квантова ефективність фотосистеми II (ФСІІ); F_v/F_0 – максимальний початковий вихід фотохімії ФСІІ; $(F_m - F_{st})/F_{st}$ – коефіцієнт ефективності фотохімічних процесів; $(F_p - F_0)/F_v$ – частка QA-акцепторів невідновлюваних реакційних центрів PSII [3].

Статистичну обробку даних здійснено за допомогою ПК з використанням статистичного програмного забезпечення STATISTICA (StatSoft, 2014).

Основні результати дослідження. Внаслідок проведеного аналізу змін індукції флуоресценції хлорофілу (ІФХ) визначено вплив фітопатогенного гриба *S. bicornis* та генотипної специфічності на окремі показники ІФХ листків досліджуваних видів роду *Acer* та коефіцієнти, що характеризують перебіг світлових фаз фотосинтезу й ефективність фотохімічних процесів для темнових фаз засвоєння енергії світла. Під час дослідження впливу борошнистої роси на фотосинтетичний апарат кленів було встановлено, що показники ІФХ, які відображають процеси перетворення енергії на початкових етапах фотосинтезу, відрізняються у здорових та уражених листків рослин. Вплив паразитного гриба *S. bicornis* спричинив у рослин роду *Acer* досить різні за інтенсивністю і спрямованістю зміни індукції флуоресценції хлорофілу (табл. 1).

Показник F_0 залежить від втрат енергії збудження при її міграції по пігментній матриці світлозбиральних комплексів. У заражених борошнистою россою листках усіх видів кленів цей показник зменшувався на 10–25,8% у порівнянні з незараженими, що свідчить про зменшення втрат енергії під час її міграції до реакційних центрів (РЦ). Зі зменшенням кількості антенних хлорофілів знижується початковий рівень флуоресценції і навпаки. Отримані дані свідчать про зменшення ефективності використання поглинутого світла у зараженими листками кленів [11].

Параметр F_m характеризує найвищий рівень флуоресценції хлорофілу a , що реєструється у вигляді максимуму на індукційній кривій. Цей показник найбільш варіабельний з усіх інших, що зумовлено адаптивними змінами у структурі пігментного комплексу. Значення F_m у пошкоджених

S. bicornis листків у всіх досліджуваних дерев було меншим порівняно з неушкодженими. Значне зменшення цього параметра за впливу *S. bicornis* зафіксовано для видів *A. negundo* (на 41,6 %) і *A. tataricum* (на 46,6%), що, можливо, пов'язано з блокуванням ресинтезу хлорофілу, деградацією та руйнуванням структури хлоропластів, зменшенням їх кількості за впливу фітопатогену [5].

Показник F_v/F_m характеризує ефективність світлової фази фотосинтезу та водночас є найбільш інтегрованим показником. За співвідношенням F_v/F_m оцінюють квантовий вихід ФСІІ. Чутливість F_v/F_m до інгібування світлової фази фотосинтезу робить цей показник ефективним засобом моніторингу стресових чинників навколишнього середовища на рослини. Результати вимірювань дають підставу стверджувати про нормальні показники ефективності світлової фази фотосинтезу для всіх експериментальних видів кленів за впливу фітопатогену, адже вони змінюються в межах 0,71–0,82, що є достатнім для забезпечення функціонування пігментного комплексу ФСІІ, що засвідчує пластичність структурних змін в організації пігментного комплексу хлоропластів [7]. Однак у пошкоджених борошнистою россою листках усіх досліджуваних видів спостерігалось зменшення цього показника у порівнянні з непошкодженими, що свідчить про порушення функціональної активності комплексів ФСІІ внаслідок дії стресового чинника – *S. bicornis*. Зниження F_v/F_m , свідчить про поступове скорочення світлозбиральної антени PSII завдяки деградації пігмент-білкових комплексів в її складі [12].

Під час діагностування змін, що відбувалися у фотосинтетичному апараті рослин видів роду *Acer*, було визначено параметр F_v/F_0 , що відображає ефективність використання енергії збудження у ФСІІ. Тенденції змін параметру F_v/F_0 були ідентичними до змін параметру F_v/F_m , проте були більш істотними, що демонструє більшу його чутливість до впливу *S. bicornis* на фотосинтетичний апарат кленів [8].

Коефіцієнт плато $(F_p - F_0)/F_v$, який характеризує відносну кількість неактивних реакційних центрів відносно загального числа реакційних центрів, у дослідних рослин був у межах 0,33–0,53. Вплив борошнистої роси на рослини *A. platanoides* призводить до зростання значення $(F_p - F_0)/F_v$ на 23,3%. У видів *A. pseudoplatanus* та *A. tataricum* навпаки, значення коефіцієнту зменшувалося відповідно на 30% та 19,2%. У листках *A. negundo* даний коефіцієнт залишався незмінним. Коефіцієнт $(F_p - F_0)/F_v$ інформує про швидкість насичення неактивних реакційних центрів ФСІІ, яка відповідає за розклад води і виділення кисню. Підвищення коефіцієнту $(F_p - F_0)/F_v$ означає порушення як у міграції енергії, так і у транспорті електронів, а зниження свідчить про можливе прискорення електрон-транспортних процесів.

Ще одним показником, важливим для оцінювання функціонального стану листків,

Таблиця 1

Описова статистика змін ІФХ (середнє ± ст. відхилення) з відсотковим впливом (Імпракт, %) у листках *Acer* за впливу *S. bicornis*

Вид	Листки	Fo	Fp	Fm	Fst	Fv	Fv/Fm	Fv/Fo	(Fp-Fo)/Fv	(Fm-Fst)/Fst	Температура, °C	Вологість%	Освітленість, клх
<i>A. negundo</i>	Неуражені	395.6 ± 20.8a	1222.9 ± 78.8a	2082.6 ± 163.8a	1582.1 ± 160.6a	1680.1 ± 147.3a	0.81 ± 0.01a	4.24 ± 0.23a	0.49 ± 0.02a	0.32 ± 0.08a	22.8 ± 0.1a	40.1 ± 0.7a	8.4 ± 2.3a
	Уражені	334.7 ± 45.0b	769.3 ± 153.6b	1215.7 ± 236.1b	877.3 ± 139.3b	876.4 ± 187.8b	0.72 ± 0.02b	2.60 ± 0.30b	0.49 ± 0.04a	0.38 ± 0.14a	22.5 ± 0.1b	40.3 ± 0.6a	6.5 ± 0.5a
	Імпракт (%)	-15.40%	-37.10%	-41.60%	-44.60%	-47.80%	-10.90%	-38.70%	-0.10%	19.90%	-0.90%	0.50%	-21.70%
<i>A. platanoides</i>	Неуражені	351.4 ± 12.3a	993.0 ± 57.1a	1742.4 ± 90.0a	1416.3 ± 75.3a	1385.3 ± 97.3a	0.79 ± 0.02a	3.95 ± 0.32a	0.46 ± 0.03a	0.23 ± 0.04a	22.4 ± 0.2a	39.9 ± 1.7a	5.6 ± 0.6b
	Уражені	319.0 ± 46.2a	695.6 ± 24.2b	1111.3 ± 252.7b	848.6 ± 174.3b	792.3 ± 208.7b	0.71 ± 0.03b	2.45 ± 0.36b	0.53 ± 0.27a	0.31 ± 0.14a	22.5 ± 0.1a	40.0 ± 0.6a	8.6 ± 0.7a
	Імпракт (%)	-9.20%	-30.00%	-36.20%	-40.10%	-42.80%	-11.00%	-38.00%	14.20%	34.30%	0.30%	0.40%	53.60%
<i>A. pseudoplatanoides</i>	Неуражені	318.7 ± 26.0a	888.3 ± 80.5a	1531.4 ± 136.3a	1253.7 ± 124.7a	1206.7 ± 110.4a	0.79 ± 0.01a	3.78 ± 0.10a	0.47 ± 0.04a	0.22 ± 0.05b	21.9 ± 0.0a	40.9 ± 1.0a	5.2 ± 0.8a
	Уражені	273.0 ± 25.8b	557.0 ± 78.3b	1114.4 ± 116.8b	789.4 ± 79.2b	848.6 ± 102.5b	0.76 ± 0.02b	3.10 ± 0.17b	0.33 ± 0.03b	0.41 ± 0.08a	21.8 ± 0.1b	41.3 ± 0.2a	5.5 ± 0.2a
	Імпракт (%)	-14.30%	-37.30%	-27.20%	-37.00%	-29.70%	-3.50%	-18.00%	-29.60%	85.20%	-0.50%	1.00%	7.60%
<i>A. tataricum</i>	Неуражені	339.3 ± 20.7a	1072.1 ± 55.3a	1903.0 ± 102.6a	1573.4 ± 96.4a	1563.7 ± 84.5a	0.82 ± 0.00a	4.61 ± 0.15a	0.47 ± 0.03a	0.21 ± 0.03a	23.2 ± 0.2a	42.1 ± 0.7a	9.0 ± 0.3a
	Уражені	255.3 ± 26.5b	541.4 ± 89.6b	1016.9 ± 167.5b	853.7 ± 148.9b	755.6 ± 150.7b	0.74 ± 0.03b	2.94 ± 0.38b	0.38 ± 0.04b	0.19 ± 0.05a	22.9 ± 0.2b	41.7 ± 1.0a	9.2 ± 0.4a
	Імпракт (%)	-24.80%	-49.50%	-46.60%	-45.70%	-51.70%	-10.00%	-36.20%	-19.40%	-7.70%	-1.20%	-1.00%	1.30%

Примітка: Різні літери позначають статистично вірогідні відмінності для $P < 0.05$.

є коефіцієнт ефективності темнових фотохімічних процесів – $(F_m - F_{st})/F_{st}$. Цей параметр демонструє величину гасіння флуоресценції, на яку впливають як фотохімічні (фіксація CO_2), так і нефотохімічні процеси (теплова дисипація енергії збудженого стану молекул хлорофілу) [1]. За цим показником найнижчу ефективність фотохімічних процесів зафіксовано у заражених листках клену татарського.

За результатами описової статистики (див. табл. 1) встановлено, що для *A. negundo* середній імпакт для первинних змінних (F_o , F_p , F_m , F_{st} , F_v) становив – 37,3%, для *A. platanoides* – –31,7%, для *A. pseudoplatanoides* – –29,1%, для *A. tataricum* – 43,7%. Таким чином, найменший рівень фізіологічних відхилень спостерігався у *A. pseudoplatanoides*, а найбільший – у *A. tataricum*.

Висновки. Аналіз отриманих даних свідчить про високу чутливість параметрів індукції флуоресценції хлорофілу від ушкоджуючого впливу фітопатогенів, несприятливих техногенних факторів умов місця зростання та генотипових особливостей досліджуваних рослин роду *Acer*. Виявлено високу пластичність структурної організації хлоропластів листків видів *A. negundo*, *A. platanoides*, *A. pseudoplatanoides*, *A. tataricum* за впливу збудника борошнистої роси *S. bicornis* в умовах м. Дніпро. Зміни параметру F_v/F_o були ідентичними до змін параметру F_v/F_m , проте були більш істотними, що демонструє більшу його чутливість до впливу гриба на фотосинтетичний апарат кленів. Специфічно чутливим до ураження фітопатогеном були коефіцієнти $(F_p - F_o)/F_v$ та $(F_m - F_{st})/F_{st}$.

Література

- Alexeyeva A., Holoborodko K., Ivanko I., Zhukov O., Loza I. Characteristics of powdery mildew [*Sawa-daea bicornis* (Wallr.) Miyabe] influence on the photosynthetic process in Norway maple (*Acer platanoides* L.) seedlings. *J. For. Sci.* 2024. Vol. 70. P. 31–39. <https://doi.org/10.17221/30/2023-JFS>
- Baghbani F., Lotfi R., Moharramnejad S., Bandehagh A., Roostaei M., Rastogi A., Kalaji M. H. Impact of *Fusarium verticillioides* on chlorophyll fluorescence parameters of two maize lines. *European Journal of Plant Pathology.* 2019. Vol. 154, № 2. P. 1–10. <https://doi.org/10.1007/s10658-018-01659-x>
- Kautsky H., Hirsch A. Neue Versuche zur Kohlensäureassimilation. *Naturwissenschaften.* 1931. Vol. 19. P. 964. <https://doi.org/10.1007/BF01516164>
- Korányi D., Markó V. Host plant identity and condition shape phytophagous insect communities on urban maple (*Acer* spp.) trees. *Arthropod-Plant Interactions.* 2022. Vol. 16. P. 129–143. <https://doi.org/10.1007/s11829-022-09887-z>
- Lahr E.C., Dunn R.R., Frank S.D. Variation in photosynthesis and stomatal conductance among red maple (*Acer rubrum*) urban planted cultivars and wildtype trees in the southeastern United States. *PLOS ONE.* 2018. Vol. 13, № 5. P. e0197866. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197866>
- Lovynska V.M., Sytnyk S.A., Holoborodko K.K., Ivanko I.A., Buchavyi Yu.V., Alekseeva A.A. Study on accumulation of heavy metals by green plantations

in the conditions of industrial cities. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu.* 2022. Vol. 6. P. 117–122. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2022-6/117>

7. Matlok N., Szostek M., Antos P., Gajdek G., Gorzelany J., Bobrecka-Jamro D., Balawejder M. Effect of foliar and soil fertilization with new products based on calcinated bones on selected physiological parameters of maize plants. *Applied Sciences.* 2020. Vol. 10, № 7. P. 2579. <https://doi.org/10.3390/app10072579>

8. Peng J., Feng Y., Wang X., Li J., Xu G., Phonenasay S., Luo Q., Han Z., Lu W. Effects of nitrogen application rate on the photosynthetic pigment, leaf fluorescence characteristics, and yield of indica hybrid rice and their interrelations. *Scientific Reports.* 2021. Vol. 11. P. 7485. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-86858-z>

9. Ramut R.A., Puszt, W. Fungi complicit in oak powdery mildew infection in the Oława Forest District. *Acta Mycologica.* 2023. Vol. 58. P. 1–9. <https://doi.org/10.5586/am/166060>

10. Wang X.M., Wang X.K., Chen Y.Y., Berlyn G.P. Photosynthetic parameters of urban greening trees growing on paved land. *iForest.* 2019. Vol. 12. P. 403–410. <https://doi.org/10.3832/ifer2939-012>

11. Zhang Y., Guanter L., Joiner J., Song L., Guan K. Spatially-explicit monitoring of crop photosynthetic capacity through the use of space-based chlorophyll fluorescence data. *Remote Sensing of Environment.* 2018. Vol. 210. P. 362–374. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.03.031>

12. Zhu Z., Cao H., Li X., Rong J., Cao X., Tian J. A Carbon Fixation Enhanced Chlamydomonas reinhardtii Strain for Achieving the Double-Win Between Growth and Biofuel Production Under Non-stressed Conditions. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology.* 2021. Vol. 8. P. 603513. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.603513>

References

- Alexeyeva A., Holoborodko K., Ivanko I., Zhukov O., Loza I. (2024): Characteristics of powdery mildew [*Sawa-daea bicornis* (Wallr.) Miyabe] influence on the photosynthetic process in Norway maple (*Acer platanoides* L.) seedlings. *J. For. Sci.*, 70: 31–39. <https://doi.org/10.17221/30/2023-JFS>
- Baghbani F., Lotfi R., Moharramnejad S., Bandehagh A., Roostaei M., Rastogi A., Kalaji M. H. (2019): Impact of *Fusarium verticillioides* on chlorophyll fluorescence parameters of two maize lines. *European Journal of Plant Pathology*, 154(2): 1–10. <https://doi.org/10.1007/s10658-018-01659-x>
- Kautsky H., Hirsch A. (1931): Neue Versuche zur Kohlensäureassimilation. *Naturwissenschaften*, 19: 964. <https://doi.org/10.1007/BF01516164>
- Korányi D., Markó V. (2022): Host plant identity and condition shape phytophagous insect communities on urban maple (*Acer* spp.) trees. *Arthropod-Plant Interactions*, 16: 129–143. <https://doi.org/10.1007/s11829-022-09887-z>
- Lahr E.C., Dunn R.R., Frank S.D. (2018): Variation in photosynthesis and stomatal conductance among red maple (*Acer rubrum*) urban planted cultivars and wildtype trees in the southeastern United

States. *PLOS ONE*, 13(5): e0197866. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197866>

6. Lovynska V.M., Sytnyk S.A., Holoborodko K.K., Ivanko I.A., Buchavyi Yu.V., Alekseeva A.A. (2022): Study on accumulation of heavy metals by green plantations in the conditions of industrial cities. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 6: 117–122. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2022-6/117>

7. Matlok N., Szostek M., Antos P., Gajdek G., Gorzelany J., Bobrecka-Jamro D., Balawejder M. (2020): Effect of foliar and soil fertilization with new products based on calcinated bones on selected physiological parameters of maize plants. *Applied Sciences*, 10(7): 2579. <https://doi.org/10.3390/app10072579>

8. Peng J., Feng Y., Wang X., Li J., Xu G., Phonenasay S., Luo Q., Han Z., Lu W. (2021): Effects of nitrogen application rate on the photosynthetic pigment, leaf fluorescence characteristics, and yield of indica hybrid rice and their interrelations. *Scientific Reports*, 11: 7485. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-86858-z>

9. Ramut R. A., Pusz W. (2023). Fungi complicit in oak powdery mildew infection in the Oława Forest District. *Acta Mycologica*, 58, 1–9. <https://doi.org/10.5586/am/166060>

10. Wang X.M., Wang X.K., Chen Y.Y., Berlyn G.P. (2019): Photosynthetic parameters of urban greening trees growing on paved land. *iForest*, 12: 403–410. <https://doi.org/10.3832/ifor2939-012>

11. Zhang Y., Guanter L., Joiner J., Song L., Guan K. (2018): Spatially-explicit monitoring of crop photosynthetic capacity through the use of space-based chlorophyll fluorescence data. *Remote Sensing of Environment*, 210: 362–374. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.03.031>

12. Zhu Z., Cao H., Li X., Rong J., Cao X., Tian J. (2021): A Carbon Fixation Enhanced *Chlamydomonas reinhardtii* Strain for Achieving the Double-Win Between Growth and Biofuel Production Under Non-stressed Conditions. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 8: 603513. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.603513>

Дата першого надходження рукопису до видання: 12.09.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 30.10.2025
Дата публікації: 28.11.2025

**I. О. Федосій**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
завідувач кафедри овочівництва і закритого ґрунту,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
(м. Київ, Україна)
E-mail: fedosii@nubip.edu.ua
orcid.org/0000-0002-5044-9960

I. М. Бобось

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри овочівництва і закритого ґрунту,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
(м. Київ, Україна)
E-mail: irinabobos@ukr.net
orcid.org/0000-0001-5193-7192

**О. О. Комар**

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри овочівництва і закритого ґрунту,
Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ,
Україна)
E-mail: komaroff@nubip.edu.ua
orcid.org/0000-0001-7511-4190



СОРТОВІ ТА АГРОТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ КОРЕНЕПЛОДІВ ДАЙКОНУ

Стаття присвячена дослідженню впливу різних термінів сівби на продуктивність та товарну якість сортів дайкону. У період з 2022 до 2024 рік на території навчальної лабораторії «Флодоовочевий сад» Національного університету біоресурсів і природокористування України було проведено польовий експеримент. Дослідні ділянки були розташовані в Правобережному Лісостепу України. Облікова ділянка кожної повторності площею 5 м², варіанти розміщувались рендомізовано із триразовою повторністю.

В результаті дослідження було встановлено, що вирощування сорту Міновасі є значно доцільнішим порівняно з контрольним сортом Гулівер. Загалом, Міновасі демонстрував підвищення врожайності на 4,3–10,6% порівняно з Гулівером, причому найбільший приріст (5,4 т/га) був зафіксований при сівбі в першій декаді серпня. Найвища ж врожайність для досліджуваних сортів була досягнута за сівби в III декаді липня, що підтверджує взаємозв'язок між терміном сівби та продуктивністю. За цього оптимального терміну сівби врожайність становила 58,9 т/га для сорту Міновасі та 54,6 т/га для сорту Гулівер, а середня маса коренеплоду досягала найвищих значень – 426 г та 414 г відповідно. Також за інших термінів сівби спостерігалось перевищення середньої маси коренеплоду в сорту Гулівер відносно сорту Міновасі, а відхилення становило в межах досліду від 3 до 17 г. Крім того, сорт Міновасі продемонстрував вищу товарну якість, оскільки відсоток нетоварних коренеплодів у нього був нижчим (37,8–42,6 %) порівняно з сортом Гулівером (40,7–44,0 %). Аналіз структури нетоварних коренеплодів показав, що найбільшу частку (75,5–76,5 %) становило пошкодження капустяною мухою. Тут знову проявилася важлива взаємозалежність: сівба у III декаді липня та I декаді серпня забезпечила найвищу стійкість обох сортів до цього шкідника, знизивши рівень ураження до 28,7–32,1 %. Ці ж терміни сівби були оптимальними й для зниження інших показників, забезпечивши найменший відсоток ураження хворобами (1,1–1,8 %) та розтріскування (4,6–4,9 %), а також низьке значення розгалуження (3,0–3,5 %) коренеплодів. Таким чином, дослідження підтвердило, що оптимальний термін сівби у III декаді липня та I декаді серпня є ключовим фактором, який комплексно впливає на врожайність, якість, стійкість до шкідників та хвороб, забезпечуючи максимальну економічну ефективність.

Ключові слова: коренеплоди, терміни сівби, *Raphanus sativus L. convar. acanthiformis* Sazon., сорти, кліматичні фактори.

I. O. Fedosiy

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of Vegetable Crops and Greenhouses,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine)
E-mail: fedosii@nubip.edu.ua
orcid.org/0000-0002-5044-9960

I. M. Bobos

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Vegetable Crops and Greenhouses,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine)
E-mail: irinabobos@ukr.net
orcid.org/0000-0001-5193-7192

O. O. Komar

Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Vegetable Crops and Greenhouses,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine)
E-mail: komaroff@nubip.edu.ua
orcid.org/0000-0001-7511-4190

VARIETAL AND AGROTECHNICAL ASPECTS OF QUALITY CONTROL OF DAIKON ROOT CROPS

The article is devoted to studying the effect of different sowing dates on the productivity and marketable quality of daikon varieties. Between 2022 and 2024, a field experiment was conducted on the territory of the Fruit and Vegetable Garden training laboratory of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. The experimental plots were located in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The plot area of each repetition was 5 m², and the variants were randomly arranged with three repetitions.

The study found that growing the Minovasi variety is significantly more profitable than the control variety, Gulliver. Overall, Minovasi showed a 4.3–10.6% increase in yield compared to Gulliver, with the largest increase (5.4 t/ha) recorded when sowing in the first ten days of August. The highest yield for the studied varieties was achieved when sowing in the third ten days of July, which confirms the relationship between sowing time and productivity. During this optimal sowing period, the yield was 58.9 t/ha for the Minovasi variety and 54.6 t/ha for the Gulliver variety, and the average root weight reached its highest values – 426 g and 414 g, respectively. Also, at other sowing dates, the average root weight of the Gulliver variety exceeded that of the Minovasi variety, with a deviation ranging from 3 to 17 g within the experiment. In addition, the Minovasi variety demonstrated higher marketability, as the percentage of non-marketable root crops was lower (37.8–42.6%) compared to the Gulliver variety (40.7–44.0%). Analysis of the structure of non-marketable root crops showed that the largest share (75.5–76.5%) was damage caused by cabbage flies. Here again, an important interdependence was revealed: sowing in the third decade of July and the first decade of August ensured the highest resistance of both varieties to this pest, reducing the level of damage to 28.7–32.1%. These same sowing dates were also optimal for reducing other indicators, ensuring the lowest percentage of disease damage (1.1–1.8%) and cracking (4.6–4.9%), as well as a low branching rate (3.0–3.5%) of root crops. Thus, the study confirmed that the optimal sowing date in the third decade of July and the first decade of August is a key factor that comprehensively affects yield, quality, resistance to pests and diseases, ensuring maximum economic efficiency.

Key words: root crops, sowing dates, *Raphanus sativus* L. convar. *acanthiformis* Sazon., varieties, climatic factors.

Постановка проблеми. Через дисбаланс у споживанні овочів, глобальне здоров'я та виробництво продуктів харчування перебувають під загрозою. Наслідки незбалансованого харчування відчувають близько 2 мільярдів людей, які мають надмірну вагу або ожиріння, ще 2 мільярди страждають від нестачі мікроелементів, а 800 мільйонів – від недоїдання [3, 27].

Незбалансоване харчування з надмірним споживанням тваринних та ультра-оброблених продуктів є основною причиною ожиріння та неінфекційних захворювань. Недостатнє споживання овочів спричиняє 7,6 % смертей від серцевих захворювань, інсульту та діабету 2 типу [15]. Щоб вирішити цю проблему, необхідно змінити структуру харчування, заохочуючи споживання овочів та підвищуючи їх доступність, зокрема за рахунок місцевого виробництва [5, 9].

Існують значні відмінності у споживанні фруктів та овочів між Україною та країнами ЄС. В Україні річне споживання овочів становить 150 кг на людину [12]. Найбільший обсяг споживання фруктів та овочів спостерігається в Хорватії (436,5 кг), Нідерландах (342,8 кг) та Бельгії (327,3 кг). Менше споживають у Польщі (200,1 кг), Болгарії (169 кг), Словаччині (164,8 кг) та Литві (162,6 кг) [11].

Рекомендації ВООЗ (2023) щодо харчування радять споживати понад 400 г фруктів та овочів на людину щодня, з яких принаймні 240 г повинні становити овочі [28]. Водночас дієтологи рекомендують 300 г овочів на день, зокрема: 125 г зелених листових, 100 г коренеплодів та бульб, і 75 г інших овочів [24]. Однак, у середньому, світове населення споживає лише 267 г фруктів та овочів, що значно нижче цільового показника [6]. Розширення посівних площ коренеплодів є необхідним, оскільки вони відіграють важливу роль у продовольчій безпеці та харчуванні [20].

Дайкон – один із найпопулярніших коренеплодів, який широко вирощують [22]. Ця високопродуктивна та поживна культура багата на вітаміни, мінерали та корисні фітохімічні речовини, що забезпечує численні переваги для здоров'я. Зокрема, дайкон сприяє контролю ваги, профілактиці хронічних захворювань та зміцненню здоров'я печінки. Він також може прискорювати загоєння ран та мати гепатопротекторний ефект, захищаючи печінку від токсинів [19].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Вирощування дайкону стикається з серйозними викликами, що призводять до фізіологічних порушень [4]. Основними причинами є стресові

умови навколишнього середовища, такі як водний стрес, вологість, температура та забруднювачі повітря. Також негативно впливають несприятливі ґрунтові умови, зокрема поганий дренаж та екстремальні зміни рН, а також хімічні речовини, як-от пестициди та гербіциди. Крім того, на ріст дайкону впливає дисбаланс поживних речовин [13, 22].

Фізіологічні розлади овочів, що виникають ще до збору врожаю, стають помітними під час зберігання. Причинами можуть бути генетична схильність, перезрілість, старіння або неправильні агротехнічні методи. Зазвичай симптоми схожі на хвороби, їх можна уникнути, змінивши умови вирощування, але після їхньої появи вони незворотні, що робить овочеві культури непридатними для вживання [2, 14].

Розгалуження коренеплодів є небажаним порушенням, що надає йому вилкоподібної форми та значно погіршує комерційну якість. Спричинене воно використанням нерозкладеної органічної речовини, надмірною вологістю, важкими ґрунтом, камінням, старим насінням, пошкодженнями кореня або затримкою збору врожаю [21]. За даними А. Singh, у Джаландхарі (Індія) рання сівба (15 вересня) призводить до найменшого розгалуження коренеплодів редьки. Водночас пізніша сівба спричинила значно більше розгалуження [25].

Пористість, або губчастість, є поширеним порушенням коренів редьки, що виникає під час їхнього дозрівання та зберігання і значно знижує якість врожаю. Характерною ознакою пористих коренів є мережа білих смуг, плям або матової білої тканини, які чітко видно на поперечному зрізі та контрастують зі здоровою тканиною [10]. На появу пористості у редьки впливають кілька факторів: затримка зі збором врожаю; надлишок азотних добрив; нерівномірний режим зрошення; висока температура повітря та сонячна радіація. Також ризик збільшується за вирощування у весняно-літній сезон та за надто великої площі живлення [18].

Погодні умови під час росту можуть впливати на схильність до розтріскування, змінюючи тургорний тиск у гіпокотилі редьки. Для зимових сортів редьки було доведено, що часті поливи та коливання потенціалу ґрунтової води під час росту збільшують розтріскування [17]. Висока температура ґрунту (приблизно 30,7 °С) протягом 16–30 діб після сівби призводить до порожнестості серцевини у редьки, що пов'язано зі зниженням активності цитокініну та низькою проліферацією клітин паренхіми ксилеми в міжклітинних просторах у центрі кореня [16].

Коричнева серцевина, або внутрішнє потемніння, є фізіологічним порушенням дайкону, що проявляється у вигляді коричневої пігментації внутрішніх тканин, що значно знижує комерційну цінність продукції [26]. Польові дослідження показали, що внутрішнє побуріння редьки частіше з'являється за високих температур, посухи та дефіциту бору [18].

Виробники повинні адаптувати свої технології вирощування, щоб уникнути фізіологічних

порушень у дайкону, спричинених несприятливими умовами. Зокрема, необхідно скоригувати вибір сорту і терміну сівби, а також режими поливу і живлення.

Мета досліджень. Дослідження мало на меті оцінити вплив термінів сівби на кількісні та якісні показники врожаю дайкону, а також визначити найефективніші сорти для вирощування в умовах Правобережного Лісостепу України.

Методика дослідження. Експериментальне дослідження проводилося у 2022–2024 рр. в Національному університеті біоресурсів і природокористування України на базі навчальної лабораторії «Флодоовочевий сад». Ґрунт дослідної ділянки класифікується як дерново-середньопідзолистий легкосуглинковий, з рН ґрунтового середовища 6,74, вмістом органічної речовини 2,71 %, нітратного азоту 6,42 мг/кг, амонійного азоту 11,72 мг/кг, рухомого фосфору 568,83 мг/кг та рухомого калію 152,93 мг/кг.

Середня місячна температура повітря за роки досліджень у квітні-травні становила 10,1–15,6 °С, що відповідало рівню багаторічних даних (рис. 1). Сума опадів у квітні (105,7 мм) перевищила багаторічні дані на 63,7 мм, а у травні спостерігалось зменшення на 36,8 мм. Червень характеризувався підвищенням температури повітря до 21,0 °С та сумою опадів 125,6 мм, що на 1,5 °С та 51,6 мм більше, ніж багаторічні дані. У липні температурний режим коливався від 21,7 до 22,8 °С, з відхиленням середньої місячної температури повітря від багаторічної на 0,9 °С. Випала значна кількість опадів – 109,9 мм, що на 41,9 мм більше багаторічної норми. Найспекотнішим місяцем виявився серпень (21,7–24,4 °С) із перевищенням багаторічних даних на 2,6 °С. Сума опадів (49,2 мм) була меншою за багаторічну норму на 6,8 мм.

Вересень був досить теплий (16,5–18,3 °С), і температура повітря підвищилася порівняно з багаторічними даними на 2,4 °С. При цьому кількість опадів становила 50,2 мм, що на 7,8 мм менше від багаторічних даних. Спостерігалось зниження температури повітря у жовтні (9,7–12,7 °С) порівняно з попереднім місяцем, але показник був вищий за багаторічні дані на 2,4 °С. Кількість опадів у жовтні становила 81,5 мм, що на 35,5 мм менше від багаторічної норми.

Дослідження включало аналіз продуктивності двох сортів дайкону, Гулівер (контроль) та Міновасі, за різних термінів сівби: I, II (контроль) і III декади липня, а також I декада серпня. Повторність – триразова з рендомізацією. Площа однієї облікової ділянки 5 м² [1]. Схема розміщення рослин 45×10 см. Врожай збирали суцільним способом (на кожній ділянці окремо), коли коренеплоди досягли технічної стиглості, що наставала через 50 діб для сорту Гулівер і через 60 діб для сорту Міновасі.

Середню масу коренеплодів визначали в пробах масою 10 кг. Загальний урожай сортували на товарний і нетоварний та окремо зважували. Нетоварний урожай сортували на уражені хворобами, пошкоджені шкідниками, тріснуті, цвітушні, недогін (коренеплоди не досягли

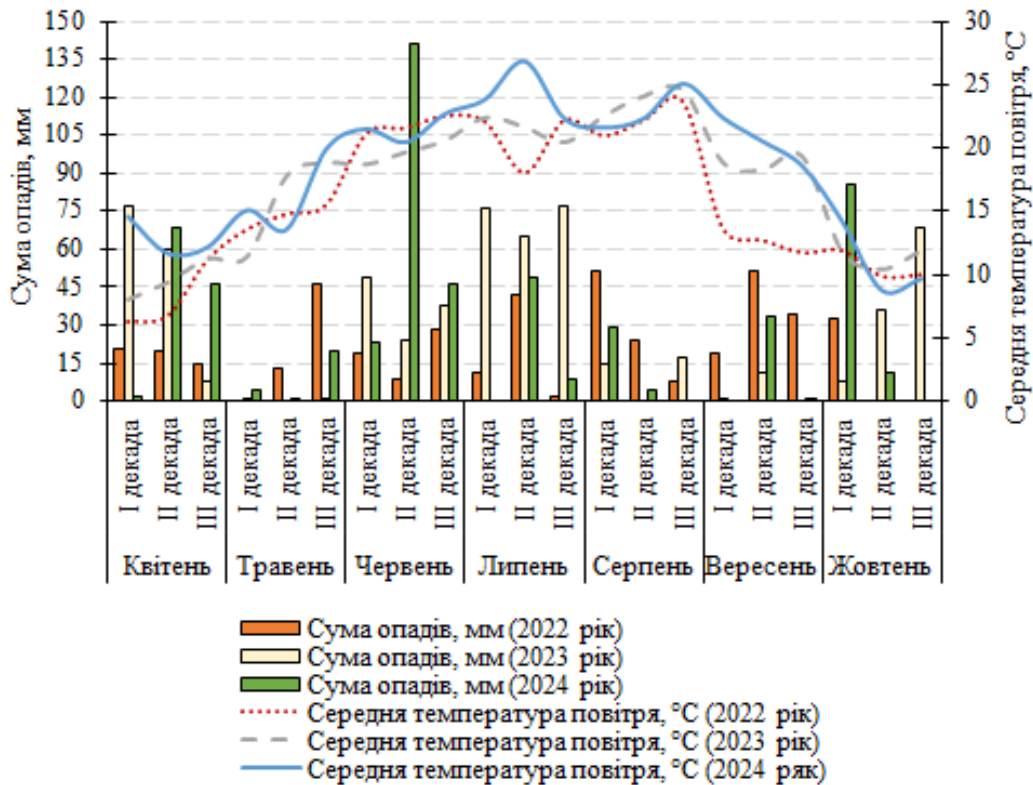


Рис. 1. Аналіз динаміки температури повітря та кількості опадів за 2022–2024 роки

товарного розміру за діаметром 3 см), потворні, які також зважували окремо.

Облік чисельності шкідників та поширення хвороб на коренеплодах дайкона оцінювали за методикою В. Й. Тимченка, Т. Г. Єфремова, О. М. Солдатенко. Відсоток пошкоджених рослин літньою капустяною мухою (*Delia floralis* Fal.) визначали в період господарської стиглості коренеплодів. При огляді визначали кількість коренеплодів пошкоджених личинками капустяної мухи та визначали відсоток заселених ними рослин. Під час збору врожаю візуально визначали ураження коренеплодів хворобами. Коренеплоди дайкону уражувались сухою гниллю (фомоз *Phoma rostrupii* Sacc). Підраховували відсоток ураженості рослин [1].

Результати досліджень обробляли за допомогою програми Statistica 13.1 (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, США). Також для визначення відмінностей між варіантами дослідження використовували критерій Тьюкі, за якого відмінності були значущими при $p < 0.05$ (з врахуванням поправки Бонферроні). Під час проведення дослідження було дотримано конвенцію про охорону біологічного різноманіття (1992) та конвенцію про міжнародну торгівлю видами дикої фауни і флори, що перебувають під загрозою зникнення (1973) [7, 8].

Основні результати дослідження. Вирощування сорту Міновасі забезпечує значне підвищення врожайності відносно сорту Гулівер (контроль) (рис. 2). Найбільший приріст (5,4 т/га, або 10,6 %) отримано за сівби в I декаді серпня, а найменший (2,0 т/га, або 4,3 %) у I декаді

липня. Сівба в III декаді липня виявилася оптимальною для досліджуваних сортів, забезпечивши максимальну врожайність як для сорту Міновасі (58,9 т/га), так і для Гулівер (54,6 т/га).

Відмічено поступове зростання середньої маси коренеплоду за сівби з I до III декади липня. При сівбі в останній термін даний показник зменшився але все ще був на високому рівні. Для сорту Гулівер (контроль) за сівби у III декаді липня та I декаді серпня середня маса коренеплоду була на 14,0–32,0 г або 3,7–8,4 % вищою за контрольний варіант (II декада серпня) і змінювалась в межах від 396 до 414 г. Сівба в I декаді липня зумовила найнижчу масу коренеплодів 371 г, що на 11 г (або 2,9 %) менше за контроль (II декада серпня).

Встановлено, що сорт Міновасі мав подібну залежність маси коренеплоду від термінів сівби. Мінімальна маса коренеплоду (374 г) спостерігалася за сівби у I декаді липня (на 25 г або 6,3 % менше за контроль II декада серпня). Висока маса коренеплодів (412–426 г) була відмічена за сівби у III декаді липня та I декаді серпня (на 13–27 г або 3,3–6,8 % більше за контроль II декада серпня).

За всіма досліджуваними термінами сівби сорт Міновасі перевищував показник середньої маси коренеплоду на 3–17 г (або 0,8–4,5 %) контрольний сорт.

Вирощування сорту Міновасі порівняно з сортом Гулівер (контроль) призводить до зниження відсотка нетоварних коренеплодів. В умовах експерименту цей показник становить лише

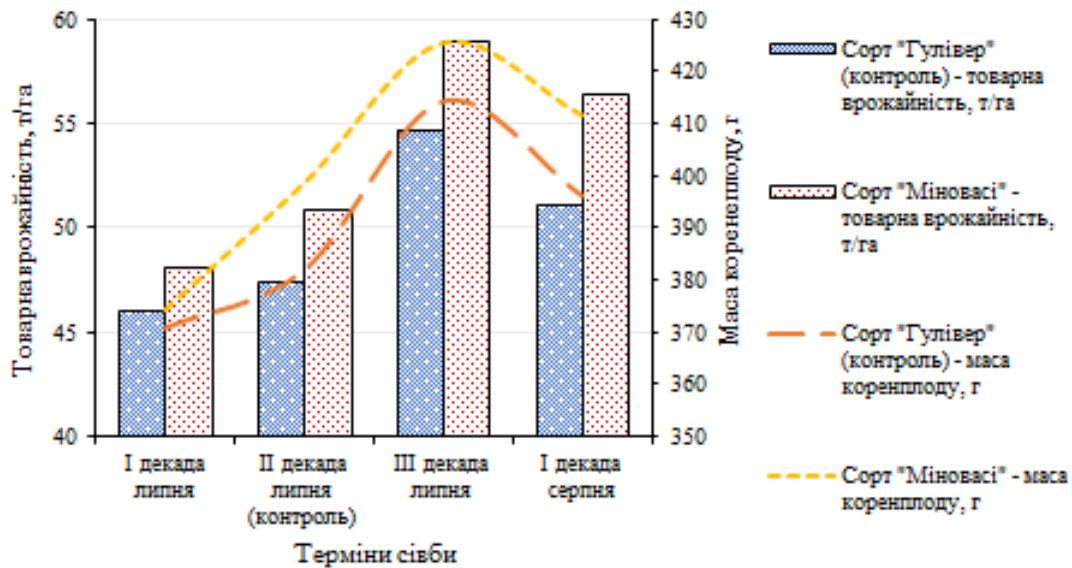


Рис. 2. Господарсько-цінні показники сортів дайкону за різних термінів сівби (середнє за 2022–2024 рр.) (Товарна врожайність: НІР_{0,95} загальна 2,17; НІР_{0,95} для фактора А 1,09; НІР_{0,95} для фактора В 1,54. Маса коренеплоду: НІР_{0,95} загальна 16,14; НІР_{0,95} для фактора А 8,07; НІР_{0,95} для фактора В 11,41)

37,8–42,6 %. Найменше відхилення нетоварних коренеплодів відносно контрольного сорту Гулівер спостерігалось у сорту Міновасі при сівбі в I–II декадах липня і становило 1,5–1,8 %. Сівба сорту Міновасі в III декаді липня призвела до відхилення нетоварних коренеплодів від контрольного сорту Гулівер на 2,9 %. Як підсумок, сорт Міновасі при сівбі в I декаді липня відрізняється найбільшим відхиленням цього показника від контролю (сорт Гулівер), яке становить 3,7 %.

Для сорту Гулівер (контроль) вплив терміну сівби на відсоток нетоварних коренеплодів проявився наступним чином: сівба у III декаді липня призводить до зниження цього показника до 40,7 %, що на 3,4 % менше, ніж у контролі; також, сівба у I декаді серпня призвела до формування невисокого відсотка нетоварних коренеплодів – 42,0 %, що на 2,1 % менше, ніж у контролі; а сівба у I декаді липня характеризувала даний показник на рівні контролю – 44,0 %.



Рис. 3. Розподіл нетоварних коренеплодів сортів Гулівер (контроль) (а) та Міновасі (б) за основними дефектами

Структура нетоварних коренеплодів сортів дайкону

Фактор А (сорт)	Фактор Б (термін сівби)	Нетоварні коренеплоди, %	Розподіл нетоварних коренеплодів			
			Пошкодження капустяною мухою, %	Ураження хворобами, %	Розтріснуті коренеплоди, %	Розгалужені коренеплоди, %
Гулівер (контроль)	I декада липня	44,0 ± 1,605 a	33,4 ± 1,105 a	2,1 ± 0,107 a	5,2 ± 0,139 b	3,3 ± 0,157 abc
	II декада липня (*к)	44,1 ± 0,599 a	33,6 ± 0,809 a	2,0 ± 0,106 a	5,1 ± 0,117 ab	3,4 ± 0,111 abc
	III декада липня	40,7 ± 0,437 abc	31,5 ± 0,871 ab	1,5 ± 0,133 bcd	4,7 ± 0,111 ab	3,0 ± 0,155 a
	I декада серпня	42,0 ± 0,751 ac	32,1 ± 0,588 ab	1,8 ± 0,105 ab	4,9 ± 0,108 ab	3,2 ± 0,154 ab
Міновасі	I декада липня	42,2 ± 1,217 a	31,8 ± 0,719 ab	1,7 ± 0,127 ab	4,9 ± 0,137 ab	3,8 ± 0,132 c
	II декада липня (*к)	42,6 ± 0,505 a	32,0 ± 0,381 ab	1,9 ± 0,106 ab	5,1 ± 0,184 ab	3,6 ± 0,111 bc
	III декада липня	37,8 ± 0,319 b	28,7 ± 1,098 b	1,1 ± 0,077 c	4,8 ± 0,086 ab	3,2 ± 0,107 ab
	I декада серпня	38,3 ± 0,593 bc	28,9 ± 0,544 ab	1,3 ± 0,104 cd	4,6 ± 0,064 a	3,5 ± 0,106 abc

Примітка: (*к) – контроль; різними літерами (a, b, c) позначені значення, які достовірно відрізнялися одне від одного в межах одного рядка таблиці за результатами порівняння з використанням критерію Тьюкі з поправкою Бонферроні.

Динаміка частки нетоварних коренеплодів у сорту Міновасі залежала від термінів сівби, що було схоже на тенденцію, зафіксовану в сорту Гулівер (контроль). Найбільший показник був відзначений у II декаді липня (контроль). Далі, за спаданням частки нетоварних коренеплодів, йшли: I декада липня (42,2 %), I декада серпня (38,3 %) та III декада липня, де було зафіксовано найменше значення (37,8 %). Відхилення від контролю становило 0,4 %, 4,3 % та 4,8 % відповідно.

Серед нетоварних коренеплодів у досліджуваних сортах найбільшу частку становили пошкоджені капустяною мухою (75,5–76,5 %), на другому місці були розтріснуті (11,7–12,1 %), на третьому – розгалужені (7,6–8,8 %), а найменшу частку займали уражені хворобами (3,7–4,3 %) (рис. 3).

Сорт Міновасі продемонстрував вищу стійкість до капустяної мухи порівняно з сортом Гулівер (контроль), маючи рівень пошкодження на 1,6–3,2 % нижчий (табл. 1). Терміни сівби суттєво впливали на ступінь пошкодження: найбільш уражені коренеплоди спостерігалися за контрольного терміну сівби (II декада липня), де пошкодження становило 32,0 % у сорту Міновасі та 33,6 % у сорту Гулівер (контроль). Сівба у першій декаді липня забезпечила лише незначне зниження пошкодження (на 0,2 %), тоді як сівба у першій декаді серпня зменшила його на 2,1–3,3 %. Найкращі результати були отримані під час сівби у третій декаді липня, коли пошкодження у сорту Міновасі становило 28,7 %, а у сорту Гулівер (контроль) – 31,5 %, що на 3,3 % і 2,1 % менше, ніж у контролі.

Аналіз показав, що ураження нетоварних коренеплодів хворобами у досліді було незначним, варіюючись від 1,1 % до 2,1 % залежно від термінів сівби. Найвищий рівень захворюваності (1,9–2,1 %) було зафіксовано при ранній сівбі

в I–II декадах липня. Встановлено, що термін сівби у III декаді липня дозволив знизити ступінь ураження до 1,1–1,5 %. Сівба, проведена в I декаді серпня, дала проміжний результат, з ураженням 1,3–1,8 %.

Показник розтріскування коренеплодів становив 4,7–5,2 % для сорту Гулівер і 4,6–5,1 % для сорту Міновасі. Це свідчить про незначну різницю між сортами – лише 0,1–0,3 %.

Відсоток розгалужених коренеплодів у сорту Міновасі (3,2–3,8 %) був на 0,2–0,5 % вищим, ніж у контрольного сорту Гулівер. Варіювання цього показника залежно від термінів сівби було незначним – лише 0,1–0,4 % відносно контрольного терміну (II декада липня).

Висновки. Встановлено, що вирощування сорту Міновасі є більш доцільним з огляду на ключові агрономічні показники порівняно з контролем (сорт Міновасі). Сівба дайкону в III декаді липня дає найвищий вихід товарних коренеплодів. За даного терміну сівби відзначено високу врожайність на рівні 54,6 т/га (сорт Гулівер) та 58,9 т/га (сорт Міновасі). Середня маса коренеплоду при цьому варіювала від 414 до 426 г. Сівба досліджуваних сортів в III декаді липня та I декаді серпня забезпечила вищу стійкість до пошкоджень капустяною мухою (28,7–31,5 %). У ці ж терміни відзначено менший відсоток ураження хворобами (1,1–1,8 %), розтріскування (4,6–4,9 %) та розгалуження коренеплодів (3,0–3,5 %).

Література

1. Бондаренко Г. Л., Яковенко К. І. Методика дослідної справи в овочівництві та баштанництві. Харків : Основа, 2001. 370 с.

2. Abewoy D. Review on postharvest handling practices of root and tuber crops. *International Journal of Plant Breeding and Crop Science*. 2021. Vol. 8, № 1. P. 992–1000.

3. Aboltins A., Rucins A., Bobos I., Fedosiy I., Komar O., Zavadzka O., Sych Z., Havrys I., Retman M., Zavgorodnyy V. Evaluation of Productivity and Morphological Variability of Asparagus Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. subsp. *sesquipedalis* (L.) Verdc.) Cultivars Intended for Vegetable Production. *Agronomy*. 2024. Vol. 14, № 12. Article 2906. doi: 10.3390/agronomy14122906
4. Atta K., Mondal S., Gorai S., Singh A. P., Kumari A., Ghosh T., Jespersen D. Impacts of salinity stress on crop plants: improving salt tolerance through genetic and molecular dissection. *Frontiers in Plant Science*. 2023. Vol. 14. Article number 1241736. doi: 10.3389/fpls.2023.1241736
5. Bobos I., Sych Z., Komar O., Fedosiy I., Retman M. Assessment of vegetable soybean (*Glycine max* L.) cultivars according to genotype-environment indicators: Ecological plasticity, stability, and adaptive response. *Plant and Soil Science*. 2025. Vol. 16, № 2. P. 9–24. doi: 10.31548/plant2.2025.09
6. Caprile A., Rossi R. 2021 *International Year of Fruits and Vegetables*. European Parliamentary Research Service. 2021. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2021/689367/EPRS_ATA\(2021\)689367_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2021/689367/EPRS_ATA(2021)689367_EN.pdf)
7. Конвенція про охорону біологічного різноманіття. 1992. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_030#Text (дата звернення: [01.09.2025]).
8. Конвенція про міжнародну торгівлю видами дикої фауни і флори, що перебувають під загрозою зникнення. 1973. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_129#Text (дата звернення: [01.09.2025]).
9. Dong J., Gruda N., Li X., Cai Z., Zhang L., Duan, Z. Global vegetable supply towards sustainable food production and a healthy diet. *Journal of Cleaner Production*. 2022. Vol. 369. Article number 133212.
10. Gong Q., Wang C., Fan W., Li S., Zhang H., Huang Z., ... & Zhang B. RsRbohD1 plays a significant role in ROS production during radish pithiness development. *Plants*. 2024. Vol. 13, № 10. Article number 1386. doi: 10.3390/plants13101386
11. Gorynska-Goldmann E. Consumption of fruit and vegetables in Poland in the context of the European Union countries (EU-27). *Annals of the Polish Association of Agricultural and Agrobusiness Economists*. 2024. Vol. 26, № 1. doi: 10.5604/01.3001.0054.4325
12. Halushko N. A., Ogunsanya I. Nutrition of the population of Ukraine and circulatory system diseases. *Ukrainian Medical Journal*. Nutrition of the population of Ukraine and circulatory system diseases. *Ukrainian Medical Journal*. 2021. doi: 10.32471/umj.1680-3051.143.207007
13. Khalid M. F., Huda S., Yong M., Li L., Li L., Chen Z. H., Ahmed T. Alleviation of drought and salt stress in vegetables: crop responses and mitigation strategies. *Plant Growth Regulation*. 2023. Vol. 99, № 2. P. 177–194. doi: 10.1007/s10725-022-00905-x
14. Khan F. A., Narayan S., Kumar S., Bhat S. A., Amir M. *PHYSIOLOGICAL DISORDERS OF VEGETABLES*. *Advances in Agriculture For Doubling Farmers' Income*. 2022. 206 P.
15. Küçük N., Urak F., Bilgic A., Florkowski W. J., Kiani A. K., Özdemir F. N. Fruit and vegetable consumption across population segments: evidence from a national household survey. *Journal of Health, Population and Nutrition*. 2023. Vol. 42, № 1. Article number 54. doi: 10.1186/s41043-023-00382-6
16. Li J., Jia J., Qin Z., Liu X., Xin M. Advances on the formation and detection of hollow heart in vegetable crops. *Vegetable Research*. 2024. Vol. 5, № 1. doi: 10.48130/vegres-0024-0041
17. Lockley R. A., Beacham A. M., Grove I. G., Monaghan J. M. Postharvest temperature and water status influence postharvest splitting susceptibility in summer radish (*Raphanus sativus* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2021. Vol. 101, № 1. P. 536–541. doi: 10.1002/jsfa.10662
18. Manzoor A., Bashir M. A., Naveed M. S., Cheema K. L., Cardarelli M. Role of Different Abiotic Factors in Inducing Pre-Harvest Physiological Disorders in Radish (*Raphanus sativus*). *Plants*. 2021. Vol. 10, № 10. Article number 2003. doi: 10.3390/plants10102003
19. Mari S. N., Zhang L., Kaleri A. A., Jatoi F. A., Solangi M. R. M. Cultivation Of Exotic Radish Varieties In Climatic Condition Of Tando Jam. *Annual Methodological Archive Research Review*. 2025. Vol. 3, № 6. P. 139–149.
20. Pathak M., Barik S., Das S. K. Impact of Climate Change on Root Crops Production. In: Solankey, S.S., Kumari, M., Kumar, M. (eds) *Advances in Research on Vegetable Production Under a Changing Climate Vol. 1*. *Advances in Olericulture*. Springer, Cham. 2021. doi: 10.1007/978-3-030-63497-1_6
21. Prajapati N. K. Advances in Production Technology of Carrot. *Advances in*. 2023. 210 p.
22. Pusik L. M., Pusik V. K. *STUDY OF THE STORAGE OF DAICON ROOTS DEPENDING ON THE TYPE OF PACKAGING*. *Vegetable and Melon Growing*. 2025. Vol. 77. P. 93–105. doi: 10.32717/0131-0062-2025-77-93-105
23. Sánchez-Bermúdez M., Del Pozo J. C., Pernas M. Effects of combined abiotic stresses related to climate change on root growth in crops. *Frontiers in plant science*. 2022. Vol. 13. Article number 918537. doi: 10.3389/fpls.2022.918537
24. Sharma S., Katoch V., Kumar S., Chatterjee S. Functional relationship of vegetable colors and bioactive compounds: Implications in human health. *The Journal of Nutritional Biochemistry*. 2021. Vol. 92. Article number 108615.
25. Singh A., Rattan P., Sharma N. Effect of date of sowing and spacing on growth and yield of radish (*Raphanus sativus* L.) cv. Pusa Chetki. *Indian Journal Pure and Applied Bioscience*. 2021. Vol. 9. P. 211–221. doi: 10.18782/2582-2845.8206
26. Sotta N., Niikura S., Kamiya T., Fujiwara T. A low boron condition without high temperature stress induces internal browning in *Raphanus sativus* L. (Japanese radish). *Soil Science and Plant Nutrition*. 2022. Vol 69, № 1. P. 19–23. doi: 10.1080/00380768.2022.2153346
27. Varzakas T., Smaoui S. Global food security and sustainability issues: the road to 2030 from nutrition and sustainable healthy diets to food systems change. *Foods*. 2024. Vol 13, № 2. Article number 306.
28. World Health Organization. *Legal environment assessment for the prevention of non-communicable diseases: an operational guide*. World Health Organization. 2023.

References

1. Bondarenko H. L., & Yakovenko K. I. (2001). *Metodyka doslidnoi spravy v ovochivnytstvi ta bashtan-nytstvi* [Methodology of experimental business in vegetable and melon growing]. Kharkiv [in Ukrainian].
2. Abewoy, D. (2021). Review on postharvest handling practices of root and tuber crops. *International Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 8(1), 992–1000.
3. Aboltins, A., Rucins, A., Bobos, I., Fedosiy, I., Komar, O., Zavadzka, O., Sych, Z., Havrys, I., Retman, M., & Zavgorodniy, V. (2024). Evaluation of Productivity and Morphological Variability of Asparagus Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. subsp. *sesquipedalis* (L.) Verdc.) Cultivars Intended for Vegetable Production. *Agronomy*, 14(12), 2906. doi: 10.3390/agronomy14122906
4. Atta, K., Mondal, S., Gorai, S., Singh, A. P., Kumari, A., Ghosh, T., ... & Jespersen, D. (2023). Impacts of salinity stress on crop plants: improving salt tolerance through genetic and molecular dissection. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1241736. doi: 10.3389/fpls.2023.1241736
5. Bobos, I., Sych, Z., Komar, O., Fedosiy, I., & Retman, M. (2025). Assessment of vegetable soybean (*Glycine max* L.) cultivars according to genotype-environment indicators: Ecological plasticity, stability, and adaptive response. *Plant and Soil Science*, 16(2), 9–24. doi: 10.31548/plant2.2025.09
6. Caprile, A., & Rossi, R. (2021). *2021 International Year of Fruits and Vegetables*. European Parliamentary Research Service. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2021/689367/EPRS_ATA\(2021\)689367_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2021/689367/EPRS_ATA(2021)689367_EN.pdf)
7. Convention on Biological Diversity. 1992. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_030#Text (дата звернення: [01.09.2025]).
8. Convention on the Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. 1973. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_129#Text (дата звернення: [01.09.2025]).
9. Dong, J., Gruda, N., Li, X., Cai, Z., Zhang, L., & Duan, Z. (2022). Global vegetable supply towards sustainable food production and a healthy diet. *Journal of Cleaner Production*, 369, 133212.
10. Gong, Q., Wang, C., Fan, W., Li, S., Zhang, H., Huang, Z., ... & Zhang, B. (2024). RsRbohD1 plays a significant role in ROS production during radish pithiness development. *Plants*, 13(10), 1386. doi: 10.3390/plants13101386
11. Gorynska-Goldmann, E. (2024). Consumption of fruit and vegetables in Poland in the context of the European Union countries (EU-27). *Annals of the Polish Association of Agricultural and Agrobusiness Economists*, 26(1). doi: 10.5604/01.3001.0054.4325
12. Halushko, N. A., & Ogunsanya, I. (2021). Nutrition of the population of Ukraine and circulatory system diseases. *Ukrainian Medical Journal*. Nutrition of the population of Ukraine and circulatory system diseases. *Ukrainian Medical Journal*, doi: 10.32471/umj.1680-3051.143.207007
13. Khalid, M. F., Huda, S., Yong, M., Li, L., Li, L., Chen, Z. H., & Ahmed, T. (2023). Alleviation of drought and salt stress in vegetables: crop responses and mitigation strategies. *Plant Growth Regulation*, 99(2), 177–194. doi: 10.1007/s10725-022-00905-x
14. Khan, F. A., Narayan, S., Kumar, S., Bhat, S. A., & Amir, M. (2022). PHYSIOLOGICAL DISORDERS OF VEGETABLES. *Advances in Agriculture For Doubling Farmers' Income*, 206.
15. Küçük, N., Urak, F., Bilgic, A., Florkowski, W. J., Kiani, A. K., & Özdemir, F. N. (2023). Fruit and vegetable consumption across population segments: evidence from a national household survey. *Journal of Health, Population and Nutrition*, 42(1), 54. doi: 10.1186/s41043-023-00382-6
16. Li, J., Jia, J., Qin, Z., Liu, X., & Xin, M. (2024). Advances on the formation and detection of hollow heart in vegetable crops. *Vegetable Research*, 5(1). doi: 10.48130/vegres-0024-0041
17. Lockley, R. A., Beacham, A. M., Grove, I. G., & Monaghan, J. M. (2021). Postharvest temperature and water status influence postharvest splitting susceptibility in summer radish (*Raphanus sativus* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(2), 536–541. doi: 10.1002/jsfa.10662
18. Manzoor, A., Bashir, M. A., Naveed, M. S., Cheema, K. L., & Cardarelli, M. (2021). Role of Different Abiotic Factors in Inducing Pre-Harvest Physiological Disorders in Radish (*Raphanus sativus*). *Plants*, 10(10), article number 2003. doi: 10.3390/plants10102003
19. Mari, S. N., Zhang, L., Kaleri, A. A., Jatoi, F. A., & Solangi, M. R. M. (2025). Cultivation Of Exotic Radish Varieties In Climatic Condition Of Tando Jam. *Annual Methodological Archive Research Review*, 3(6), 139–149.
20. Pathak, M., Barik, S., Das, S. K. (2021). Impact of Climate Change on Root Crops Production. In: Solankey, S.S., Kumari, M., Kumar, M. (eds) *Advances in Research on Vegetable Production Under a Changing Climate Vol. 1*. Advances in Olericulture. Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-030-63497-1_6
21. Prajapati, N. K. (2023). Advances in Production Technology of Carrot. *Advances in*, 210.
22. Pusik, L. M., & Pusik, V. K. (2025). STUDY OF THE STORAGE OF DAICON ROOTS DEPENDING ON THE TYPE OF PACKAGING. *Vegetable and Melon Growing*, (77), 93–105. doi: 10.32717/0131-0062-2025-77-93-105
23. Sánchez-Bermúdez, M., Del Pozo, J. C., & Pernas, M. (2022). Effects of combined abiotic stresses related to climate change on root growth in crops. *Frontiers in plant science*, 13, 918537. doi: 10.3389/fpls.2022.918537
24. Sharma, S., Katoch, V., Kumar, S., & Chatterjee, S. (2021). Functional relationship of vegetable colors and bioactive compounds: Implications in human health. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 92, article number 108615.
25. Singh, A., Rattan, P., & Sharma, N. (2021). Effect of date of sowing and spacing on growth and yield of radish (*Raphanus sativus* L.) cv. Pusa Chetki. *Indian Journal Pure and Applied Bioscience*, 9, 211–221. doi: 10.18782/2582-2845.8206
26. Sotta, N., Niikura, S., Kamiya, T., & Fujiwara, T. (2022). A low boron condition without high temperature stress induces internal browning in *Raphanus sativus* L. (Japanese radish). *Soil Science and Plant Nutrition*, 69(1), 19–23. doi: 10.1080/00380768.2022.2153346

27. Varzakas, T., & Smaoui, S. (2024). Global food security and sustainability issues: the road to 2030 from nutrition and sustainable healthy diets to food systems change. *Foods*, 13(2), article number 306.

28. World Health Organization. (2023). *Legal environment assessment for the prevention of non-communicable diseases: an operational guide*. World Health Organization.

Дата першого надходження рукопису до видання: 20.09.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 30.10.2025
Дата публікації: 28.11.2025

**А. Г. Булат**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри лісових культур, меліорацій та садово-паркового господарства,
Державний біотехнологічний університет (м. Харків, Україна)
E-mail: bulatandrey1977@gmail.com
orcid.org/0000-0001-9682-4220

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗИМОСТІЙКОСТІ САДЖАНЦІВ *CATALPA BIGNONIOIDES* РІЗНОГО ВІКУ В УМОВАХ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Успішне зростання та онтогенез інтродукованих деревних видів у нових ґрунтово-кліматичних умовах значною мірою залежать від їх здатності витримувати вплив абіотичних стресових факторів, насамперед тривалих знижень температури. У цьому контексті важливим завданням сучасного садово-паркового господарства є добір і впровадження видів, здатних успішно адаптуватися до кліматичних умов України, зокрема регіонів із характерними низькими зимовими температурами. У статті представлено результати комплексного дослідження зимостійкості саджанців *Catalpa bignonioides* в умовах інтродукції у м. Харків. Морозостійкість оцінювали польовим методом, що передбачав візуальне визначення ступеня пошкодження однорічних пагонів після завершення зимового періоду. Встановлено, що одно- та дворічні саджанці через подовжений вегетаційний період пізно переходять у стан спокою й нерідко зберігають листя до настання морозів, що спричиняє суттєві пошкодження, передусім у верхній та середній частинах стовбура. Починаючи з трирічного віку, зимостійкість рослин зростає: рівень ушкодження однорічних пагонів знижується до $21,46 \pm 2,17\%$, а за шкалою зимостійкості саджанці оцінюються у 3 бали (рослини досить зимостійкі). Важливо підкреслити відсутність морозобоїн на стовбурах і зростання частки рослин, які долають зимовий період без істотних ушкоджень. Найвищу зимостійкість виявлено у чотирирічних саджанців: ушкодження однорічних пагонів становило лише $7,22 \pm 1,05\%$, що відповідає 4 балам за шкалою зимостійкості. У п'ятирічних саджанців пошкодження морозом майже не зафіксовано – рівень ушкодження знизився до $2,13 \pm 0,63\%$. Таким чином, результати досліджень свідчать про закономірне щорічне зниження індексу ушкодження тканин та зростання частки рослин, які витримують критичні зимові умови без значних пошкоджень. Це підтверджує позитивну динаміку адаптаційних процесів, що посилюються з віком *C. bignonioides*. Отримані дані дають підстави рекомендувати використання цього виду у практиці декоративного та лісового розсадництва м. Харкова та Лівобережного Лісостепу України, що сприятиме розширенню асортименту стійких інтродукованих деревних рослин для озеленення регіону.

Ключові слова: *Catalpa bignonioides*; зимостійкість; морозостійкість; саджанці; інтродукція; адаптація; декоративне розсадництво.

A. G. Bulat

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Forest Cultures, Melioration and Horticulture Department,
State Biotechnological University (Kharkiv, Ukraine).
E-mail: bulatandrey1977@gmail.com
orcid.org/0000-0001-9682-4220

STUDY OF WINTER HARDINESS OF *CATALPA BIGNONIOIDES* SEEDLINGS OF DIFFERENT AGES IN THE CONDITIONS OF THE LEFT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE

Successful growth and ontogeny of introduced woody species in new soil and climatic conditions largely depend on their ability to withstand abiotic stress factors, particularly prolonged decreases in temperature. In this context, the selection and introduction of species capable of adapting to the climatic conditions of Ukraine, especially in regions with low winter temperatures, is of significant practical importance. This study presents the results of a comprehensive assessment of the winter hardiness of *Catalpa bignonioides* seedlings introduced in Kharkiv (Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine). Frost resistance was evaluated using a field method based on visual assessment of annual shoot damage after the winter period. The findings revealed that one- and two-year-old seedlings, due to an extended vegetation period, entered dormancy late and often retained leaves until the onset of frosts. This feature resulted in significant frost damage, particularly in the upper and middle parts of the stem. Starting from the third year of growth, the winter hardiness of the seedlings increased substantially: the damage level of annual shoots decreased to $21.46 \pm 2.17\%$, corresponding to 3 points on the winter hardiness scale, with no frost cracks observed on stems and with a growing proportion of plants surviving the winter without significant injuries. The highest winter hardiness was recorded in four-year-old seedlings, where frost damage of annual shoots decreased to $7.22 \pm 1.05\%$, corresponding to 4 points. In five-year-old plants, frost damage was almost absent, with a damage rate as low as $2.13 \pm 0.63\%$. These results confirm a consistent annual decrease in the tissue damage index and an increase in the proportion of plants that withstand critical winter conditions without significant injuries. The study demonstrates a positive

dynamic of adaptive processes in C. bignonioides, which intensify with plant age. The obtained data provide a scientific basis for recommending C. bignonioides seedlings for broader use in ornamental and forest nurseries of Kharkiv and the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine, thereby expanding the range of winter-hardy introduced woody species for landscaping in the region.

Key words: *Catalpa bignonioides*; winter hardiness; frost resistance; seedlings; introduction; adaptation; ornamental nursery.

Постановка проблеми. Озеленення міських територій потребує збільшення асортименту декоративних рослин. Під час створення об'єктів озеленення (з метою створити щось незвичайне, епатажне) дедалі частіше використовують інтродуценти. Тому щоразу частіше бачимо на вулицях, бульварах, прибудинкових і промислових територіях міст декоративні види і форми інтродукованих деревних рослин, і ця тенденція почала поширюватись на садово-паркові об'єкти [16].

Інтродуценти широко використовують у лісовому і садово-парковому господарствах, захисному і плантаційному лісорозведенні. Але слід пам'ятати, використання деревних інтродуцентів, які зазнають шкоди від дії негативних екологічних факторів має бути обмеженим. Необхідно використовувати як вихідний матеріал лише окремі екземпляри (генотипи) деяких видів, які виявилися найстійкішими до лімітувальних чинників середовища [11].

Основними показниками при вивченні особливостей перезимівлі рослин прийнято вважати два види стійкості – морозостійкість і зимостійкість, де перша є основною складовою частиною другої [14]. Під зимостійкістю розуміють спроможність рослинного організму витримувати всі негативні фактори перезимівлі, особливо тривалі відлиги та різкі коливання температури [7]. Зимостійкість визначається ступенем відповідності між динамікою меж термостійкості органів і тканин рослин в осінньозимовий період і динамікою екстремальних режимів зміни температури. Морозостійкість – це здатність рослин витримувати без пошкоджень низькі зимові температури [15].

Успішне зростання та онтогенез інтродуцентів у нових для них ґрунтово-кліматичних умовах значною мірою визначається їхньою здатністю витримувати абіотичні стресові чинники, зокрема тривале зниження температури. Мороз є одним із ключових обмежувальних факторів, що істотно впливає на результати агролісомеліорації та декоративного садівництва [18]. Замерзання тканин супроводжується утворенням кристалів льоду, які порушують структурну цілісність рослин і ускладнюють їх подальший розвиток [1]. У цьому контексті важливим завданням є пошук та впровадження видів, здатних успішно адаптуватися до кліматичних умов України, зокрема регіонів зі зниженими зимовими температурами.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Рослини роду *Catalpa* дедалі частіше використовуються в озелененні як приватних садів, так і об'єктів міської інфраструктури, включаючи вуличні насадження. Зростання інтересу до представників цього роду зумовлене їх високою адаптивністю до несприятливих умов урбанізованого середовища, декоративною привабливістю протягом усього вегетаційного періоду, пізнім строком квітування, стійкістю до абіотичних стресів,

що підвищує їхню цінність як елементів міського ландшафту.

Аналіз наукової літератури свідчить, що питання адаптації представників роду *Catalpa* в умовах інтродукції досліджене фрагментарно й переважно зосереджене на окремих аспектах екологічної пластичності рослин. Результати таких досліджень наведені у працях українських та закордонних вчених. Зокрема у деяких дослідженнях автори зазначають зниження приросту пагонів *Catalpa bignonioides* під впливом промислових викидів у міському середовищі [4; 12; 17].

Широко представлені роботи з вивчення особливостей вегетативного та насінневого розмноження катальпи [5; 9]. В окремих роботах аналізується визначення доцільності використання сучасних комплексних мінеральних видів добрив під час вирощування садивного матеріалу катальпи бігніонієвидної в умовах декоративного розсадника [6].

Разом з тим, питання адаптивної здатності інтродуцентів роду *Catalpa* в умовах континентального клімату, зокрема зимостійкості в умовах південного Лівобережного Лісостепу України, залишаються недостатньо з'ясованими.

Вважається, що саме недостатня стійкість катальп до несприятливих умов зимового періоду, що характеризується різкими перепадами температури, є одним із основних лімітних чинників її поширення у зелених насадженнях [3; 10; 13; 20; 21].

Враховуючи інтродуковане походження дослідного виду (Південний Схід США), та у зв'язку з тим, що дані досліджень зимостійкості саджанців *Catalpa bignonioides* є обмеженими, а висновки щодо її рівня являються не однотайними, актуальним є ґрунтове дослідження цього питання.

Метою статті є встановлення рівня зимостійкості саджанців *Catalpa bignonioides* на основі експериментальних досліджень, а також вивчення впливу низьких температур на зміни морфометричних показників цього виду в умовах інтродукції в м. Харків.

Методика дослідження. Дослідження зимостійкості та потенційної морозостійкості саджанців *Catalpa bignonioides* проводили в умовах відкритого ґрунту протягом 2022–2024 років на території розсадника декоративних культур Державного біотехнологічного університету (м. Харків), а також у приватному розсаднику, розташованому в межах міста.

Візуальна оцінка зимостійкості проводилася двічі на рік: на початку активної вегетації (початок квітня), коли стають помітними наслідки зимових пошкоджень, та в середині літа – з метою виявлення остаточного ступеня відмирання частин пагонів.

Тривалість вегетаційного періоду визначали як кількість днів від початку набубнявіння бруньок до масового листопаду (опад ≥ 50 % листя).

Для вивчення динаміки росту пагонів застосовували методику щодекадного вимірювання приростів. Річний приріст фіксували після завершення активного росту пагонів, наприкінці вегетації.

Оцінку морозостійкості здійснювали за допомогою польового методу, що базується на візуальному обліку ступеня ушкодження однорічних пагонів після завершення зимового періоду. Для досліджень зимостійкості та потенційної морозостійкості на початку вегетації, нами здійснено рекогносцирувальне обстеження саджанців катальпи з метою виявлення пошкоджень пагонів, деревини та кори рослин морозом. Для оцінювання зимостійкості, в польових умовах ми використовували шкалу О. М. Багацької [2], згідно з якою: 0 – однорічний приріст вимерзає повністю – рослина незимостійка; 1 – обмерзання однорічних пагонів на 51–75 % – рослина недостатньо зимостійка; 2 – обмерзання однорічних пагонів на 26–50 % – зимостійкість задовільна; 3 – обмерзання однорічних пагонів на 11–25 % – рослина досить зимостійка; 4 – обмерзання до 10 % однорічних пагонів – рослина зимостійка [2].

Для оцінки зимостійкості за тривалістю фенологічних фаз, було пораховано коефіцієнт зимостійкості, запропонований І.С. Косенком [8]. Він виражається відношенням тривалості періоду вегетації до періоду лінійного росту пагонів:

$$Z = \frac{CTB}{TRP},$$

де СТВ – середня тривалість вегетації, ТРП – середня тривалість росту пагонів [8]. Чим вище значення коефіцієнта, тим вищою буде зимостійкість.

Чисельність саджанців в дослід становила понад 100 рослин. Обробку фактичних даних здійснювали за основними математико-статистичними методами, які застосовуються в біологічних дослідженнях, з використанням комп'ютерної програми MS Excel.

Основні результати дослідження. Одна з характерних рис клімату України – нестабільний температурний режим повітря в зимовий час. За період досліджень фіксувалися малосніжні зими, ожеледі та ожеледиці, льодяні дощі, які виникають за умов додатних температур повітря та їх значних коливань від від'ємних до додатних значень [19]. Це призводить до значних коливань сезонного ритму розвитку рослин (наприклад, початок і закінчення вегетації, ріст, визрівання пагонів і ін.), що в свою чергу негативно відбивається на морозостійкості рослин.

З метою з'ясування ступеню зимостійкості

саджанців *Catalpa bignonioides* упродовж вегетаційних періодів 2022–2024 рр. проводилися фенологічні спостереження під час яких враховували такі фенофази: набубнявіння бруньок, початок і кінець росту пагонів, масовий листопад. Ці спостереження дають можливість судити про початок та тривалість вегетаційного періоду дослідних рослин (табл. 1).

Результати спостережень свідчать, що опадання листя саджанців катальпи часто зумовлене несприятливими погодними умовами. Тривалість вегетаційного періоду в роки спостережень змінюється не суттєво. Якщо початком вегетаційного періоду вважати фенофазу набубнявіння бруньок, а його закінченням – повне пожовтіння листя, то його середня тривалість за три роки (2022–2024 рр.) становитиме 203 доби. Найбільш ранніми термінами початку вегетації відзначено саджанці чотирьох річного віку (2024 рік спостереження), а найбільш пізніми – саджанці другого року вегетації. Завершення вегетації відбувалось у саджанців катальпи в зворотному порядку. Період між датами початку вегетації рослин досліджуваних рослин становив 6 діб, а між датами завершення – 8 діб.

Інтенсивний ріст пагонів у довжину є однією з характерних особливостей саджанців катальпи в ювенільному віці. Вивчення закономірностей росту вегетативних пагонів в умовах інтродукції має важливе значення не тільки для удосконалення агротехніки вирощування, а і для оцінки зимостійкості саджанців.

За нашими спостереженнями початок росту пагонів у саджанців *C. bignonioides* в умовах м. Харків спостерігається в кінці квітня – початку травня місяця (табл. 2).

Результати проведених нами досліджень свідчать про те, що період росту пагонів у саджанців *C. bignonioides* незалежно від їх віку розтягнутий у часі і займає майже п'ять місяців. Найтривалішим цей період був у 2023 році, а найкоротшим – у 2022 році, що, на нашу думку, зумовлено погодними умовами. Загалом період росту пагонів становив 143–146 діб (в середньому 144 доби).

Одним з основних показників успішності вирощування інтродукованих рослин є показники їх приросту. Аналіз отриманих даних дає підставу зробити висновок про успішний ріст саджанців катальпи в умовах декоративного розсадника. Результати отримані під час замірів річного приросту засвідчили, що в усіх варіантах дослідів відбувався інтенсивний ріст надземної частини рослин. Встановлено, що після завершення другого

Таблиця 1

Тривалість вегетації рослин *Catalpa bignonioides* в 2022–2024 рр.

Рік спостереження	Початок вегетації	Кінець вегетації	Тривалість, днів
2022	24.04	5.11	196
2023	21.04	10.11	204
2024	18.04	13.11	210

Період лінійного росту пагонів і тривалість ростових процесів у рослин *Catalpa bignonioides* в 2022–2024 рр.

Рік спостереження	Початок росту	Завершення росту	Тривалість росту, дні	Середній річний приріст, см
2022	02.05	21.09	143	38,9±2,65
2023	30.04	22.09	146	27,9±4,04
2024	29.04	19.09	144	32,1±3,1

вегетаційного періоду (2022 рік спостереження) середні показники річних приростів саджанців *C. bignonioides* набули максимального значення, що на нашу думку може свідчити про високий рівень адаптації інтродукованих рослин до нових умов зростання. Третій та четвертий вегетаційний рік (2023 – 2024 рік спостереження) характеризувались значним зниженням темпу росту пагонів. Встановлені низькі показники ростових процесів у саджанців *C. bignonioides* можна пояснити виявленим нами збудником борошнистої роси (*Erysiphe catalpae* Simonian), який паразитував на листі та пагонах рослин у період вегетації.

Результати оцінювання фактичної зимостійкості в польових умовах показали наступне: перше – незалежно від віку рослин в зимовий період у досліджуваних рослин *C. bignonioides* пошкоджується лише однорічний приріст, друге – між рівнем пошкодження однорічного пагону, несприятливими умовами зимового періоду, та віком саджанців існує пряма залежність (табл. 3).

Візуальні спостереження показали, що ступінь пошкодження саджанців катальпи у різні роки неоднакова. Зимостійкість досліджуваних рослин впродовж 2022–2025 років за шкалою О. М. Багацької [2] зростала від задовільної до зимостійкої.

За результатами фенологічних спостережень помічено, що саджанці катальпи не залежно від віку, до глибокої осені, а саме до моменту стійкого переходу середньодобових температур нижче +5°C, не скидають листя. Саджанці входять у зимовий період слабо загартованими із недостатньо визрілими пагонами, тому майже на всіх рослинах спостерігається пошкодження верхівки однорічних пагонів.

З результатів оцінки зимостійкості слідує, що під дією несприятливих умов зимового періоду, найбільший рівень пошкодження однорічних пагонів виявився у саджанців другого року вегетації (2022 рік спостереження), однорічні пагони яких пошкоджувались на 36,75±4,83%, що за шкалою оцінки ступеню зимостійкості О. М. Багацької відповідає 2 балам (зимостійкість задовільна). Слід відмітити появу незначної кількості морозобоїн на частині молодих рослин. Ураження проявлялось на верхівці стовбура саджанця та середній частині стовбура. Завдяки тому що рослини з таким типом ураження мали локальний характер розміщення на території розсадника ми схильні до думки про наявність на території розсаднику невеликих за розміром морозобійних ям, що і призводить до більш тяжкого ураження рослин. Отже, при проектуванні посадок *C. bignonioides* необхідно звертати увагу на наявність таких нюансів та більш ретельно підбирати місце посадки.

Таким чином підсумовуючи вище сказане ми можемо стверджувати, що при перезимівлі дворічних саджанців *C. bignonioides* в умовах Харківської області, відмічається вразливість до впливу мінусових температур і температурних перепадів. Завдяки пролонгованому вегетаційному періоду рослини пізно входять в стан спокою, та до самих морозів можуть не скидати листя, що зумовлює їх пошкодження, здебільшого верхньої частини пагодна. Таким чином для зменшення втрат приростів ми рекомендуємо застосування заходів захисту їх від ураження низькими температурами. За можливості стовбури молодих рослин потрібно вкривати торфом, опалим листям, або обмотувати агроволокном та висаджувати в місцях, захищених від північних вітрів.

Таблиця 3

Рівень пошкодження пагонів та фактична зимостійкість рослин *Catalpa bignonioides* за період досліджень

Рік спостереження	Рівень пошкодження, %	Рівень пошкодження, бал					Ступінь зимостійкості
		0	1	2	3	4	
2022	36,75±4,83	-	-	2	-	-	задовільна
2023	21,46±2,17	-	-	-	3	-	досить зимостійка
2024	7,22±1,05	-	-	-	-	4	зимостійка
2025	2,13±0,63	-	-	-	-	4	зимостійка

З третього року життя, зимостійкість досліджуваних саджанців стає значно вищою. Спостереження за обмерзанням саджанців в зимовий період 2023 років вказують на значне падіння відсотку пошкодження пагонів. За шкалою зимостійкості дослідні саджанці отримали 3 бали (рослина досить зимостійка), рівень обмерзання однорічних пагонів у відносних величинах становив $21,46 \pm 2,17\%$. Слід зауважити повну відсутність морозобоїн на стовбурах рослин, це може бути пов'язано з початком пристосування рослин до кліматичних умов регіону.

Слід зазначити, що саджанці *C. bignonioides* досить швидко відновлюються після пошкодження. Завдяки довгому вегетаційному періоду їхні пагони відростали, а рослини відновлювали свою декоративність.

Найбільш зимостійкими за роки спостережень виявилася рослини чотирьох річного віку. Проведені підрахунки відсотку пошкодження низькими температурами однорічних пагонів (2024 рік спостереження) вказують на мінімальний рівень пошкодження. Зимостійкість саджанців на початок вегетації оцінена нами в – 4 бали. Відсоток обмерзання однорічних пагонів – $7,22 \pm 1,05\%$.

Таким чином за шкалою оцінки ступеню зимостійкості О. М. Багацької чотири річні саджанці *C. bignonioides* в умовах Харківської області отримали максимальний бал зимостійкості, тобто рослина зимостійка.

Результати досліджень свідчать про поступове зменшення, з кожним роком, індексу ушкодження тканин однорічних пагонів у саджанців *C. bignonioides*. З кожним наступним роком збільшується частка рослин, які переживають критичний зимовий період без істотних пошкоджень. Це свідчить про позитивну динаміку адаптаційних процесів у даних рослин, що підтверджує перспективність їх використання в регіоні досліджень.

Для підтвердження позитивної динаміки пристосування рослин до умов м. Харків, на весні 2025 року нами було проведено повторні підрахунки ураження однорічних пагонів від'ємними температурами.

Облік результатів дослідження, дозволив констатувати значно кращий ступінь адаптації рослин. У саджанців *Catalpa bignonioides* п'ятирічного віку спостерігалася майже повна відсутність ушкоджень пагонів морозом. Рівень пошкодження становив лише $2,13 \pm 0,63\%$, що свідчить про істотне підвищення зимостійкості рослин із віком. Таким чином, результати спостережень

підтверджують достатній рівень зимостійкості саджанців *C. bignonioides*, які впродовж досліджень виявили високий ступінь адаптації до кліматичних умов району інтродукції.

Адаптаційна здатність рослин залежить не тільки від кліматичних умов зростання та сукупності біотичних чинників. У виробничих умовах на формування зимостійкості рослин також впливають технологічні заходи вирощування (збільшення площі живлення саджанців, внесення мінеральних добрив, поливи) та захисту (обробіток фунгіцидами), які значною мірою можуть вплинути на здатність рослин протистояти від'ємним температурам. Тому при використанні технологічних заходів, що так чи інакше можуть впливати на резистентність рослин до від'ємних температур, більш правильно було б казати про максимально можливе збереження потенційної зимостійкості рослин.

За твердженнями І. С. Косенко [8] на показники потенційної зимостійкості впливають тривалість вегетації рослини та тривалість росту пагонів. Ним було запропоновано для визначення ступеня зимостійкості використовувати відношення цих величин (коефіцієнт З), згідно чого потенційна зимостійкість рослин буде тим вищою чим вище значення коефіцієнта (табл. 4).

З огляду результатів фенологічних спостережень, відмінність у тривалості вегетації та росту пагонів проявлялась протягом періоду досліджень з різною інтенсивністю. Вочевидь різниця тривалості вегетації саджанців катальпи залежала від кліматичних умов та віку рослин, а саме у рослин старшого віку показники тривалості вегетації були суттєво більшими.

Згідно з розрахунками, максимальна різниця між тривалістю вегетації та ростом пагонів саджанців катальпи становила в 2024 році – 66 діб, а мінімальна в 2022 році – 53 доби. Коефіцієнт зимостійкості, розрахований за формулою І. С. Косенко, складав від 1,37 у рослин другого року вегетації, до 1,46 у чотири річних саджанців. Таким чином користуючись твердженнями І.С. Косенко це вказують на підвищення рівня потенційної зимостійкості.

Таким чином користуючись проведеними дослідженнями ми можемо стверджувати, що потенційна зимостійкість саджанців катальпи знаходиться в прямій залежності від їх віку, що підтверджується польовими спостереженнями, та розрахунками зимостійкості за шкалою О. М. Багацької.

Таблиця 4

Коефіцієнт зимостійкості рослин *Catalpa bignonioides* за даними фенологічних спостережень 2022–2024 рр.

Рік спостереження	Середня тривалість вегетації, діб	Тривалість росту пагонів, діб	Коефіцієнт зимостійкості
2022	196	143	1,37
2023	204	146	1,40
2024	210	144	1,46

Висновки. За результатами проведених досліджень встановлено, що незалежно від віку саджанців *Catalpa bignonioides* у зимовий період ушкоджується переважно однорічний приріст. Дворічні рослини в умовах Лівобережного Лісостепу України характеризуються як слабкозимостійкі (2 бали), оскільки рівень пошкодження перевищує 36 % під впливом типових для регіону низьких температур. На трирічних саджанцях відзначено зниження рівня ушкодження приросту поточного року – до 21,46 %. Крім того, збільшується частка рослин, які витримують зимовий період без істотних пошкоджень. Це дозволяє віднести їх до категорії досить зимостійких рослин (3 бали за шкалою О. М. Багацької). Найвищу стійкість до низьких температур (максимальну зимостійкість, 4 бали) саджанці *C. bignonioides* набувають на четвертий – п'ятий рік. Таким чином, доведено наявність прямої залежності між віком рослин і їх потенційною зимостійкістю: зі збільшенням віку саджанці виявляють вищу здатність протистояти несприятливим зимовим умовам.

Отримані результати свідчать про перспективність широкого використання *Catalpa bignonioides* у зеленому будівництві м. Харкова та Лівобережного Лісостепу України.

Література

- Ambroise V., Legay S., Guerriero G., Hausman J.-F., Cuypers, A., & Sergeant K. The Roots of Plant Frost Hardiness and Tolerance. *Plant and Cell Physiology*, 2020. № 61(1). P. 3–20. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcz196>
- Багацька О. М. Особливості росту і розвитку інтродукованих видів дерев'янистих ліан та перспективи їх використання в озелененні м. Києва : автореф. дис. канд. с.-г. наук : 06.03.01. Нац. аграр. ун-т. К., 2008. 22 с.
- Bao D., Ji Q., Yu M., Gang Z., Di-Ying X., & Ming G. Frost hardiness accuracy assessment by electrical impedance spectroscopy in *Catalpa* spp. during frost hardening. *BioTechnology : An Indian Journal*. 2014. Vol. 10(22). P. 13888–13893.
- Булат А. Г. Порівняння морфометричних показників рослин *Catalpa bignonioides* Walt. за різних умов урбогенного навантаження. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2024. Ч. 1. Вип. 105. С. 73–83. DOI: 10.32782/2415-8240-2024-105-1-73-83
- Булат А. Г. Індукування стійкості сіянів *Catalpa bignonioides* до інфекційного вилягання шляхом внесення фунгіцидів. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2025. Том. 35. № 3. С. 9–15. <https://doi.org/10.36930/40350301>
- Булат А. Г. Сучасні методи інтенсифікації вирощування садивного матеріалу катальпи бігонієвидної (*Catalpa bignonioides* Walter). *Агробіологія*. 2025. № 1. С. 229–238. DOI: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-229-238
- Гаврилюк О. С., Кондратенко Т. Є., Мазур Б. М. Морозостійкість яблуні колоноподібного типу методом прямого проморожування. *Наукові доповіді НУБіП України. Агронімія*. 2022. Том 18, № 6. <https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.06.004>
- Косенко І. С. Ліщини в Україні. К. : Академперіодика, 2002. 266 с.
- Кухарская М. О. Особливості розмноження представників роду *Catalpa* Scop. зеленими живцями. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2008. Том. 18(12). С. 244–249.
- Кухарская М. О. Оцінювання морозостійкості представників роду *Catalpa* Scop. лабораторним методом прямого проморожування пагонів. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2014. Том. 24(9). С. 70–75.
- Кузнецов С. І., Слюсар С. І., Кузнецова М. С. Інтродукція деревних рослин в Україні: минуле, сучасне та майбутнє. *Лісове і садово-паркове господарство*. 2017. № 11.
- Леппик М. В., Бессонова В. П. Ріст пагонів та пошкодження листків *Catalpa bignonioides* Walt. в умовах техногенного навантаження. *Інтродукція рослин*. 2008. № 1. С. 71–76. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2556958>
- Li T., Zhang J., Zhang H., Niu S., Qian J., Chen Z., Ma, T., Meng Y., & Di B. Identification of *Catalpa bungei* aquaporin gene family related to low temperature stress. *Forests*. 2024. 15(6). <https://doi.org/10.3390/f15061063>
- Маковський В. В. Комплексна оцінка зимостійкості та потенційної морозостійкості деревних ліан родини Vitaceae Juss. в умовах інтродукції в Правобережному Лісостепу України. *Науковий вісник Чернівецького університету. Біологія (Біологічні системи)*. 2020. Том. 12. № 1. С. 95–104. <https://doi.org/10.31861/biosystems2020.01.095>
- Мамчур В. В. Морозостійкість і зимостійкість *Ailanthus altissima* (Mill.) в умовах Правобережного Лісостепу і Степу України. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2017. Вип. Том. 27(5). С. 21–24. <https://doi.org/10.15421/40270503>
- Масальський В. П., Кузнецов С. І. Аборигенна дендрофлора покритонасінних – основа паркобудування в лісостепу України. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. Том. 28(8). С. 14–18. <https://doi.org/10.15421/40280802>
- Немченко М. В., Бессонова В. П. Оцінка стану рослин *Catalpa bignonioides* Walt. та *C. speciosa* Ward. в умовах придорожньої лісосмуг. *Інтродукція рослин*. 2009. № 2. С. 85–90.
- Papagiannaki K., Lagouvardos K., Kotroni V., & Papagiannakis G. Agricultural losses related to frost events: use of the 850 hPa level temperature as an explanatory variable of the damage cost. *Nat. Hazards Earth Syst*. 2014. 14(9). P. 2375–2381. <https://doi.org/10.5194/nhessd-2-865-2014>
- Решетченко С. І., Борискіна Є. В., Грекова Є. Д. Розподіл температури повітря на території України на тлі сучасних кліматичних змін. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії. 2022. № 35. С. 25–31. <https://doi.org/10.26565/2075-1893-2022-35-03>
- Shepeliuk M., Kovalevskiy S., Kytaiiev O., Kychyliuk O., & Andreieva V. Frost resistance of the introduced species of trees in the urbanized environment (Lutsk city, Ukraine). *AgroLife Scientific Journal*. 2021. 10(1). P. 204–213. <https://doi.org/10.17930/AGL2021123>

21. Wang A-Y., Cui H-X., Gong X-W., Guo J-J., Wue N., & Hao G-Y. Contrast in vulnerability to freezing-induced xylem embolism contributes to divergence in spring phenology between diffuse- and ring-porous temperate trees. *Forest Ecosystems*, 2022. 9(6). DOI: 10.1016/j.fecs.2022.100070

References

1. Ambrose, V., Legay, S., Guerriero, G., Hausman, J.-F., Cuyppers, A., & Sergeant, K. (2020). The Roots of Plant Frost Hardiness and Tolerance. *Plant and Cell Physiology*. № 61(1), 3–20. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcz196>

2. Bagatska, O. M. (2008). Osoblyvosti rostu i rozvytku introdukovanykh vydiv derevianystykh lian ta perspektyvy yikh vykorystannia v ozelenenni m. Kyieva [Peculiarities of the growth and development of introduced species of woody vines and the prospects of their use in greening of the city. Kyiv] autoref. thesis Ph.D. s.-g. sciences 06.03.01. National agrarian Univ. 22 [in Ukrainian].

3. Bao, D., Ji, Q., Yu, M., Gang, Z., Di-Ying, X., & Ming, G. (2014) Frost hardiness accuracy assessment by electrical impedance spectroscopy in *Catalpa* spp. during frost hardening. *BioTechnology: An Indian Journal*. Vol. 10(22), 13888–13893.

4. Bulat, A. G. (2024). Porivnyannia morfometrychnykh pokaznykiv roslin *Catalpa bignonioides* Walt. za riznykh umov urbohennoho navantazhennia [Comparison of morphometric parameters of *Catalpa bignonioides* Walt. plants under different conditions of urbanogenic load]. *Journal of Uman National University of Horticulture*. Part. 1. Issue. 105, 73–83. <https://doi.org/10.32782/2415-8240-2024-105-1-73-83> [in Ukrainian].

5. Bulat, A. G. (2025). Indukuvannia stiikosti siiantsiv *Catalpa bignonioides* do infektsiinoho vyliahannia shliakhom vnesennia funhitsydiv. [Induction of *Catalpa bignonioides* seedling resistance to infectious escapement by fungicide treatment]. *Scientific Bulletin of UNFU*. 35(3), 9–15. <https://doi.org/10.36930/40350301> [in Ukrainian].

6. Bulat, A. G. (2025). Suchasni metody intensyfikatsii vyroshchuvannia sadyvnoho materialu katalpy bihnoniievdydnoi (*Catalpa bignonioides* Walter). [Modern methods of intensification of growing of planting material *Catalpa bignonioides* Walter.] *Agrobiologia*. № 1. 229–238. DOI: 10.33245/2310-9270-2025-195-1-229-238 [in Ukrainian].

7. Havryliuk, O., Kondratenko, T., & Mazur, B. (2022). Morozostiikist yabluni kolonopodibnoho typu metodom priamoho promorozhuvannia. [Frost resistance of the columnar apple tree the method of direct freezing]. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*. Vol. 18, No. 6. <https://doi.org/10.31548/dopovid2022.06.004> [in Ukrainian].

8. Kosenko, I. (2002). Lishchyny v Ukraini [Hazelnuts in Ukraine]. *Akademperiodika*. Kyiv, 266. [in Ukrainian].

9. Kuharska, M. O. (2008). Osoblyvosti rozmnozhenia predstavnykiv rodu *Catalpa* Scop. zelenymy zhyvtsiamy. [Peculiarities of reproduction

of representatives of the genus *Catalpa* Scop. green cuttings]. *Scientific bulletin of Ukrainian National Forestry University*. 18(12), 244–249. [in Ukrainian].

10. Kukharska, M. O. (2014) Otsiniuvannia morozostiikosti predstavnykiv rodu *Catalpa* Scop. laboratornym metodom priamoho promorozhuvannia pahoniv [The Frost resistance estimation of the *Catalpa* Scop. genus members with laboratory method by direct shoots freezing]. *Scientific bulletin of Ukrainian National Forestry University*. 24(9), 70–75. [in Ukrainian].

11. Kuznetsov, S., Sliusar, S., & Kuznetsova, M. (2017). Introduktsiia derevnykh roslin v Ukraini: mynule, suchasne ta maibutnie. [Introduction of woody species in Ukraine: the past, present and future]. *Forestry and horticulture*. № 11. [in Ukrainian].

12. Leppik, M. V., & Bessonova, V. P. (2008). Rist pahoniv ta poshkodzhenia lystkiv *Catalpa bignonioides* Walt. v umovakh tekhnohennoho navantazhennia. [Growth and leaves damage of *Catalpa bignonioides* Walt. in conditions of air pollution]. *Plant introduction*. Vol. 1, 71–76. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2556958> [in Ukrainian].

13. Li, T., Zhang, J., Zhang, H., Niu, S., Qian, J., Chen, Z., Ma, T., Meng, Y., & Di, B. (2024). Identification of *Catalpa bungei* aquaporin gene family related to low temperature stress. *Forests*. 15(6). <https://doi.org/10.3390/f15061063>

14. Makovskyi, V. V. (2020). Kompleksna otsinka zymostiikosti ta potentsiinoi morozostiikosti derevnykh lian rodyny Vitaceae Juss. v umovakh introduktsii v Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [Comprehensive evaluation of winter resistance and potential frost resistance of woody vines of the Vitaceae Juss. family in the conditions of introduction in the Right-bank forest-steppe of Ukraine]. *Scientific Herald of Chernivtsi University. Biology (Biological Systems)*. Vol. 12. No. 1. 95–104. <https://doi.org/10.31861/biosystems2020.01.095> [in Ukrainian].

15. Mamchur, V. V. (2017). Morozostiikist i zymostiikist *Ailanthus altissima* (Mill.) v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu i Stepu Ukrainy [Frost resistance and winter hardiness of *Ailanthus altissima* (Mill.) in Right-bank stepp and steppe of Ukraine]. *Scientific Bulletin of UNFU*. 27(5), 21–24. <https://doi.org/10.15421/40270503> [in Ukrainian].

16. Masalskiy, V. P., & Kuznetsov, S. I. (2018). Aboryhenna dendroflora pokrytonasinnykh – osnova parkobuduvannia v lisostepu Ukrainy [Angiosperms aboriginal dendroflora as the basis for parks establishment in the forest-steppe of Ukraine]. *Scientific Bulletin of UNFU*. 28(8), 14–18. <https://doi.org/10.15421/40280802> [in Ukrainian].

17. Nemchenko, M. V., & Bessonova, V. P. (2009). Otsinka stanu roslin *Catalpa bignonioides* Walt. ta *C. speciosa* Ward. v umovakh prydorozhnoyi lisosmuhy. [The states valuation of plants of *Catalpa bignonioides* Walt. and *Catalpa speciosa* Ward. in the condition growth in a wayside afforestation]. *Plant introduction*. Vol. 2, 85–90. [in Ukrainian].

18. Papagiannaki, K., Lagouvardos, K., Kotroni, V., & Papagiannakis, G. (2014). Agricultural losses related to frost events: use of the 850 hPa level temperature as an

explanatory variable of the damage cost. *Nat. Hazards Earth Syst.* 14(9), 2375–2381. <https://doi.org/10.5194/nhessd-2-865-2014>

19. Reshetchenko, S., Boryskina, Y., & Hreko, Y. (2022). Rozpodil temperatury povitria na terytorii Ukrainy na tli suchasnykh klimatychnykh zmin [Distribution of air temperature in the territory of Ukraine against the background of current climate changes]. *Problems of Continuous Geographic Education and Cartography*. № 35, 25–31. <https://doi.org/10.26565/2075-1893-2022-35-03> [in Ukrainian].

20. Shepeliuk, M., Kovalevskyi, S., Kytaiev, O., Kychyliuk, O., & Andreieva, V. (2021). Frost resistance of the introduced species of trees in the urbanized environment (Lutsk city, Ukraine). *AgroLife Scientific Journal*. 10(1), 204–213. <https://doi.org/10.17930/AGL2021123>

21. Wang, A-Y., Cui, H-X., Gong, X-W., Guo, J-J., Wue, N., & Hao, G-Y. (2022). Contrast in vulnerability to freezing-induced xylem embolism contributes to divergence in spring phenology between diffuse- and ring-porous temperate trees. *Forest Ecosystems*, 9(6). <https://doi.org/10.1016/j.fecs.2022.100070>

Дата першого надходження рукопису до видання: 15.09.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 30.10.2025
Дата публікації: 28.11.2025

**М. В. Швець**

кандидат біологічних наук,
доцент кафедри лісового та садово-паркового господарства,
Поліський національний університет (м. Житомир, Україна)
E-mail: marina_lis@ukr.net
orcid.org/0000-0002-1116-3986

І. М. Кульбанська

кандидат біологічних наук,
доцент кафедри лісівництва,
Національний університет біоресурсів
і природокористування України (м. Київ, Україна)
E-mail: i_kulbanska@ukr.net
orcid.org/0000-0002-3424-8106

**О. Ю. Андреева**

доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри лісового та садово-паркового
господарства
Поліський національний університет (м. Житомир, Україна)
E-mail: andreieva.olen11@gmail.com
orcid.org/0000-0003-0851-800X

**С. І. Матковська**

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри біоресурсів, технологій та аквакультури
Поліський національний університет (м. Житомир, Україна)
E-mail: matkovcka@ukr.net
orcid.org/0000-0002-8019-5498

**М. М. Майстренко**

студентка,
Поліський національний університет (м. Житомир, Україна)
E-mail: majstrenkomaria897@gmail.com



ОСОБЛИВОСТІ ФАЗ РОСТУ І РОЗВИТКУ РОСЛИН ДОСЛІДЖУВАНИХ СОРТІВ РОДУ ТЮЛЬПАН (*TULIPA L.*) В УМОВАХ ЗАКРИТОГО ҐРУНТУ

У роботі висвітлено результати експериментального дослідження, присвяченого оптимізації процесу вирощування сортових тюльпанів у закритому ґрунті. Дослідження, проведене в тепличному комплексі, показало, що ключовими факторами для отримання якісного зрізу квітів є вибір сорту, якість посадкового матеріалу та суворий контроль температури. Використано різноманітні методи, включаючи спостереження, вимірювання рослин, статистичний аналіз, а також візуальну оцінку. Досліджено три технології вигонки тюльпанів: традиційну та дві голландські – 5-градусну і 9-градусну. Експеримент проведено на 5000 цибулинах, включаючи такі сорти, як *Mosni*, *Go max*, *Strong Gold*, *Strong Love*, *White flag*. Встановлено, що для успішної вигонки необхідно використовувати цибулини класу "екстра" вагою не менше 25 г. Дослідження підтвердило, що температура є вирішальним фактором, що впливає на тривалість вигонки. Доведено, що 9-градусна технологія зберігання цибулин тюльпанів дає подібні результати до 5-градусної, але з деякими відмінностями. Для ранньої вигонки цибулини не бажано зберігати до першої декади жовтня; для пізньої вигонки цибулини зберігати до середини жовтня. Якщо пагони досягали довжини 7-9 см, а до вигонки було ще зарано, температуру знижували до 0–2 °C на 2–3 дні. Таким чином, 9-градусна технологія дозволяє регулювати терміни цвітіння тюльпанів, забезпечуючи можливість

отримання квітів у потрібний час. Використання традиційної технології подовжує термін вирощування в середньому на 4-5 днів порівняно з голландською. За ранньої вигонки найшвидший ріст квітконосів (43 дні) відбувається при температурі 18-20 °С. Для пізньої вигонки необхідна температура 10-12 °С, що подовжує ріст до 62 днів.

Отримані результати свідчать, що для комерційного вирощування тюльпанів на зріз доцільно застосовувати сучасні технології, які дозволяють контролювати процес росту.

Ключові слова: квітникарство, тепличне господарство, технологія вигонки, сорти тюльпанів, температурний режим, якість цибулин.

M. V. Shvets

Candidate of Biological Sciences,
Associate Professor at the Department of Forestry and Landscape Architecture,
Polissia National University (Zhytomyr, Ukraine)
E-mail: marina_lis@ukr.net
orcid.org/0000-0002-1116-3986

I. M. Kulbanska

Candidate of Biological Sciences,
Associate Professor at the Department of Forestry,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine)
E-mail: i_kulbanska@ukr.net
orcid.org/0000-0002-3424-8106

O. Yu. Andreeva

Doctor of Agricultural Sciences,
Professor at the Department of Forestry and Landscape Architecture
Polissia National University (Zhytomyr, Ukraine)
E-mail: andreieva.olena11@gmail.com
orcid.org/0000-0003-0851-800x

S. I. Matkovska

Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Bioresources, technology and aquaculture,
Polissia National University (Zhytomyr, Ukraine)
E-mail: matkovcka@ukr.net
orcid.org/0000-0002-8019-5498

M. M. Maistrenko

Student
Polissia National University (Zhytomyr, Ukraine)
E-mail: majstrenkomaria897@gmail.com

FEATURES OF THE GROWTH AND DEVELOPMENT PHASES OF PLANTS OF THE STUDIED VARIETIES OF THE GENUS TULIP (TULIPA L.) IN CLOSED SOIL CONDITIONS

The work presents the results of an experimental study aimed at optimizing the process of growing varietal tulips in closed soil. A study conducted in a greenhouse complex revealed that the key factors for obtaining a high-quality cut of flowers are the choice of variety, the quality of planting material, and strict temperature control. Various methods were used, including observations, plant measurements, statistical analysis, and visual assessment. Three technologies for forcing tulips were studied: traditional and two Dutch ones – 5-degree and 9-degree. The experiment was conducted on 5,000 bulbs, including such varieties as Mosni, Go Max, Strong Gold, Strong Love, and White Flag. It was established that for successful forcing, it is necessary to use "extra" class bulbs weighing at least 25 g. The study confirmed that temperature is a decisive factor affecting the duration of forcing. It has been proven that the 9-degree technology of storing tulip bulbs gives similar results to the 5-degree technology, but with some differences. For early forcing, it is not advisable to store the bulbs until the first decade of October; for late forcing, the bulbs should be stored until mid-October. If the shoots reached a length of 7-9 cm, and it was still too early to force, the temperature was reduced to 0–2 °C for 2–3 days. Thus, the 9-degree technology allows you to regulate the timing of tulip flowering, ensuring the possibility of obtaining flowers at the right time. The use of traditional technology extends the growing period by an average of 4–5 days compared to Dutch technology. The comparative analysis showed that growing tulips is a highly profitable business. During early forcing, the fastest growth of flower stalks (43 days) occurs at a temperature of 18–20 °C. For late forcing, a temperature of 10–12 °C is required, which extends growth to 62 days. The results obtained indicate that for the commercial cultivation of cut tulips, it is advisable to use modern technologies that allow controlling the growth process.

Key words: floriculture, greenhouse farming, forcing technology, tulip varieties, temperature regime, quality of bulbs.

Постановка проблеми досліджень: різноманіття сучасних тюльпанів налічує близько 3000 сортів, від традиційних до дивовижних. Кожен сорт відрізняється формою та кольором. Тюльпани надзвичайно різноманітні у використанні: вони ідеально підходять для створення різноманітних квіткових композицій, чудово виглядають як у букетах, так і в одиночних посадках. Завдяки великій кількості сортів, тюльпани можна використовувати для будь-яких урочистостей. З метою створення рекомендацій

для вирощування тюльпанів в Україні, проводяться дослідження, спрямовані на визначення оптимальних умов культивування різних сортів у різних регіонах. Контрольоване вирощування дозволить отримувати якісну, екологічно чисту сировину з нормованим вмістом біологічно активних речовин для фармацевтичної промисловості. Актуальність дослідження зумовлена постійним зростанням попиту на перевірені сорти тюльпанів, які активно імпортуються в Україну з різних країн світу. Ці сорти повинні відповідати сучасним

вимогам. Їхня успішна вигонка в Україні залежить від якості посадкового матеріалу, вивчення їхніх біологічних та декоративних характеристик.

Аналіз останніх досліджень та публікацій: у сучасному ландшафтному дизайні тюльпани могли б відігравати значно більшу роль, як у приватних садах, так і в міському озелененні [9; 6; 13; 15]. Однак, їх використання часто обмежене через недостатнє врахування особливостей вирощування [3; 11]. Для успішної вигонки необхідно враховувати, що кожен сорт рослини потребує певного періоду охолодження. Наприклад, тюльпани вимагають від 11 до 19 тижнів холоду, залежно від сорту [8; 15]. До прикладу: Aladdin (лілієцвітні): 14–15 тижнів, Akela (прості ранні): 16–17 тижнів, Arma (бахромчасті): 17–18 тижнів, Blue Diamond (махрові пізні): 15–16 тижнів, Golden Oxford (дарвінові гібриди): 18–19 тижнів, Gavota (Тріумф): 11–13 тижнів, Bergamo (Тріумф): 13–14 тижнів, Red Emprassion (дарвінові гібриди): 15–16 тижнів [2; 4; 9]. Раніше садівники не завжди звертали увагу на ці нюанси, що призводило до невдач – бутони не розкривалися або засихали [1; 5]. Тому, для повноцінного використання потенціалу тюльпанів, необхідно враховувати сучасні наукові досягнення та особливості вигонки цих рослин.

Завдяки багаторічним дослідженням науковців, сьогодні існує ефективна технологія вигонки цибулинних рослин, зокрема тюльпанів, що дозволяє отримувати квіти точно в запланований час і з високою економічною вигодою [1; 5; 17]. Перші кроки в цьому напрямку були зроблені в результаті спільного експерименту між Радянським союзом та Голландською асоціацією квітників, який тривав з 1967 по 1972 рік. Згодом, багато інших наукових установ і квіткових господарств, особливо в країнах Прибалтики, накопичили значний досвід у вигонці цибулинних рослин [13]. Для успішної вигонки тюльпанів, підготовку потрібно починати ще під час їхнього росту у відкритому ґрунті [1].

Після вигонки тюльпани проходять три основні фази розвитку: період спокою, вкорінення цибулин та активний ріст [2; 5; 17]. Ключовим фактором на першому етапі є температурний режим, який дозволяє контролювати розвиток рослин і регулювати терміни їхнього цвітіння. Контролюючи температуру, необхідно враховувати ключові етапи розвитку цибулини перед посадкою на вигонку. У результаті спостережень науковцями було виділено такі фази їхнього розвитку. Початок формування зачатків листків (ще до вигонки, в другій половині періоду росту рослин) – фаза I. Завершення формування зачатків листків та початок розвитку квіткової бруньки. В Україні це, як правило, кінець червня – початок липня – фаза II. Формування першого кола пелюсток (трьох зовнішніх) – фаза P1 (від лат. *Periantchium*, тобто оцвітина). Формування пелюсток внутрішнього кола – фаза P2. Формування тичинок зовнішнього кола – фаза A1 (від лат. *Androeseum* – андроцей, тобто сукупність тичинок). Формування маточки – фаза G (від

лат. *Gynoeeseum*, тобто гінецей, коли чітко видно три горбики приймочки). Ці етапи є критично важливими для розуміння того, як температура впливає на розвиток тюльпанів і як можна використовувати це для планування часу цвітіння [1; 14].

Температурна обробка цибулин, призначених для вигонки, складається з двох послідовних етапів: спочатку вплив високих температур, а потім – низьких [1]. Високі температури застосовуються в період органогенезу цибулин, тобто на етапах розвитку, описаних вище. В умовах України цей період триває від початку зберігання до 10–15 серпня, хоча в окремі роки може завершитися раніше (кінець липня) або пізніше (кінець серпня). Тепла погода в період вегетації стимулює органогенез в цибулинах. Оптимальна температура для розвитку зачатків квітки становить 20–23°C. Значні відхилення від цього діапазону сповільнюють процеси розвитку або призводять до аномалій, що в майбутньому може спричинити появу "сліпих" бутонів (пелюстки стають схожими на папір, а інші частини квітки недорозвинені) [16]. Для того, щоб отримати тюльпани до новорічних свят (з 15 грудня по 15 січня), цибулини відразу після викопування піддають тижневій обробці високою температурою (34°C). Ця процедура затримує ріст зелених листочків, стимулюючи формування квіткових органів [4]. Однак, слід враховувати, що така обробка може призвести до отримання рослин з коротшими стеблами, і вона підходить лише для ранніх сортів, які не потребують тривалого періоду охолодження (не більше 10 тижнів). Для вигонки тюльпанів у грудні-січні, їх викопують раніше, ніж зазвичай, до повного висихання листя, щоб фази I та II розвитку завершилися до початку прогрівання [16]. В іншому випадку, висока температура може сповільнити формування квітки. Для контролю стану внутрішніх органів цибулини, можна зробити її поздовжній розріз і оглянути конус наростання. Після того, як завершиться фаза G (формування маточки), приблизно з середини серпня, температуру в сховищі, де зберігаються цибулини, необхідно знизити. Цей показник залежить від того, коли планується вигонка або посадка цибулин. Якщо за планом пізня вигонка (з 15 березня по квітень) або посадка у відкритий ґрунт, необхідно підтримувати температуру в межах 15–17°C до моменту посадки [1]. Для ранньої та середньої вигонки (січень – середина березня) цибулини слід охолоджувати при температурі 9°C. Винятком є Дарвінові гібриди, які до 1 вересня необхідно зберігати при 17°C. Завдяки зниженню температури, рослини після посадки легше виходять зі стану спокою і швидше вкорінюються. Вплив низьких температур є необхідною умовою для нормального росту квітконосу, оскільки при цьому в рослині утворюються важливі фізіологічно активні речовини, такі як гібереліни. Недостатній період охолодження призводить до формування коротких стебел, загибелі бутонів, уповільнення розвитку та затримки цвітіння. Однак, занадто

тривале охолодження також небажане, оскільки воно стимулює ріст, що може знизити міцність стебла [1; 16]. Тому, якщо цибулини призначені для дуже пізньої вигонки (до травня), їх слід зберігати при температурі 23°C до вересня, а потім при 17°C до середини-кінця жовтня (до посадки). До моменту посадки в жовтні цибулини зберігають при 17°C. У промисловому вирощуванні, температурний режим регулюється залежно від призначення цибулин та стадії їхнього розвитку. Для цього періодично розрізають кілька цибулин з кожної партії, щоб оцінити стан зародка квітки. Коли він досягає потрібної фази, встановлюється відповідна температура, яка прискорює або сповільнює розвиток [16]. Висота стебла тюльпана відіграє важливу роль у флористиці, оскільки довші стебла розширюють можливості створення різноманітних композицій. Дослідження показують, що гідропонна система Flood & Drain сприяє зростанню тюльпанів з вищими стеблами, тоді як ґрунтове вирощування забезпечує міцність стебла та більший розмір квітки [5].

Для успішної вигонки тюльпанів також важливі такі фактори: якість посадкового матеріалу, терміни посадки та умови зберігання протягом періоду вкорінення та вигонки. Отже, успіх вигонки тюльпанів залежить від сукупності зовнішніх та внутрішніх факторів, а саме: умов, в яких вирощувався посадковий матеріал, температурного режиму зберігання цибулин у період спокою, якості цибулин (розмір та стан), сортових особливостей, правильного підживлення, обробки надземної частини рослин стимуляторами росту. Згідно з науковими даними, для успішного розвитку квіткових бруньок тюльпанів необхідно підтримувати температуру повітря в межах 17–20 °C, а відносну вологість – 70–75 % [1; 11; 25]. Відхилення від цих показників, зокрема температура нижче 12 °C або вище 26 °C, може негативно вплинути на формування квітки [4]. Період охолодження цибулин є критично важливим для нормального росту квітконосів. У цей час у рослинах накопичуються біологічно активні речовини, зокрема гіберелін, який стимулює ріст стебла. Використання голландських технологій охолодження цибулин при 9 °C та 5 °C дозволяє подовжити період цвітіння тюльпанів; забезпечити масове цвітіння у запланований термін [16].

Мета дослідження – дослідити особливості фаз росту і розвитку рослин досліджуваних сортів роду тюльпан (*Tulipa* L.) у тепличному господарстві, використовуючи різні методи вигонки.

Об'єкт досліджень – обрані сорти тюльпанів на зріз у тепличному господарстві.

Завдання досліджень: 1) проаналізувати біологічні особливості і сучасні підходи до вирощування сортів тюльпанів у закритому ґрунті;

2) розрахувати кількість цибулин, які можна розмістити в одному лотку, залежно сорту, розмір цибулин, терміну вигонки і щільності листків;

3) дослідити вплив температури на тривалість вигонки тюльпанів при використанні 5-градусної голландської технології;

4) дослідити вплив температури на тривалість вигонки тюльпанів при використанні 9-градусної голландської технології;

5) порівняти вплив температури на тривалість вигонки тюльпанів при використанні різних технологій, враховуючи традиційну;

Методика досліджень: термін досліджень охопив 2024 рік і початок 2025 року. Дослідження проводили у тепличному комплексі садового центру "V&N", який розташований у с. Рея Бердичівського району Житомирської області, починаючи із жовтня 2024 року. Для експерименту в теплиці відбирали лише цибулини овальної форми. Цибулини вже були попередньо оброблені фунгіцидами. Обрали міцні та великі цибулини, очищені від зовнішньої луски. Відібрані цибулини розміщували в приміщенні з контрольованим температурно-вологим режимом. Для посадки готували контейнери з дренажем, заповнивши їх на 2/3 сумішшю ґрунту, піску та перліту. Розміщували цибулини так, щоб їх верхівки трохи виступали над поверхнею. Дослідження охопило різні сорти (ранні, середні, пізні) та форми тюльпанів, щоб забезпечити цвітіння протягом щонайменше одного місяця. Для ранньої і середньої вигонки застосовували сорти Mosni, Go max, Strong Gold, Strong Love, White flag. Їхні цибулини обробляли за голландською технологією охолодження при 9 та 5 градусах. Інші сорти тюльпанів використовували за традиційною технологією вирощування.

Для проведення досліджень використовувалися різноманітні методи, включаючи спостереження, вимірювання рослин, статистичний аналіз, а також візуальну оцінку. Всі ці методи відповідають загальноприйнятим стандартам у розсадництві [8]. Морфологічні особливості тюльпанів визначалися за допомогою спеціальної методики, що включала вимірювання висоти рослин, кількості квіток, кольору стебла та листя, а також типу, довжини та форми квітки. Колір квіток визначався за шкалою RHS, шляхом порівняння з еталонами при денному освітленні [7]. Ідентифікаційні ознаки тюльпанів описувалися шляхом візуального аналізу, вимірювань та підрахунків, з урахуванням типу ознак (якісні, кількісні, псевдоякісні). Для вимірювання тюльпанів використовувалися одноразове вимірювання висоти групи рослин, вимірювання окремих рослин або їх частин протягом вегетації (довжини листка), візуальна оцінка групи рослин, або окремих рослин, або їх частин. За ростом і розвитком тюльпанів спостерігали протягом усього періоду. Фіксували такі фази: початок росту стебла та листя, поява сходів, початок та повне цвітіння, кінець цвітіння, втрата декоративності [8].

Статистичну обробку даних проводили згідно з використанням пакету програм MS Excel.

Основні результати дослідження: у експерименті були вирощені п'ять сортів тюльпанів класу Тріумф: Mosni, Go max, Strong Gold, Strong Love та White flag. Усі вони показали високу придатність для зрізання та вигонки у тепличних умовах, зокрема до свят 14 лютого та 8 березня. *Mosni* – елегантний рожевий сорт з глянцеви-



а)



б)



в)



г)

Рис. 1. Вирощені сорти тюльпанів у теплиці
а) тюльпан-тріумф Go max; б) тюльпан-тріумф Strong Gold; в) тюльпан-тріумф Strong Love;
г) тюльпан-тріумф White flag

пелюстками. Має міцний квітконос і довго зберігає свіжість (до 18 днів). Потребує охолодження 14–16 тижнів при температурі +6–9°C. *Go max* – червоно-жовтий сорт із міцним квітконосом, зберігає свіжість до 16 днів. *Strong Gold* – яскраво-жовтий сорт з великими бутонами (8–10 см). Ідеальний для ранньої вигонки, починаючи з 20 грудня, після 16 тижнів охолодження при +9°C. *Strong Love* – популярний сорт з насиченим темно-червоним кольором. Має міцні стебла та підходить для вигонки з 20 грудня. Потребує 16 тижнів охолодження при +9°C. *White flag* – блий сорт з невибагливими характеристиками та міцними квітконосами заввишки 30–40 см. Вигонку в теплиці можна починати після 15 січня, після охолодження при +9°C.

Дослідження показало, що температура відіграє ключову роль у тривалості вирощування тюльпанів. Найшвидший ріст (39 днів) спостерігався при температурі 18–20 °C з використанням 5-градусної голландської технології зберігання цибулин протягом 4 тижнів. Для середніх строків цвітіння оптимальною є температура 14–16 °C, що забезпечує ріст квітконоса протягом

44–45 днів. Щоб отримати квіти у пізні терміни, рекомендується підтримувати температуру у межах 12 °C. Це дозволить створити безперервний «конвеєр» постачання якісних квітів протягом трьох місяців. У табл. 1. Наведено холодну обробку тюльпанів в експерименті за 5°C технологією перед висадкою.

Замість пізньої посадки тюльпанів (після 1 лютого) можна висадити їх раніше, при температурі 5 °C (або 2 °C), і забезпечити холодне утримання в теплиці. Інші варіанти – планування цвітіння на квітень у неопалюваній теплиці або

Таблиця 1
Холодна обробка тюльпанів за 5°C технологією перед висадкою

Застосування холоду	Період висадки
9 тижнів при 5°C	до 15.11
10 тижнів при 5°C	15.11-23.11
11 тижнів при 5°C	23.11-01.12
12 тижнів при 5°C	01.12-01.01

посадка в ґрунт тюльпанів, які не потребують охолодження або вирощуються при 9 °С. Для раннього цвітіння застосовували часткове охолодження при 5 °С, а решту необхідного холоду цибулини отримали у теплиці з контрольованою низькою температурою. Посадку здійснювали у визначений час. Лише у виняткових випадках її можна відкласти, але не більше ніж на півтора-два тижні. У такому разі цибулини потребують додаткового двотижневого охолодження при 5 °С або 2 °С. Хоча це стимулює швидкий ріст у теплиці, зростає ризик розтріскування бутонів.

У табл. 2. Наведено температуру охолодження тюльпанів в експерименті за 9°C технологією.

Таблиця 2
Температура охолодження тюльпанів для вигонки за 9°C технологією

Температура охолодження, °С	Період
9	до 20.10
7	20.10-10.11
5	починаючи з 10.11
2	починаючи з 01.12
0 (після посадки не нижче -1,5 до - 2°C)	залежно від довжини пагонів

Оптимальний період охолодження для сухих цибулин тюльпанів становить від 2 до 8 тижнів. Менше 2 тижнів було недостатньо, тому краще висадити цибулини раніше. Якщо ж охолодження триватиме більше 8 тижнів, це спричинить передчасний розвиток коренів і пагонів, що ускладнить подальшу посадку. До того ж, тривале охолодження в сухому стані не залишає достатньо часу для вкорінення після висадки в ґрунт. Саме тому варто висаджувати тюльпани до 15 грудня.

Після висадки цибулин у лотки (незалежно від того, чи проходили вони попереднє охолодження), їм забезпечували відповідні умови для вкорінення. Це робили в спеціальному приміщенні. З 1 грудня температуру в приміщенні для вкорінення поступово знижували, орієнтуючись на ріст пагонів. Важливо, щоб між кінчиками

пагонів і верхнім краєм лотка залишався простір не менше 1 см. Можливо самостійно розрахувати найранішу дату посадки, знаючи, коли цибулини досягли стадії G, і додавши до цього часу тривалість періоду проміжної температури та необхідний час охолодження.

Наприклад, якщо сорт потребує 2 тижні проміжної температури та 15 тижнів охолодження, то посадка можлива через 17 тижнів після досягнення стадії G. І навпаки, якщо плануємо отримати квіти до певної дати, потрібно відняти час, проведений у теплиці, та період охолодження, щоб визначити, коли цибулини повинні почати охолоджуватися. Наприклад, для збору квітів 6 березня, треба відминувати 21 день на теплицю, щоб отримати дату посадки 14 лютого, а потім відняти 16 тижнів охолодження. Це означає, що охолодження потрібно розпочати 25 жовтня. Використовуючи цей метод, можна розрахувати графік заповнення теплиці різними партіями та визначити, коли вона звільниться для наступної. Посадка тюльпанів зазвичай відбувається з середини вересня до середини грудня, причому більшість цибулин висаджують у жовтні та листопаді, у порядку їх майбутнього цвітіння. Сорти з інтенсивним ростом коренів висаджували раніше, оскільки пізня посадка може призвести до того, що масивна коренева система виштовхне цибулини з лотка.

У табл. 3 наведено використану кількість цибулин для кожного лотка з урахуванням цих факторів освітлення і клімату теплиці.

Кількість цибулин, які можна розмістити в одному лотку, залежала від об'єму листків, що формує рослина. Цей об'єм, своєю чергою, визначався сортом тюльпанів та часом їх посадки (рис. 2). Також, щільність посадки залежить від умов вигонки. Якщо вигонка відбувається в умовах підвищеної вологості та недостатнього освітлення, щільність посадки має бути меншою. В умовах достатнього освітлення, кількість цибулин на лоток можна збільшити. Холодові обробки, зазначені в таблиці 3, були призначені для цибулин розміром 12/+ і 11/12. Цибулини більшого розміру (13/+) потребували додаткового тижня охолодження. Таким чином, регулюючи температуру, ми контролювали терміни цвітіння тюльпанів та забезпечили їх постачання протягом тривалого періоду.

Таблиця 3
Густота посадки тюльпанів у лотки (60x40 см), враховуючи розмір цибулин, терміну вигонки і щільності листків

Рання вигонка, шт				Пізня вигонка, шт		
Листки	щільні	нормальні	зріджені	щільні	нормальні	зріджені
Цибулина						
12/- см	83	98	108	73	83	98
11/12 см	98	113	128	88	98	113
10/11 см	-	-	-	98	112	128

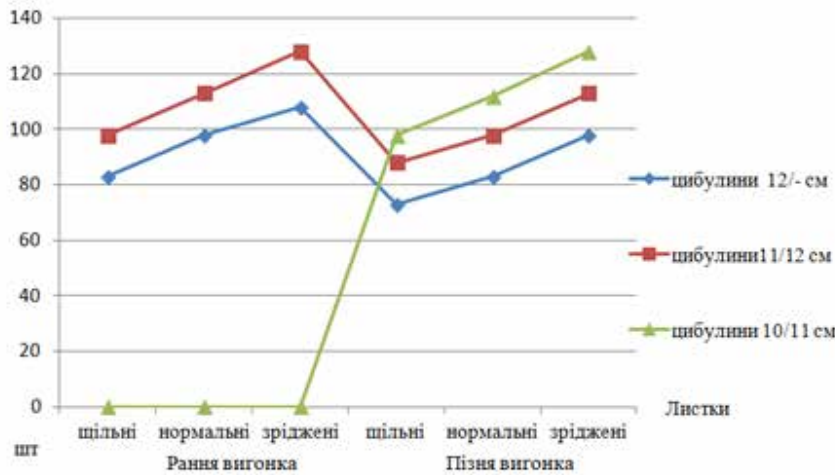


Рис. 2. Порівняння густоти висадки тюльпанів у залежності від розміру цибулин і щільності листків за ранньої і пізньої вигонки

Результати досліджень показали, що 9-градусна технологія зберігання цибулин тюльпанів дає подібні результати до 5-градусної, але з деякими відмінностями. А саме: для ранньої вигонки цибулини не бажано зберігати до першої декади жовтня; для пізньої вигонки цибулини зберігати до середини жовтня. Якщо пагони досягали довжини 7–9 см, а до вигонки було ще зарано, температуру знижували до 0–2 °С на 2–3 дні. Це дозволяло уповільнити ріст пагонів і запобігти їх передчасному розвитку. Таким чином, 9-градусна технологія дозволяє регулювати терміни цвітіння тюльпанів, забезпечуючи можливість отримання квітів у потрібний час. Після зберігання цибулин у холоді за 9-градусною технологією, для їх успішного укорінення після посадки, необхідно підтримувати температуру ґрунту на рівні 10–11 °С, а повітря – 11–13 °С. Через 3–4 тижні температуру ґрунту та повітря поступово підвищували на 3–4 °С. Для покращення якості зрізу квітів, вигонку тюльпанів проводили при дещо нижчій температурі у межах 12–14 °С. Період від посадки цибулин до цвітіння становив: 6–7 тижнів для ранніх сортів; 8–9 тижнів для середніх та пізніх сортів. Традиційне

охладження цибулин, яке проводиться при 10–12 °С, застосовували для вигонки тюльпанів у середні та пізні терміни (табл. 4).

Якщо потрібно було затримати цвітіння, температуру знижували до 2–3 °С на кілька днів. У подальшому, до моменту цвітіння, температуру повітря поступово підвищували до 17–18 °С. Для подовження періоду цвітіння та отримання більш насиченого кольору пелюсток, температуру повітря знижували до 11–12 °С.

Згідно з дослідженнями, використання традиційної технології для вирощування тюльпанів призвело до збільшення тривалості вигонки квітів в середньому на 4–5 днів, порівняно з 9-градусною голландською технологією (рис. 3). Рання вигонка: найшвидший ріст квітконосів (43 дні) відбувається при температурі 18–20 °С. Для пізньої вигонки необхідна температура 10–12 °С, що подовжує ріст до 62 днів.

Отже, для ефективного та контрольованого вирощування тюльпанів у великих масштабах рекомендується використовувати технології, які дозволяють керувати процесом. Голландська технологія охолодження цибулин при 9 °С або

Таблиця 4

Вплив температури на тривалість вигонки тюльпанів при використанні різних технологій

Строки вигонки	Режим температури, °С	Тривалість росту квітконосного пагона, днів за використання 5-градусної голландської технології	Тривалість росту квітконосного пагона, днів за використання 9-градусної голландської технології	Тривалість росту квітконосного пагона, днів за використання традиційної технології
Ранній	10–12	45,0±1,9	49,0±1,8	54,0±1,9
	14–16	43±2,2	43±2,0	49±2,1
	18–20	39 ±1,9	40 ±2,2	43 ±2,1
Середній	10–12	51±3,0	53±2,1	54±2,3
	14–16	45±2,5	51±1,8	56±2,4
	18–20	46±2,1	46±1,7	53±1,9
Пізній	10–12	60±2,8	58±2,4	62±2,6
	14–16	56±2,4	55±1,9	59±2,0
	18–20	52±2,0	51±1,9	53±2,2

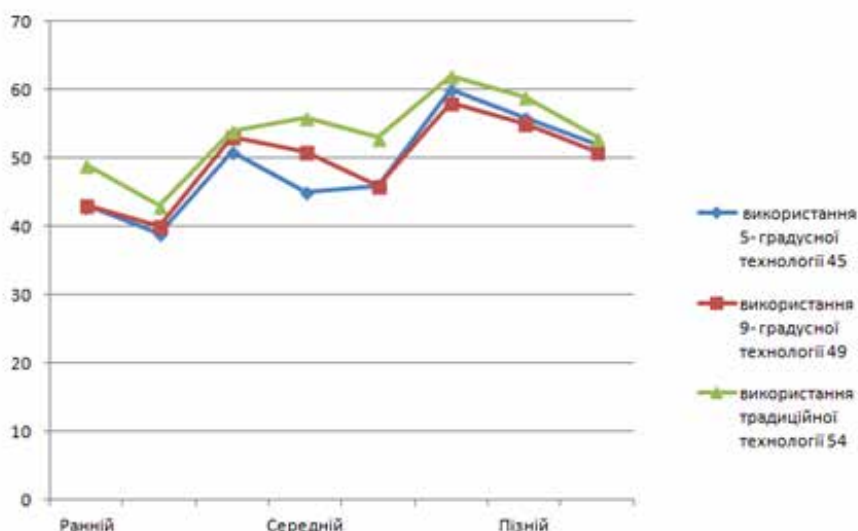


Рис. 3. Порівняння тривалості росту квітконосного пагона для різних технологій вигонки для кожного терміну вигонки

5 °C протягом 3-4 тижнів є однією з таких технологій. Вона дає змогу отримувати зрізані квіти в заплановані терміни, що є особливо важливим для комерційного виробництва. Тому до вигонки рекомендуємо певні сорти, зокрема ранні прості, дарвінові гібриди та тріумф-тюльпани. Ці сорти мають міцні стебла, яскраві квіти різноманітних відтінків і стійкі до шкідників і збудників хвороб.

Щоб тюльпани були красивими та здоровими, потрібно контролювати температуру: занадто висока температура та погана вентиляція можуть зіпсувати квіти: бутони стануть тонкими, як папір, а квіти поникнуть. Температура має бути стабільною вдень і вночі. Особливо важливо, щоб уночі не було надто тепло, інакше стебла стануть слабкими. Підтримувати правильну вологість. Недостатня вологість уповільнює ріст коренів цибулин. Занадто рясний полив призводить до застою води та гниття. Необхідно забезпечити достатнє живлення: нестача мінеральних добрив і хвороби змінюють вигляд бутонів.

Висновки: у результаті проведених досліджень нами було досягнуто поставлених завдань. Зокрема: 1. Аналіз літературних джерел дозволив нам дослідити сучасні підходи до вирощування сортів тюльпанів у закритому ґрунті. 2. У тепличному комплексі садового центру "V&N", який розташований у с. Рея Бердичівського району Житомирської області було експериментально вирощено 5000 тюльпанів на зріз. Обрані сорти для ранньої і середньої вигонки, зокрема тюльпани-тріумфи Mosni, Go max, Strong Gold, Strong Love, White flag показали себе невибагливими у вирощуванні ідеальними варіантами на зріз, особливо до 14 лютого і 8 березня. Інші сорти (Gabriella, Dipurle Rock, Purple Raven) вирощували за традиційною технологією. Якість цибулин тюльпанів має вирішальне значення для успішного вирощування. Обрано цибулини класу "екстра", оскільки вони забезпечують міцні рослини та красиві квіти. Вага цибулини є важливим

показником якості, і для забезпечення цвітіння вона повинна бути не менше 25 г. Кількість цибулин, які можна розмістити в одному лотку, залежить від об'єму листків, що формує рослина. Цей об'єм, своєю чергою, визначається сортом тюльпанів та часом їх посадки. Також, щільність посадки залежить від умов вигонки. Якщо вигонка відбувається в умовах підвищеної вологості та недостатнього освітлення, щільність посадки має бути меншою. В умовах достатнього освітлення, кількість цибулин на лоток можна збільшити. 3. Найпоширенішим методом є 9-градусна технологія, яка передбачає посадку цибулин безпосередньо в ґрунт. Також широко застосовується 5-градусний метод, при якому цибулини закладаються на зберігання. Цей метод вимагає дуже точного контролю температури, аж до десятих часток градуса, що можливо лише за наявності серйозного технічного обладнання і тому використовується у великих промислових господарствах. 4. Дослідження показало, що температура відіграє ключову роль у тривалості вирощування тюльпанів. Найшвидший ріст (39 днів) спостерігався при температурі 18–20 °C з використанням 5-градусної голландської технології зберігання цибулин протягом 4 тижнів. Для середніх строків цвітіння оптимальною є температура 14–16 °C, що забезпечує ріст квітконоса протягом 44–45 днів. 5. Згідно з дослідженнями, використання традиційної технології для вирощування тюльпанів призводить до збільшення тривалості вигонки квітів в середньому на 4–5 днів, порівняно з 9-градусною голландською технологією. Рання вигонка: найшвидший ріст квітконосів (43 дні) відбувається при температурі 18–20 °C. Для пізньої вигонки необхідна температура 10–12 °C, що подовжує ріст до 62 днів. Отже, для ефективного та контрольованого вирощування тюльпанів у великих масштабах рекомендується використовувати технології, які дозволяють керувати процесом.

Література

1. Бедь О., Іванців О. Екологічні умови вигонки тюльпанів. *Екологічні проблеми Волині*. 2015. 1. С. 124–126.
2. Калюжна Л. В., Поліщук В. В. Морфологічні особливості будови квітки досліджуваних сортів тюльпана (*Tulipa L.*) та їх значення для ландшафтного дизайну. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2023. Випуск № 1. С. 44–49. DOI: 10.32782/2310-0478-2023-1-44-48.
3. Калюжна Л. В., Поліщук В. В. Різні способи використання тюльпанів в озелененні для збереження та оздоровлення навколишнього середовища. *Матеріали науково-практичної конференції: Перспективи розвитку лісового і садово-паркового господарства (29 листопада)*. Умань, 2022. С. 17–19.
4. Князюк О. В., Крешун Р. А. Особливості росту і розвитку тюльпанів залежно від технології вирощування в умовах закритого ґрунту. *Агробіологія*. 2015. № 1. С. 72–74.
5. Ковальов М. М., Савченко К. М., Янковська Я. І. Продуктивність тюльпану при вирощуванні в ґрунтовому середовищі та гідропонних системах періодичного затоплення Flood & Drain. *Методи і методики*. 2023. № 2(14). С. 160–170.
6. Левчук Л. В., Коткова З. М. Попередні підсумки інтродукції тюльпанів в ботанічному саду ОНУ. *Репродуктивна здатність рослин як основа збереження і поширення в Україні* : матеріали міжнар. конф. 27–29 квіт. 2004 р. Львів, 2004. С. 46–48.
7. Методика проведення експертизи сортів рослин групи декоративних, лікарських та ефіроолійних, лісових на придатність до поширення в Україні. Київ : ТОВ Алефа, 2016. 128 с.
8. Олейнікова О. М. Садові декоративні рослини. Харків : «Веста», 2010. 144 с.
9. Пилипчук А., Андреева В. Особливості розвитку тюльпанів в умовах відкритого ґрунту Західного Лісостепу. *Ботаніка*. Вип. 13. 2017. С. 28–32.
10. Поліщук В. В., Калюжна Л. В. Оцінювання цибулин інтродукованих сортів тюльпана (*Tulipa L.*) для зберігання в умовах Правобережного Лісостепу України. *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції: Перспективи розвитку лісового та садово-паркового господарства*. Умань, 2022. С. 172–175.
11. Швец М. В., Марков Ф. Ф., Матковська С. І. Квітникарство : навч. посібник. Житомир : Поліський нац. університет, 2025. 121 с.
12. Biliias, F.; Karagianni, A.-G.; Ipsilantis, I.; Samartzis, I.; Krigas, N.; Tsoktouridis, G.; Matsi, T. Adaptability of Wild-Growing Tulips of Greece: Uncovering Relationships between Soil Properties, Rhizosphere Fungal Morphotypes and Nutrient Content Profiles. *Biology* 2023, 12, 605. <https://doi.org/10.3390/biology12040605>.
13. Christenhusz, M. et al. Tiploes through the Tulips – cultural history, molecular phylogenetics and classification of *Tulipa* (*Liliaceae*). *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2013. Vol. 172, № 3. P. 280–328.
14. Kumar R, Sharma OC, Singh DB. Screening of tulip (*Tulipa gesneriana L.*) germplasm for quality cut flower and bulb production. *Indian J Horticult*. 2017;74:251–257.

15. Nayeem M, Qayoom A. Inside greenhouses for cultivation of tulip flowers. *Int J Adv Prod Mech Eng*. 2015;1:2394–6210.

16. Wim Granneman, Wim Granneman Bloembollenadviezen, Hillegom. The forcing of tulips. 62 p.

17. Juodkaite, R. et al. Selection and presentation of tulip (*Tulipa L.*) species and cultivars to the Lithuanian Plant Genetic Resources. *Biologija*. 2008. № 2. P. 139–146.

References

1. Bed, O., & Ivantsiv, O. (2015). Ekolohichni umovy vyhonky tiulpaniv. [Environmental conditions for forcing tulips] *Environmental problems of Volyn*. Issue 1. Pp. 124–126. [in Ukrainian].
2. Kaliuzhna, L.V., & Polishchuk, V.V. (2023). Morfolohichni osoblyvosti budovy kvitky doslidzhuvanykh sortiv tiulpana (*Tulipa L.*) ta yikh znachennia dlia landshaftnoho dyzainu. [Morphological features of the flower structure of the studied tulip varieties (*Tulipa L.*) and their significance for landscape design] *Bulletin of the Uman National University of Horticulture*. Issue No. 1. Pp. 44–49. DOI: 10.32782/2310-0478-2023-1-44-48. [in Ukrainian].
3. Kaliuzhna, L.V., & Polishchuk, V.V. (2022). Rizni sposoby vykorystannia tiulpaniv v ozelenenni dlia zberezhenia ta ozdorovlennia navkolyshnoho sere dovys hcha. [Different ways to use tulips in landscaping to preserve and improve the environment] *Proceedings of the scientific and practical conference: Prospects for the development of forestry and horticulture* (November 29). Uman, Pp. 17–19. [in Ukrainian].
4. Kniazuk, O. V., & Kreshun, R. A. (2015). Osoblyvosti rostu i rozvytku tiulpaniv zalez hno vid tekhnolohii vyroshchuvannia v umovakh zakrytoho grunt u. [Features of the growth and development of tulips depending on the technology of cultivation in closed soil conditions] *Agrobiology*. No. 1. Pp. 72–74. [in Ukrainian].
5. Kovalov, M. M., Savchenko, K. M., & Yankovska, Ya. I. (2023). Produktivnist tiulpanu pry vyroshchuvanni v gruntovomu sere dovys hchi ta hidrop onnykh systemakh periodychnoho zatoplennia Flood & Drain. [Tulip productivity when grown in soil medium and Flood & Drain hydroponic systems] *Methods and Techniques*. No. 2(14). Pp. 160–170. [in Ukrainian].
6. Levchuk, L.V., & Kotkova, Z.M. (2004). Poperedni pidsumky introdutsii tiulpaniv v botanichnomu sadu ONU. [Preliminary results of the introduction of tulips in the ONU Botanical Garden] *Reproductive ability of plants as a basis for conservation and distribution in Ukraine*: materials of the international conference of (April 27–29, 2004). Lviv, Pp. 46–48. [in Ukrainian].
7. Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn hrupy dekoratyvnykh, likarskykh ta efirooliinykh, liso vykh na prydatnist do poshyrennia v Ukraini (2016). [Methodology for conducting an examination of plant varieties of the ornamental, medicinal, essential oil, and forest groups for suitability for distribution in Ukraine] Kyiv : Alefa LLC, 128. [in Ukrainian].
8. Oleinikova, O.M. (2010). Sadovi dekoratyvni roslyny. [Garden ornamental plants] Kharkiv : "Vesta", 144. [in Ukrainian].
9. Pylypchuk, A., & Andreieva, V. (2017). Osoblyvosti rozvytku tiulpaniv v umovakh vidkrytoho

gruntu Zakhidnoho Lisostepu. [Peculiarities of tulip development in open soil conditions of the Western Forest-Steppe] *Botany*. Issue 13. Pp. 28–32. [in Ukrainian].

10. Polishchuk, V.V., & Kaliuzhna L.V. (2022). Otsiniuvannia tsybulyn introdukovanykh sortiv tiulpana (*Tulipa L.*) dlia zberihannia v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. [Evaluation of bulbs of introduced tulip (*Tulipa L.*) varieties for storage in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine] Materials of the All-Ukrainian Scientific and Practical Conference: *Prospects for the Development of Forestry and Gardening*. Uman, Pp. 172–175. [in Ukrainian].

11. Shvets, M.V., & Markov, F.F., & Matkovska, S.I. (2025). Kvitnykarstvo : navch. posibnyk. [Floriculture: a teaching manual] Zhytomyr: : Polissia National University, 121. [in Ukrainian].

12. Bilias, F., Karagianni, A.-G., Ipsilantis, I., Samartza, I., Krigas, N., Tsoktouridis, G. & Matsi, T. (2023). Adaptability of Wild-Growing Tulips of Greece: Uncovering Relationships between Soil Properties, Rhizosphere Fungal Morphotypes and Nutrient Content

Profiles. *Biology*, 12, 605. <https://doi.org/10.3390/biology12040605>.

13. Christenhusz, M. J., Govaerts, R., David, J. C., Hall, T., Borland, K., Roberts, P. S., & Fay, M. F. (2013). Tiptoe through the tulips—cultural history, molecular phylogenetics and classification of *Tulipa* (Liliaceae). *Botanical journal of the Linnean Society*, 172(3), 280–328.

14. Kumar, R., Sharma, O. C., & Singh, D. B. (2017). Screening of tulip (*Tulipa gesneriana L.*) germplasm for quality cut flower and bulb production. *Indian J Hortic*. Vol. 74. Pp. 251–257.

15. Nayeem, M., Qayoom, A. (2015). Inside greenhouses for cultivation of tulip flowers. *Int J Adv Prod Mech Eng*. Vol. 1. Pp. 2394–6210.

16. Wim Granneman, Wim Granneman Bloembollenadviezen, Hillegom. The forcing of tulips. 62 p. <https://ruigrokflowerbulbs.com/wp-content/uploads/2020/04/Forcing-tulips.pdf>

17. Juodkaitė, R., Baliūnienė, A., Naujalis, J. R., Navalinskienė, M., & Samuitienė, M. (2008). Selection and presentation of tulip (*Tulipa L.*) species and cultivars to the Lithuanian Plant Genetic Resources. *Biologija*, 54(2).

Дата першого надходження рукопису до видання: 09.09.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 30.10.2025
Дата публікації: 28.11.2025

**О. П. Герасимчук**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри харчових технологій,
Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: elena.gerasim4uk@ukr.net
orcid.org/0000-0003-0973-832X

ВПЛИВ ЕЛЕВАТОРНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ НА ЕКОЛОГІЧНУ СИТУАЦІЮ В УКРАЇНІ

У статті досліджено екологічний вплив елеваторної промисловості на довкілля України, зокрема в контексті сучасних викликів, спричинених військовими діями, економічною нестабільністю та застарілою матеріально-технічною базою. Елеваторна галузь є важливою складовою агропромислового комплексу України, яка забезпечує зберігання та логістику зернових культур. Проте її діяльність супроводжується низкою екологічних проблем, що мають як локальний, так і глобальний характер.

Аналіз охоплює основні джерела забруднення довкілля, серед яких провідне місце займають пилові викиди, надмірне енергоспоживання, шумове навантаження та наслідки руйнування зерносховищ внаслідок бойових дій. Особливо небезпечними є елеваторні комплекси, які функціонують без сучасних аспіраційних систем – вони спричиняють викиди дрібнодисперсного пилу, що містить шкідливі речовини, мікроорганізми, пестициди та алергени. Таке забруднення є серйозною загрозою для здоров'я працівників підприємств та мешканців прилеглих населених пунктів.

Застаріла інфраструктура елеваторів, більшість яких була побудована ще за радянських часів, не відповідає сучасним вимогам екологічної безпеки. Це ускладнює впровадження ефективних систем очищення повітря, утилізації відходів та енергозбереження. Военні дії, що тривають в Україні, спричинили масові руйнування зерносховищ, що призвело до втрат великої кількості сільськогосподарської продукції та забруднення ґрунтів, водних ресурсів і повітря. Такі екологічні катастрофи мають тривалий вплив на біосферу, погіршують стан екосистем та створюють додаткові ризики для здоров'я населення.

У статті також розглядаються сучасні технологічні рішення, які здатні мінімізувати шкідливий вплив елеваторної промисловості на навколишнє середовище. Зокрема, впровадження енергоефективних аспіраційних систем, автоматизація процесів обліку та зберігання зерна, використання альтернативних джерел енергії (наприклад, сонячної або біогазу) можуть значно підвищити екологічну безпеку виробництва. Реалізація таких ініціатив вимагає не лише фінансових вкладень, а й адаптації нормативно-правової бази до сучасних реалій та європейських стандартів. У перспективі це дозволить не лише знизити рівень забруднення, а й посилити конкурентні позиції української аграрної продукції на світовому ринку.

Ключові слова: елеваторна промисловість, екологія, довкілля, пилові викиди, енергозбереження.

O. P. Herasymchuk

Candidate of Agricultural Sciences, Assistant Professor,
Associate Professor of the Department of Food Technologies
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: elena.gerasim4uk@ukr.net
orcid.org/0000-0003-0973-832X

IMPACT OF THE ELEVATOR INDUSTRY ON THE ENVIRONMENTAL SITUATION IN UKRAINE

The article explores the environmental impact of the elevator industry on Ukraine's environment, particularly in the context of modern challenges caused by military actions, economic instability, and outdated material and technical infrastructure. The elevator sector is a crucial component of Ukraine's agro-industrial complex, providing storage and logistics for grain crops. However, its activities are accompanied by a range of environmental issues that have both local and global significance.

The analysis covers the main sources of environmental pollution, with a focus on dust emissions, excessive energy consumption, noise pollution, and the consequences of the destruction of grain storage facilities due to hostilities. Elevator complexes that operate without modern aspiration systems are particularly hazardous, as they emit fine particulate dust containing harmful substances, microorganisms, pesticides, and allergens. This type of pollution poses a serious threat to the health of facility workers and residents of nearby settlements.

The outdated infrastructure of elevators – most of which were built during the Soviet era – fails to meet current environmental safety requirements. This hinders the implementation of effective air purification, waste management, and energy-saving systems. The ongoing military conflict in Ukraine has led to the widespread destruction of grain storage facilities, resulting in significant losses of agricultural products and contamination of soil, water, and air. These environmental disasters have long-term impacts on the biosphere, degrade ecosystems, and increase health risks for the population.

The article also examines modern technological solutions that can minimize the harmful effects of the elevator industry on the environment. In particular, the adoption of energy-efficient aspiration systems, the automation of grain accounting and

storage processes, and the use of alternative energy sources (such as solar power or biogas) can significantly improve the environmental safety of production. Implementing these initiatives requires not only substantial financial investments but also the adaptation of the regulatory framework to current realities and European standards. In the long run, this will help not only reduce pollution levels but also strengthen the competitiveness of Ukrainian agricultural products on the global market.

Key words: elevator industry, ecology, environment, dust emissions, energy saving.

Постановка проблеми. Елеваторна промисловість є однією з ключових ланок агропромислового комплексу України, забезпечуючи зберігання, сушіння, очищення та транспортування зернових і олійних культур. Водночас діяльність елеваторів справляє суттєвий вплив на довкілля, особливо в контексті збільшення обсягів зернового експорту та модернізації логістичних ланцюгів. Основні екологічні ризики пов'язані з пиловими викидами, споживанням енергоресурсів, викидами продуктів згоряння, шумовим забрудненням, утворенням відходів виробництва та впливом на водні ресурси.

На сучасному етапі трансформації агропромислового сектору питання екологічної безпеки діяльності елеваторів набуває особливої актуальності. Дедалі частіше наголошується на необхідності дотримання принципів сталого розвитку, впровадження екологічного моніторингу, оцінки впливу на навколишнє середовище (ОВНС), використання «зелених» технологій. Проте у низці регіонів України відсутні чіткі визначені екологічні регламенти для елеваторних комплексів, особливо приватного сектору.

Актуальність дослідження визначається необхідністю комплексного аналізу впливу елеваторної промисловості на довкілля, удосконаленням природоохоронних заходів та розробленням рекомендацій щодо зниження негативного навантаження на екосистеми. Проблема має не лише наукове, але й прикладне значення, оскільки пов'язана з реалізацією національних стратегій екологічної безпеки, адаптацією до європейських стандартів у межах Угоди про асоціацію з ЄС.

Слід зауважити, що елеваторна інфраструктура розташовується переважно в сільській місцевості, часто в безпосередній близькості до населених пунктів, що створює прямі ризики для здоров'я мешканців. На територіях навколо елеваторів знижується біорізноманіття, погіршується якість ґрунтів і вод, що позначається на якості сільськогосподарської продукції та загальному стані навколишнього середовища. Це посилює соціальну напругу та викликає протестні настрої серед місцевого населення, особливо у випадках діяльності елеваторів без відповідної екологічної експертизи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останні роки засвідчили зростання інтересу до проблеми впливу аграрного сектору, зокрема елеваторних підприємств, на стан довкілля. У працях таких дослідників, як Шевчук В.С., Тарасюк І.М., Ковальчук А.Є. [1, 4, 6] аналізуються аспекти екологічної безпеки при зберіганні зернових культур, наводяться результати екологічного моніторингу елеваторних зон. Наприклад, у роботах В.С. Шевчука [6] розглянуто

склад пилових викидів, що формуються під час сушіння та перевалки зерна, а також їхній вплив на якість повітря.

Значна увага у наукових публікаціях приділяється питанням енергоефективності та впровадженню альтернативних джерел енергії на елеваторах [2], методам очищення повітря [5], оптимізації логістичних схем для зниження екологічного сліду [3]. У міжнародних джерелах [7, 8] наголошується на важливості екологічної сертифікації елеваторної інфраструктури, особливо у країнах із високим експортним потенціалом.

Також аналіз екологічної ефективності функціонування елеваторів провадився у межах досліджень проектів Європейського інвестиційного банку та ЄБРР, які фінансують розвиток агропромислової інфраструктури в Україні. Зокрема, виявлено залежність рівня екологічного навантаження від типу енергоресурсів, застосовуваних технологій сушіння та аспірації, ступеня автоматизації виробництва та наявності систем екологічного моніторингу.

Водночас у більшості досліджень відсутня систематизація даних щодо комплексного впливу елеваторної діяльності на екосистемні компоненти – атмосферу, воду, ґрунти, флору та фауну. Не приділено достатньо уваги питанням оцінки ризиків для здоров'я населення, обґрунтуванню раціонального планування розміщення елеваторів, інтеграції екологічної безпеки в аграрну політику на рівні громад.

Метою статті є комплексний аналіз впливу елеваторної промисловості на екологічну ситуацію в Україні, виявлення основних джерел негативного впливу на довкілля, оцінка сучасних практик зниження екологічного навантаження, а також формулювання практичних рекомендацій щодо екологізації елеваторної діяльності.

Методика дослідження. У статті використано комплексний міждисциплінарний підхід, що включає методи системного аналізу, експертного оцінювання, порівняльної екологічної оцінки, аналітичного узагальнення та елементів SWOT-аналізу. Основою дослідження стали відкриті екологічні звіти елеваторних підприємств, статистичні дані Держстату України [9], а також результати польових спостережень у районах розташування зерносховищ Черкаської, Полтавської та Миколаївської областей.

Додатково застосовано метод картографічного аналізу для просторової ідентифікації зон підвищеного екологічного навантаження, моделювання потенційних зон ризику, а також метод соціального анкетування для визначення сприйняття екологічної ситуації місцевими мешканцями.

Основні результати дослідження. Елеваторні комплекси в Україні є значним джерелом пилових викидів, особливо під час сушіння,

очищення та транспортування зерна. Наприклад, зерносушарка потужністю 75 тонн кукурудзи на годину може виділяти до 8,5 тонн пилу на добу, з яких приблизно 183 кг потрапляє в атмосферу.

Пил, що утворюється на елеваторах, містить не лише нейтральні, а й небезпечні компоненти, включаючи грибові спори, бактерії та алергени. Це становить загрозу для здоров'я працівників та мешканців прилеглих територій.

У багатьох випадках елеватори в Україні порушують екологічні норми. Наприклад, у Черкаській області деякі підприємства були притягнуті до адміністративної відповідальності за забруднення атмосферного повітря зерновим пилом. Під час перевірок виявлено порушення експлуатації споруд та відсутність контролю за охороною повітря.

Повномасштабне вторгнення Росії в Україну призвело до значних руйнувань елеваторної інфраструктури. За даними досліджень, з 24 лютого 2022 року було зруйновано або пошкоджено зерносховища місткістю щонайменше 3 млн. тонн.

Зокрема, комплекс «Golden Agro» у Рубіжному зазнав значних пошкоджень, включаючи вибухи, що спричинили викиди оксидів азоту та тривалі пожежі через самозаймання залишеного зерна.

Близько 70 % елеваторів в Україні є морально та фізично застарілими, побудованими ще за радянських часів. Вони не відповідають сучасним вимогам щодо якості та безпеки зберігання зерна. Існує нагальна потреба у будівництві 300–400 нових технологічних елеваторів, рівномірно розподілених по території країни.

Сучасні елеватори впроваджують аспіраційні системи для зменшення пилових викидів та автоматизацію процесів. Наприклад, компанії «Укрлендфармінг» та «Кернел» вже мають елеватори з повною автоматизацією, включаючи автоматичні ваги та пробовідбірники.

Компанія OLIS пропонує рішення для зменшення екологічного навантаження, включаючи аспіраційні системи та енергоефективне обладнання для очищення зерна.

Пилові викиди з елеваторів можуть спричинити не лише забруднення повітря, але й підвищують ризик вибухів та пожеж. Наприклад, зерносушарка, через яку проходить 300 тис. кубометрів повітря на годину з вмістом 50 мг пилу на кубометр, може за місяць накопичити до 10,8 тонн пилу навколо елеватора.

Аналіз виявив, що основними джерелами негативного впливу елеваторної промисловості є:

Пилові викиди, що утворюються під час механічного переміщення зерна, очищення та сушіння. Концентрації пилу в межах 50–80 мг/м³ перевищують допустимі рівні, встановлені вітчизняними нормативами.

Теплове забруднення внаслідок використання газових та твердопаливних сушарок. Зафіксовано локальне підвищення температури ґрунту в зоні сушильних установок.

Водне навантаження через забруднення поверхневих і ґрунтових вод залишками агрохімікатів і продуктів гниття органічної маси.

Порушення ґрунтового покриву, ущільнення ґрунтів у зоні руху вантажного транспорту.

Шумове навантаження на прилеглі до елеваторів населені пункти, що перевищує 70 дБ.

Виявлено, що у приватних підприємств рівень дотримання природоохоронних норм нижчий, ніж у державних або міжнародних інвестованих елеваторах. Лише 22 % об'єктів мають діючу ОВНС. Частка елеваторів, що впровадили системи екологічного менеджменту ISO 14001, становить близько 11 %.

До позитивних тенденцій належать: впровадження систем аспірації пилу, використання біопаливних сушарок, застосування рекуператорів тепла, сортування відходів, озеленення приелеваторних територій. Окремі елеваторні комплекси переходять до замкнених технологічних циклів з мінімальним утворенням відходів. У низці випадків запроваджуються агроекологічні зони навколо елеваторів, що слугують буфером для зменшення техногенного навантаження.

Висновки. Елеваторна промисловість України справляє відчутний негативний вплив на стан атмосферного повітря, водних ресурсів, ґрунтового покриву та акустичного середовища. Основні екологічні загрози зосереджені навколо пилових викидів, теплових і водних забруднень. Аналіз засвідчив, що система екологічного контролю в галузі потребує суттєвого посилення, а більшість елеваторів функціонують з відхиленнями від норм екологічної безпеки.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на: формування обов'язкової системи екологічної сертифікації елеваторів; адаптацію кращих доступних технологій до українських умов; впровадження цифрового екологічного моніторингу на об'єктах елеваторної інфраструктури; розвиток систем повторного використання ресурсів (вода, тепло, органічні залишки); активізацію ролі громадськості у контролі за дотриманням природоохоронного законодавства.

Необхідно також розробити національну програму модернізації елеваторної інфраструктури із включенням екологічної компоненти, з урахуванням європейського досвіду та пріоритетів Європейського зеленого курсу. Перспективним є створення спеціальних економічних зон із пільговими умовами для підприємств, які впроваджують безвідходні або низьковідходні технології у зерновому секторі.

Екологізація елеваторної промисловості має стати складовою державної політики сталого аграрного розвитку, гармонізованою з європейськими нормами довікільєвої безпеки.

Література

1. Ковальчук А.Є. Екологічні ризики функціонування зерносховищ. *Екологічна безпека*. 2021. №2(34). С. 15–21.
2. Кузьменко О.В. Енергоефективні технології в елеваторній промисловості України. *Вісник аграрної науки*. 2021. №3. С. 42–47.
3. Романенко Т.О. Екологічна логістика у зерновому секторі: сучасний стан та перспективи

розвитку. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 1. С. 29–35.

4. Тарасюк І.М. Екологічна оцінка впливу елеваторних об'єктів на довкілля. *Наукові праці ОДАБА*. 2020. Вип. 98. С. 114–119.

5. Ткаченко Л.В. Застосування фільтраційних систем для очищення повітря на зернохосовищах. *Техніка і технології АПК*. 2019. №4. С. 57–60.

6. Шевчук В.С. Екологічні аспекти зберігання зерна в Україні: сучасний стан та шляхи вдосконалення. *Проблеми екології*. 2020. № 2. С. 22–27.

7. FAO. Environmental Performance of Grain Storage Facilities. Rome : FAO, 2020. 49 p.

8. EBRD Reports. Environmental and Social Risk Analysis in Agricultural Infrastructure. London : European Bank for Reconstruction and Development, 2021. 72 p.

9. State Statistics Service of Ukraine. Statistical Yearbook of Ukraine. Kyiv : Derzhstat, 2023. 350 c.

References

1. Kovalchuk, A.Ye. (2021). Ekolohichni ryzyky funktsionuvannia zernoskhovyshch. [Ekolohichna bezpeka. Ecological risks of grain storage facilities functioning]. *Ecological Safety*, 2(34), 15–21 [in Ukrainian].

2. Kuzmenko, O.V. (2021). Enerhoefektyvni tekhnolohii v elevatornii promyslovosti Ukrainy. [Energy-efficient technologies in the elevator industry of Ukraine]. *Bulletin of Agricultural Science*, (3), 42–47 [in Ukrainian].

3. Romanenko, T.O. (2022). Ekolohichna lohistyka u zernovomu sektori: suchasnyi stan ta perspektyvy rozvytku. [Ecological logistics in the grain sector: current state and development prospects]. *Agroecological Journal*, (1), 29–35 [in Ukrainian].

4. Tarasiuk, I.M. (2020). Ekolohichna otsinka vplyvu elevatorynykh ob'ektiv na dovkillia. [Environmental assessment of elevator facilities' impact on the environment]. *Scientific Works of ODABA*, (98), 114–119 [in Ukrainian].

5. Tkachenko, L.V. (2019). Zastosuvannia filtratsiinykh system dlia ochyshchennia povitria na zernoskhovyshchakh. [Application of filtration systems for air purification at grain storage facilities]. *Technology and Equipment of the Agroindustrial Complex*, (4), 57–60 [in Ukrainian].

6. Shevchuk, V.S. (2020). Ekolohichni aspekty zberihannia zerna v Ukraini: suchasnyi stan ta shliakhy vdoskonalennia. [Ecological aspects of grain storage in Ukraine: current state and improvement ways]. *Problems of Ecology*, (2), 22–27 [in Ukrainian].

7. Food and Agriculture Organization (FAO). (2020). *Environmental Performance of Grain Storage Facilities*. Rome: FAO.

8. European Bank for Reconstruction and Development (EBRD). (2021). *Environmental and Social Risk Analysis in Agricultural Infrastructure*. London : EBRD.

9. State Statistics Service of Ukraine. (2023). *Statistical Yearbook of Ukraine*. Kyiv : Derzhstat.

Дата першого надходження рукопису до видання: 02.09.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 30.10.2025

Дата публікації: 28.11.2025



Я. І. Залізник

доктор філософії за спеціальністю 103 Науки про Землю, викладач кафедри екології та безпеки життєдіяльності, Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: yana.bezussyak@gmail.com
orcid.org/0000-0002-6497-1215

Н. О. Шевченко

кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри екології та безпеки життєдіяльності Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: shevchenkonata24@gmail.com
orcid.org/0000-0001-6722-9326



А. В. Балабак

кандидат сільськогосподарських наук, доцент доцент кафедри екології та безпеки життєдіяльності Уманський національний університет (м. Умань, Україна)
E-mail: a.v.balabak@ukr.net
orcid.org/0000-0002-7483-277X

ТЕХНОЕКОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ НА РІЧКОВІ ЕКОСИСТЕМИ

У статті проаналізовано техноекологічні чинники впливу промислових підприємств – зокрема заводів, фабрик та теплоелектростанцій – на екологічний стан річкових та інших поверхневих екосистем. Досліджено, що ризики забруднення водного середовища, спричинені діяльністю промислових об'єктів, охоплюють широкий спектр екологічних та соціально-економічних наслідків. Визначено основні джерела забруднення, серед яких провідне місце займають виробничі стоки, насичені важкими металами, синтетичними поверхнево-активними речовинами тощо. Окремо розглянуто специфіку впливу теплоелектростанцій, які, крім хімічного навантаження, спричиняють термічне забруднення, змінюючи температурний режим водойм і порушуючи гідробіологічну рівновагу. Методологічна основа дослідження ґрунтується на басейновому підході для оцінки просторово-часових змін якості води. Отримані результати підтверджують необхідність впровадження сучасних технологій очищення стічних вод, систем замкненого водообігу та автоматизованого моніторингу, а також посилення контролю за дотриманням екологічних нормативів. Довготривале хімічне та фізичне навантаження знижує здатність водних екосистем до самоочищення, підвищує ризик евтрофікації та деградації донних біоценозів. У комплексі ці фактори можуть призвести до незворотних змін у структурі та функціонуванні річкових екосистем, що потребує своєчасного виявлення, моніторингу та запровадження превентивних заходів. Запропоновано рекомендації щодо інтеграції техноекологічного підходу в управління водними ресурсами, що сприятиме зменшенню негативного впливу промислових об'єктів і забезпеченню екологічної безпеки річкових екосистем у довгостроковій перспективі.

Ключові слова: техноекологія; промислові об'єкти; річкові екосистеми; поверхневі води; басейновий підхід; забруднення водного середовища; важкі метали; термічне забруднення; екологічна безпека.

Ya. I. Zalizniak

PhD in Earth Sciences (Specialty 103),
Lecturer at the Department of Ecology and Life Safety,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: yana.bezussyak@gmail.com
orcid.org/0000-0002-6497-1215

N. O. Shevchenko

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Ecology and Life Safety,
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: shevchenkonata24@gmail.com
orcid.org/0000-0001-6722-9326

A. V. Balabak

Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Ecology and Life Safety
Uman National University (Uman, Ukraine)
E-mail: a.v.balabak@ukr.net
orcid.org/0000-0002-7483-277X

TECHNOECOLOGICAL ANALYSIS OF THE IMPACT OF INDUSTRIAL FACILITIES ON RIVER ECOSYSTEMS

The article analyzes the techno-ecological factors of industrial enterprises' impact—particularly plants, factories, and thermal power stations—on the ecological state of river and other surface ecosystems. It has been established that the risks of water environment pollution caused by industrial activities encompass a wide range of ecological and socio-economic consequences. The main sources of pollution have been identified, among which industrial effluents saturated with heavy metals, synthetic surfactants, and other substances occupy a leading place. Special attention is given to the specific impact of thermal power plants, which, in addition to chemical loads, cause thermal pollution by altering the temperature regime of water bodies and disrupting hydrobiological balance. The methodological basis of the study relies on the basin approach for assessing spatio-temporal changes in water quality. The obtained results confirm the necessity of implementing modern wastewater treatment technologies, closed-loop water supply systems, and automated monitoring, as well as strengthening control over compliance with environmental standards. Long-term chemical and physical loads reduce the self-purification capacity of aquatic ecosystems, increase the risk of eutrophication, and lead to the degradation of benthic biocenoses. Collectively, these factors may result in irreversible changes in the structure and functioning of river ecosystems, which requires timely detection, monitoring, and the introduction of preventive measures. Recommendations are proposed for integrating the techno-ecological approach into water resource management, which will contribute to reducing the negative impact of industrial facilities and ensuring the ecological safety of river ecosystems in the long term.

Key words: *technoecology; industrial facilities; river ecosystems; surface waters; basin approach; water environment pollution; heavy metals; thermal pollution; ecological safety.*

Постановка проблеми. Техносфера України – це складний антропогенний комплекс, який сформований внаслідок інтенсивного розвитку промисловості, енергетики, транспорту, аграрного сектору та урбанізованих територій. Така підсистема біосфери охоплює сукупність технічних засобів, інженерних споруд, виробничих комплексів і технологічних процесів, що забезпечують життєдіяльність суспільства, але водночас чинять значний вплив на природне середовище. Основними галузями, які формують антропогенну трансформацію річкових екосистем залишаються металургія, хімічна промисловість, машинобудування, харчова та легка промисловість, а також енергетичний сектор, у якому значну частку займають теплоелектростанції та атомні електростанції.

Сучасний стан техносфери зумовлений поєднанням використання застарілих технологій, що потребують модернізації, та впровадженням інноваційних рішень, зокрема у сферах енергоефективності, замкнених виробничих циклів і цифрового моніторингу стану довкілля. Одним із ключових завдань є узгодження розвитку техносфери з принципами сталого розвитку та екологічної безпеки, що передбачає зменшення ресурсного споживання для виробництва, мінімізацію обсягів викидів і відходів, а також відновлення деградованих природних систем.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Багато науковців розглядають проблему техносфери та її вплив на навколишнє середовище, зокрема на водні ресурси. У статті [15] автори пояснюють поняття «техносфера», як її функціональну інтеграцію з іншими сферами системи Землі. Також представлено класифікацію кінцевого використання техносфери для теоретичного узгодження з різними видами людської діяльності та показниками добробуту. Інші вчені [14] у своїй

роботі представляють концептуальну рамку, яка розглядає водні технології як складну адаптивну систему, що включає три взаємопов'язані підсистеми: попит на воду, водопостачання та управління водними ресурсами. Такий підхід дозволяє не лише систематизувати наявні технологічні рішення, але й виявити механізми їх взаємодії, адаптації та розвитку в умовах змін клімату, зростання населення та інтенсифікації господарської діяльності. Інші роботи [1, 6, 9] аналізують проблеми впливу промислових об'єктів на річки, а нормативні документи [2, 3, 4] зазначають обмеження та необхідні вимоги для збереження та покращення стану поверхневих вод, зокрема річки Південний Буг в межах Вінницької області [11].

Мета статті полягає у виявленні та науковому обґрунтуванні впливу промислових об'єктів, зокрема теплоелектростанцій, на стан водного середовища, а також у визначенні основних джерел і механізмів забруднення річкових екосистем.

Методика дослідження. При проведенні досліджень було застосовано методику комплексних польових географічних досліджень [8]. Польові роботи включали маршрутні обстеження територій у межах досліджуваних річкових басейнів, аналіз промислових об'єктів впливу, які здійснюють скиди стічних вод та прилягають до місць протікання річок. Основою проведення досліджень є басейновий підхід, так як притоки виступають індикаторами впливу і за ними можна відслідкувати розповсюдження забруднюючих речовин по басейну річки [5].

Основні результати дослідження. Значне техногенне навантаження в межах Вінницької області на річкові системи, насамперед у басейні Південного Бугу, здійснюють промислові підприємства. Визначальними чинниками впливу виступають різні види забруднень: органічне, біогенне,

термічне, хімічне. Крім того, політантажне навантаження (важкими металами та нафтопродуктами), а також механічне замулення і підвищення каламутності води – також становлять велику загрозу для якості поверхневих вод та донних відкладів [6]. Найбільш піддатливими до негативного впливу є певні ділянки водотоків у межах промислових зон, де накопичувальний ефект від кількох джерел забруднення призводить до зниження біорізноманіття, погіршення якості води та зменшення здатності водою до самоочищення [10].

Серед об'єктів, що чинять найбільш відчутний вплив на стан водного середовища, виокремлюються підприємства харчової та переробної промисловості – основні постачальники органічних і біогенних забруднень, а також Ладижинська ТЕС, яка поєднує хімічне та теплове навантаження. Було проведено польові дослідження, в результаті яких було виявлено близькість прилягання промислових об'єктів та їх негативний вплив на екосистеми річок в межах басейну р. Південний Буг (в межах Вінницької області). Було виявлено локальні, зокрема специфічні види забруднення, які створюють машинобудівні та будівельні підприємства, зокрема через зливові стоки, що містять металеві частинки, мастильні матеріали та цементний пил.

Нижче наведено узагальнену характеристику проаналізованих промислових об'єктів області, їх профілю діяльності та потенційного впливу на річкові екосистеми, а також зазначено орієнтовні ГДК (табл. 1–2) [5].

У таблиці 2 для деяких показників (наприклад, «термічне забруднення») встановлюється не концентрація, а допустиме відхилення від природного стану. Для локальних випадків (цементний шлам, мастильні матеріали) застосовуються індивідуальні нормативи залежно від складу стоків [16].

Таблиця 1 відображає результати, які підтверджують те, що у Вінницькій області працює низка великих промислових підприємств різних галузей – від енергетики та машинобудування до харчової і переробної промисловості, які здійснюють скиди політантів у поверхневі води. Найпотужніший вплив на річкові екосистеми має Ладижинська ТЕС, яка, окрім хімічних домішок, створює термічне забруднення Південного Бугу. Теплоелектростанції здійснюють багатофакторний вплив на водні екосистеми, поєднуючи хімічне забруднення з термічним навантаженням. Скидання підігрітих вод у природні водойми спричиняє підвищення їх температури, що змінює сезонні та добові коливання теплового режиму. Такі зміни зумовлюють зменшення концентрації розчиненого кисню, інтенсифікацію процесів евтрофікації та трансформацію видового складу гідробіотів. У підсумку порушується гідробіологічна рівновага, знижується екологічна стійкість водних екосистем і зростає ймовірність деградації природних біоценозів [12].

Більшість харчових і переробних заводів (олійно-жировий комбінат, цукровий, спиртовий, кондитерська фабрика «Roshen», птахофабрика) спричиняють органічне та біогенне забруднення, що призводить до зростання вмісту азоту, фосфору та інших речовин у воді. Це може викликати «цвітіння» води, зниження вмісту кисню та погіршення умов для водних організмів.

Машинобудівні та будівельні підприємства впливають локально, але їхній вплив специфічний – це металеві стоки, мастильні матеріали, цементний пил і шлам, які потрапляють у водотоки зі зливовими стоками [9].

Загалом, в ході проведення польових досліджень було виявлено, що найбільше навантаження припадає на басейн Південного Бугу, де зосереджена більшість підприємств. У менших

Таблиця 1

Досліджувані промислові об'єкти Вінницької області, напрями діяльності та вплив на річки

№ п/п	Промисловий об'єкт / підприємство	Основний напрям діяльності	Потенційний вплив на річки та водні екосистеми
1	Ладижинська теплоелектростанція (м. Ладижин)	Виробництво електроенергії з використанням вугілля та газу	Термічне забруднення Південного Бугу, скиди з підвищеним вмістом завислих речовин, солей та важких металів
2	Немирівський лікеро-горілчаний завод	Виробництво алкогольних напоїв	Органічне забруднення, локальне підвищення концентрацій біогенних речовин у малих річках
3	Барський машинобудівний завод	Виробництво сільськогосподарської техніки	Металеві стоки, мастильні матеріали, локальне забруднення малих річок через зливову каналізацію
4	Вінницький олійножировий комбінат	Переробка олійних культур, виробництво рослинних олій	Органічне забруднення стічними водами, підвищення біогенних елементів у притоках Південного Бугу
5	Гайсинський цукровий завод	Виробництво цукру з цукрових буряків	Скиди стічних вод із високим вмістом органіки, завислих речовин та продуктів бродіння у притоки Південного Бугу
6	Будівельні комбінати (Вінниця, Жмеринка)	Виробництво будівельних матеріалів	Пилове та хімічне забруднення зливовими стоками, потрапляння цементного шламу у водотоки
7	Вінницька кондитерська фабрика «Roshen»	Виробництво кондитерських виробів	Органічне забруднення стічними водами, можливе підвищення вмісту біогенних речовин у Південному Бугу, локальний вплив на якість води під час виробничих процесів та обслуговування інфраструктури

Орієнтовні ГДК для основних видів забруднень у поверхневих водах [16]

Вид забруднення	Приклад речовини / показника	Орієнтовна ГДК (мг/л)	Коментар
Термічне забруднення	Підвищення температури води	$\Delta T \leq 3$ °C від природного фону	Перегрів води порушує кисневий режим і біоту
Завислі речовини	Завислі частинки	3,0	При перевищенні – замулення, зниження прозорості
Солі (мінералізація)	Загальна мінералізація	1000,0	Для питного водопостачання ≤ 1000 мг/л
Важкі метали	Свинець (Pb)	0,03	Токсичний, кумулятивний ефект
	Кадмій (Cd)	0,001	Дуже токсичний, канцерогенний
	Ртуть (Hg)	0,0005	Накопичується в біоті
Органічне забруднення	БСК ₅ (біохімічне споживання кисню)	3,0	Показник органічного навантаження
Біогенні речовини	Нітрати (NO ₃ ⁻)	45,0	Евтрофікація, метгемоглобінемія
	Фосфати (PO ₄ ³⁻)	0,03	Стимулюють «цвітіння» води
Металеві стоки, мастильні матеріали	Нафтопродукти	0,1-0,3	Утворюють плівку, знижують газообмін
Високий вміст органіки	Амоній (NH ₄ ⁺)	2,0	Токсичний для риб, свідчить про забруднення
Продукти бродіння	Сірководень (H ₂ S)	0,002	Токсичний, пригнічує біоту
Пилове забруднення	Завислі частинки (цементний пил)	3,0	Викликає замулення, підвищення мутності
Хімічне забруднення зливовими стоками	Сульфати (SO ₄ ²⁻)	500,0	При перевищенні – гіркий присмак, корозія
Цементний шлам	Лужність (pH)	6,5–8,5 (норма)	Відхилення викликають загибель біоти
Локальний вплив виробництва	Залізо загальне (Fe)	0,2	Викликає осади, зміну смаку води

масштабах вплив відчувають і притоки Дністра. Сукупна дія цих об'єктів створює кумулятивний ефект забруднення, що знижує якість води, погіршує стан екосистем і потребує постійного моніторингу та впровадження сучасних технологій очищення стічних вод.

Висновки. Техноекологічний підхід до управління водними ресурсами передбачає поєднання екологічних принципів із сучасними технологічними рішеннями, щоб зменшити негативний вплив промислових об'єктів на річкові екосистеми. Він охоплює модернізацію виробництв, впровадження ефективних систем очищення стічних вод, постійний моніторинг стану водойм та відновлення деградованих ділянок, зокрема встановлення нормативів гранично допустимих скидів з урахуванням екологічної стійкості річкових екосистем, а також проведення обов'язкової техноекологічної експертизи для нових і модернізованих виробництв [13]. Такий підхід сприяє збереженню екологічної рівноваги, підвищенню стійкості річкових екосистем і забезпечує їх безпечне функціонування у довгостроковій перспективі. Також ефективним є підвищення екологічної обізнаності керівників підприємств і місцевих громад щодо наслідків техногенного впливу та поширення кращих практик техноекологічного управління водними ресурсами [7].

Література

1. Балуєва О. В., Чинкуляк Н. М. Кластерний аналіз територій України за показниками антропогенних

навантажень на навколишнє природне середовище. *Ефективна економіка*. № 12. 2013. Електронний ресурс. URL: <http://www.economy. nauka.com.ua/?op=1&z=2574> (дата звернення: 07.09.2025)

2. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення. К., 2006. 240 с.

3. Водне господарство в Україні / за ред. А. В. Яцика, В. М. Хорева. К. : Генеза, 2000. 456 с.

4. Водний кодекс України: Кодекс України, Закон, Кодекс від 27.05.2021 № 213/95-ВР. *Відомості Верховної Ради України (ВВР)*, 1995, № 24. С. 189.

5. Залізняк Я. І. Головні проблеми трансформації геосистем річок у Вінницькій області внаслідок антропогенного впливу. *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія : Географія*. 2019. Вип. 31, № 3–4. Вінниця, 2019. С. 52–61.

6. Ковальчук І. П., Павловська Т. С. Річково-басейнова система Горині: структура, функціонування, оптимізація : монографія. Луцьк : РВВ «Вежа» ВНУ ім. Лесі Українки, 2008. 244 с.

7. Концепція діяльності мережі українських неурядових екологічних організацій зі збереження та відновлення річок. URL: <http://www.uarivers.net> (дата звернення 3.09.2025).

8. Курлова З., Слободянюк Т., Руда В. Методика комплексних польових географічних досліджень (відділення наук про Землю) : навч.-метод. видання. К., 2018. 36 с.

9. Лаврик О. Д. Водні антропогенні ландшафти заплави Південного Бугу: сучасний стан та використання. *Стале природокористування: підходи,*

проблеми, перспектива : матеріали III міжнар. наук. конф., 27–28 трав. 2010р. Тернопіль : Підручники і посібники, 2010. 53–55 с.

10. Мисковець І. Я. Антропогенні зміни в басейнах малих річок (на прикладі Волинської області) : автореф. дис. ... канд. геогр. наук (11.00.11.). Чернівці, 2003. 20 с.

11. Мудрак О. В. Рябоконт С. В. Історія господарського освоєння поверхневих вод на території України. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету*. 2011. Вип. 7. С. 107–112.

12. Стратічук Н. В., Коваленко М. С. Аналіз сучасного стану поверхневих вод на території України. *Збірник матеріалів VII Міжнародний молодіжний конгрес: «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування»*. (10–11 лютого 2022, Україна, Львів). Київ : Ярочé нко Я. В., 2022. С. 78. 4.

13. Стратічук Н. В., Корнієнко В. О. Оцінка сталого використання природних ресурсів на території Херсонській області. *Таврійський науковий вісник*. Херсон : Видавничий дім «Гельветика», 2021. Вип. 119. С. 272–280.

14. Evolution of water technology from a structural perspective. *Sec. Water and Wastewater Management*. *Front. Environ. Sci.*, 11 October 2024.

15. Resolving the Technosphere Eric Galbraith, Abdullah-Al Faisal, Tanya Matitia, William Fajzel, Ian Hatton, Helmut Haberl, Fridolin Krausmann and Dominik Wiedenhofer. [Електронний ресурс]. URL: <https://egusphere.copernicus.org/preprints/2024/egusphere-2024-1133/egusphere-2024-1133.pdf> (дата звернення 1.09.2025).

16. Гранично допустимі концентрації (ГДК) та орієнтовні допустимі рівні (ОДР) шкідливих речовин у воді водних об'єктів господарсько-питного та культурно-побутового призначення. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v5793400-91#Text> (дата звернення 4.09.2025).

References

1. Baluieva, O. V., & Chinkuliak, N. M. (2013). Klasternyi analiz terytorii Ukrainy za pokaznykamy antropohennykh navantazhen' na navkolyshnie pryrodne seredovyshche [Cluster analysis of Ukrainian territories by indicators of anthropogenic pressure on the environment]. *Efektivna ekonomika*, 12. Retrieved from <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=2574> (accessed: 07.09.2025) [in Ukrainian].

2. Vodna Ramkova Dyrektyva ES 2000/60/ES. Osnovni termin ta yikh vyznachennia [EU Water Framework Directive 2000/60/EC. Key terms and definitions]. (2006). Kyiv, 240 [in Ukrainian].

3. Yatsyk, A.V., & Khoryev, V.M. (Eds.). (2000). *Vodne gospodarstvo v Ukraini* [Water management in Ukraine]. Kyiv : Geneza, 456 [in Ukrainian].

4. Vodnyi kodeks Ukrainy: Zakon Ukrainy vid 27.05.2021 № 213/95-VR [Water Code of Ukraine: Law of Ukraine from May 27, 2021 No. 213/95-VR]. *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy (VVR)*, 1995, 24, 189 [in Ukrainian].

5. Zalizniak, Ya.I. (2019). Holovni problemy transformatsii heosystem richok u Vinnytskii oblasti vnaslidok antropohennoho vplyvu [Main problems of

river geosystem transformation in Vinnytsia region due to anthropogenic impact]. *Naukovi zapysky Vinnits'koho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu imeni Mykhaila Kotsiubyns'koho. Serii : Heohrafiia*, 31(3–4), 52–61 [in Ukrainian].

6. Kovalchuk, I. P., & Pavlovska, T. S. (2008). Richkovo-basainova systema Horyni: struktura, funktsionuvannia, optymizatsiia: monohrafiia [River basin system of the Horyn: structure, functioning, optimization : monograph]. Lutsk : RVV "Vezha" VNU im. Lesi Ukrainky, 244 [in Ukrainian].

7. Kontseptsiiia diialnosti merezhi ukrains'kykh neuriadovykh ekolohichnykh orhanizatsii zi zberzhennia ta vidnovlennia richok [Concept of the activity of the network of Ukrainian environmental NGOs for river conservation and restoration]. Retrieved from <http://www.uarivers.net> (accessed: 03.09.2025) [in Ukrainian].

8. Kurlova, Z., Slobodyaniuk, T., & Ruda, V. (2018). *Metodyka kompleksnykh pol'ovykh heohrafichnykh doslidzhen'* (vidlennia nauk pro Zemliu): navch.-metod. vydannia [Methodology of complex field geographical research (Earth sciences division): educational-methodical publication]. Kyiv, 36 [in Ukrainian].

9. Lavryk, O. D. (2010). Vodni antropohenni landshafty zaplavy Pivdennoho Buha: suchasnyi stan ta vykorystannia [Water anthropogenic landscapes of the Southern Bug floodplain: current state and use]. In: *Stale pryrodokorystuvannia: pidkhody, problemy, perspektyva* : materials of the III Int. Sci. Conf., May 27–28, 2010. Ternopil: Pidruchnyky i posibnyky, 53–55 [in Ukrainian].

10. Myskovets', I.Ya. (2003). Antropohenni zminy v basainakh malykh richok (na prykladi Volyns'koi oblasti): avtoref. dys... kand. heohraf. nauk (11.00.11.) [Anthropogenic changes in small river basins (on the example of Volyn region): PhD abstract]. Chernivtsi, 20 [in Ukrainian].

11. Mudrak, O.V., & Riabokon', S.V. (2011). Istoriiia hospodars'koho osvoinnna poverkhnevyykh vodoiem Vinnichchyny [History of economic development of surface water bodies in Vinnytsia region]. *Zbirnyk naukovykh prats' Vinnits'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu*, 7, 107–112 [in Ukrainian].

12. Straticuk, N.V., & Kovalenko, M.S. (2022). Analiz suchasnoho stanu poverkhnevyykh vod na terytorii Ukrainy [Analysis of the current state of surface waters in Ukraine]. In: *Materials of the VII Int. Youth Congress "Sustainable development: environmental protection. Energy saving. Balanced nature management"* (Feb 10–11, 2022, Ukraine, Lviv). Kyiv : Yarochénko Ya.V., 78 [in Ukrainian].

13. Straticuk, N.V., & Korniienko, V.O. (2021). Otsinka staloho vykorystannia pryrodnykh resursiv na terytorii Khersonskoi oblasti [Assessment of sustainable use of natural resources in Kherson region]. *Tavriskiyi naukovyi visnyk*, 119, 272–280. Kherson : Vydavnychiy dim "Hel'vetyka" [in Ukrainian].

14. Evolution of water technology from a structural perspective. (2024). *Frontiers in Environmental Science, Section : Water and Wastewater Management*, Oct 11 [in English].

15. Galbraith, E., Faisal, A.-A., Matitia, T., Fajzel, W., Hatton, I., Haberl, H., Krausmann, F., & Wiedenhofer, D.

(2024). Resolving the Technosphere. Retrieved from <https://egosphere.copernicus.org/preprints/2024/egosphere-2024-1133/egosphere-2024-1133.pdf> (accessed: 01.09.2025) [in English].

16. Verkhovna Rada of Ukraine. (1991). Hranychno dopustymi kontsentratsii (HDK) ta oriientovni dopustymi rivni (ODR) shkidlyvykh rehovyn u vodi vodnykh

ob'iektiv hospodars'ko-pytneho ta kul'turno-pobutovoho pryznachennia [Maximum permissible concentrations (MPC) and tentative permissible levels (TPL) of harmful substances in water of water bodies for household-drinking and cultural-domestic purposes]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v5793400-91#Text> (accessed: 04.09.2025) [in Ukrainian].

Дата першого надходження рукопису до видання: 25.09.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 30.10.2025
Дата публікації: 28.11.2025

**Н. В. Голембовська**

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри технології м'ясних, рибних та морепродуктів,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
(м. Київ, Україна)
E-mail: natashagolembovska@gmail.com
orcid.org/0000-0001-8159-4020

Т. В. Волхова

здобувач кафедри технології м'ясних,
рибних та морепродуктів,
Національний університет біоресурсів
і природокористування України (м. Київ, Україна)
E-mail: taisii.volkhova@gmail.com
orcid.org/0000-0003-3298-1299



КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА БІОЛОГІЧНОЇ ЦІННОСТІ, СПОЖИВЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА МІКРОСТРУКТУРИ ВЕГЕТАРІАНСЬКОГО МОРОЗИВА ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

У статті представлено результати комплексного дослідження вегетаріанського морозива функціонального призначення, створеного на основі рослинних інгредієнтів. Метою роботи стало оцінювання біологічної цінності, органолептичних показників та мікроструктурної будови розроблених зразків з метою встановлення взаємозв'язку між рецептурним складом, структурними характеристиками та споживчими властивостями продукту. У дослідних зразках використовували рисове молоко, гарбузову клітковину, стевію, кокосову олію, какао, кавові зерна, банан і фісташки. Для порівняльного аналізу було використано також зразки торговельних марок «Alpro» та «Dalana».

Визначення органолептичних характеристик проводили за п'ятибальною шкалою згідно з ISO 11036:1994, а мікроструктуру досліджували методом оптичної мікроскопії згідно з ДСТУ 4733:2007. Також оцінювали збитість морозива, масову частку жиру (метод Гербера) та розмір повітряних бульбашок.

За результатами дослідження встановлено, що введення рослинних інгредієнтів позитивно впливає на споживчі властивості морозива. Дослідні зразки мали привабливий зовнішній вигляд, однорідну консистенцію, приємний смак і аромат. Вищий рівень збитості забезпечив легку, снігоподібну текстуру. Низька масова частка жиру в рецептурах сприяє зниженню калорійності продукту. Мікроскопічне дослідження показало рівномірний розподіл повітряних бульбашок, що покращує текстуру та стабільність морозива. Отримані результати підтверджують ефективність застосування рослинних інгредієнтів для створення високоякісного морозива функціонального типу з поліпшеними споживчими властивостями та біологічною цінністю.

Ключові слова: морозиво, мікроструктура, органолептична оцінка, вегетаріанство, біопродукти.

N. V. Holembovska

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Technology of Meat, Fish and Seafood Products,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine)
E-mail: natashagolembovska@gmail.com,
orcid.org/0000-0001-8159-4020

T. V. Volkhova

Candidate at the Department of Technology of Meat, Fish and Seafood Products,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine)
E-mail: taisii.volkhova@gmail.com
orcid.org/0000-0003-3298-1299

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE BIOLOGICAL VALUE, CONSUMER PROPERTIES AND MICROSTRUCTURE OF VEGETARIAN ICE CREAM OF FUNCTIONAL PURPOSE

The article presents the results of a comprehensive study of vegetarian functional ice cream created on the basis of plant ingredients. The aim of the work was to evaluate the biological value, organoleptic indicators and microstructural structure of the developed samples in order to establish the relationship between the recipe composition, structural characteristics and consumer properties of the product. The experimental samples used rice milk, pumpkin fiber, stevia, coconut oil, cocoa, coffee beans, banana and pistachios. For comparative analysis, samples of the trademarks "Alpro" and "Dalana" were also used.

The determination of organoleptic characteristics was carried out on a five-point scale according to ISO 11036:1994, and the microstructure was examined by optical microscopy according to DSTU 4733:2007. The whipping of ice cream, mass fraction of fat (Gerber method) and the size of air bubbles were also evaluated.

The results of the study showed that the introduction of plant ingredients has a positive effect on the consumer properties of ice cream. The test samples had an attractive appearance, uniform consistency, pleasant taste and aroma. A higher level of whipping provided a light, snow-like texture. The low mass fraction of fat in the formulations contributes to a reduction in the calorie content of the product. Microscopic examination showed a uniform distribution of air bubbles, which improves the texture and stability of ice cream. The results obtained confirm the effectiveness of using plant ingredients to create high-quality functional ice cream with improved consumer properties and biological value.

Key words: ice cream, microstructure, organoleptic evaluation, vegetarianism, bioproducts.

Постановка проблеми. У контексті зростаючої зацікавленості населення здоровим способом життя, збалансованим харчуванням та етичними принципами споживання, простежується активне впровадження у виробництво харчової продукції рослинного походження, зокрема функціонального спрямування. Особливу нішу серед цих продуктів займають вегетаріанські та веганські аналоги традиційної тваринної їжі, де морозиво вирізняється високими сенсорними якостями та широкою привабливістю серед споживачів різного віку.

За останні роки спостерігається стійке зростання зацікавленості населення вегетаріанським способом харчування. У мегаполісах та великих містах активно відкриваються заклади громадського харчування, орієнтовані на потреби вегетаріанців, а асортимент спеціалізованих рослинних продуктів у торговельних мережах постійно розширюється. Серед них особливо популярними є альтернативи традиційним тваринним продуктам – зокрема, рослинне молоко, соєві аналоги м'яса, десерти без додавання молока та яєць [1].

Створення рецептур морозива без тваринних компонентів потребує застосування функціональних та технологічно активних речовин, здатних забезпечити необхідну харчову цінність разом із належними органолептичними, структурними та текстурними характеристиками. Водночас одним із перспективних напрямів є розробка продуктів із функціональними властивостями, що сприяють підтримці або покращенню стану здоров'я завдяки вмісту біологічно активних сполук.

Сучасні дослідження також значну увагу приділяють аналізу мікроструктури харчових систем, оскільки саме структурна організація впливає на стабільність, консистенцію, смакові властивості та загальну споживчу оцінку продукту. Застосування методів мікроскопії дозволяє детально дослідити характер взаємодії між складовими, однорідність системи та наявність можливих дефектів структури, що, у підсумку, визначає якість кінцевого виробу [2].

Сьогоднішній ринок заповнений тонами безмолочного морозива, яке таке ж вершкове, декадентське та чудове, як і їхні звичайні аналоги, і, очевидно, без експлуатації тварин, болів у животі та сильного впливу на навколишнє середовище.

Швидке зростання комерціалізації разом із зростанням виробництва молока на рослинній основі є ключовим фактором, що стимулює попит на ринку немолочного морозива. Інноваційні продукти для покращення смаку та технологічного прогресу в галузі забезпечують позитивну перспективу для ринку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

У сучасних наукових джерелах простежується динамічне зростання інтересу до розробки веганського морозива, що пояснюється як підвищенням попиту на продукти рослинного походження, так і прагненням споживачів до інноваційних смаків і функціонального харчування. Аналітичні прогнози свідчать, що обсяг світового ринку веганського морозива збільшиться з 701,7 млн доларів США у 2024 році до понад 1 млрд доларів до 2033 року [3].

У ході експериментів, проведених дослідницькою групою під керівництвом Chomshome N. у Таїланді, було створено морозиво на основі молока з пророщених чорних і білих бобів та сої. Такий продукт вирізнявся підвищеним вмістом γ -аміномасляної кислоти, антиоксидантних сполук, а також низьким рівнем жиру та вуглеводів, що забезпечує йому позитивні функціональні властивості [4].

Дослідження українських науковців, зокрема Баль-Прилипко Л. В. та співавторів, було спрямоване на вивчення впливу додавання натуральних інгредієнтів (стевії, какао, бананів, фісташок) до морозива на базі рисового молока. Отримані результати засвідчили поліпшення органолептичних показників і підвищення харчової цінності [2].

Ropcius S. із колегами дослідили можливість заміни традиційних молочних жирів у рецептурі морозива на олеогелі, виготовлені з оливкової та конопляної олій, у поєднанні з альтернативними рослинними напоями (вівсяним, пшоняним). Такий підхід позитивно вплинув на текстурні властивості продукту та його харчову цінність [5].

Бразильські вчені під керівництвом Mendonça G. M. розробили морозиво на основі соєвого кефіру з додаванням шкірки плодів жаботікаби, яка є джерелом антиоксидантів і пробіотичних речовин. Продукт отримав високі сенсорні оцінки, що свідчить про його споживчу привабливість [6].

У дослідженні Asar E. V. та співавторів було створено морозиво на основі червоноквасолевого молока, збагачене пробіотичним штамом *Bacillus coagulans*. Воно характеризувалося підвищеним вмістом білка та покращеними органолептичними властивостями порівняно з традиційними аналогами [7].

Інша наукова група на чолі з Taspinar T. досліджувала вплив різних рослинних напоїв (соєвого, кокосового, мигдального тощо) на якість морозива. Результати показали, що тип заміни молока суттєво впливає на текстуру, смак і загальний поживний склад продукту [8].

Загалом більшість науковців зосереджуються на покращенні нутрієнтного профілю рослинного морозива: зниженні частки насичених жирів, використанні корисних рослинних олій (зокрема у формі олеогелів), а також підвищенні вмісту білка за рахунок введення компонентів із бобових культур. Це дозволяє створювати морозиво, що поєднує функціональність, смакову привабливість і етичні переваги.

Таким чином, рослинне морозиво все більше позиціонується як багатофункціональний харчовий продукт, що відповідає сучасним вимогам здорового, збалансованого й екологічно відповідального харчування.

Мета статті. Метою роботи є комплексне вивчення вегетаріанського морозива функціонального призначення шляхом оцінки його біологічної цінності, органолептичних характеристик і мікроструктурної будови з метою виявлення взаємозв'язків між рецептурними особливостями, структурою та споживчими властивостями готового продукту.

Методика дослідження. При виробництві вегетаріанського морозива були взяті за основу зразок від виробника «Alpro» (контроль 1) та виробника «Dalana» (контроль 2). При виробництві дослідного вегетаріанського морозива використовувалась наступна сировина: рисове молоко The Bridge (organic) згідно з ДСТУ 4069:2016 [9], гарбузова клітковина Golden Kings of Ukraine згідно з ТУ У 15.8-24239651-007:2007 [10], стевія згідно з ТУ У 15.8-30729147-003-2004 [11], кокосова олія згідно з ДСТУ 4562:2006 [12], какао-порошок – ТУ 9125-003-70462452-09 [13], кавові зерна – ТУ У 10.8-32294926-001:2016 [14], банан та фісташка.

Готовий продукт досліджували за наступними методиками: визначення органолептичних показників оцінювались з використанням п'ятибальної шкали згідно ISO 11036:1994 і графічно побудованих профілограм [15]; збитість морозива виражається у відсотках відношення різниці мас суміші та морозива одного й того ж обсягу до маси морозива згідно ДСТУ 4733:2007 [16]; масову частку жиру в морозиві визначають

за методом Гербера із використанням жироміра [17]; визначення розмірів повітряних бульбашок згідно ДСТУ 4735:2007 [18].

Статистичну обробку експериментальних даних проводили з використанням методів варіаційної статистики. Розраховували середнє арифметичне значення (M), стандартне відхилення (SD), середню похибку (m). Вірогідність різниці між середніми визначали за критерієм Стьюдента ($p < 0,05$).

Основні результати дослідження. В розроблених рецептурах вегетаріанського морозива вносили рисове молоко для зміцнення нервової системи та нормалізацією травлення, гарбузову клітковину для виведення токсичних речовин та надлишку холестерину, стевію для благотворної роботи шлунково-кишкового тракту та допоміжну сировину, кокосову олію для кращої стабілізації та утримання форми продукту. Розроблені рецептури вегетаріанського морозива представлені в табл. 1.

Технологічний процес виробництва вегетаріанського морозива включає підготовку сировини, приготування суміші, пастеризацію, охолодження, визрівання, заморожування та фасування.

На етапі підготовки здійснюють подрібнення бананів і фісташок, кавових зерен та просіювання какао-порошку, а також підготовку рослинних компонентів – рисового молока, клітковини, стевії та кокосової олії.

Суміш формують шляхом змішування базових інгредієнтів із фруктовими або кавовими добавками з наступною гомогенізацією. Для забезпечення мікробіологічної безпеки її пастеризують (65–70 °C, 15–20 хв), охолоджують до 4–6 °C і витримують 4–6 год. Заключний етап – заморожування зі збиванням, що формує ніжну консистенцію продукту. Готове морозиво фасують і зберігають при –18 °C.

Органолептичні характеристики харчових продуктів є одними з основних критеріїв, за якими споживач оцінює готовий продукт. Вони значною мірою залежать від виду використовуваної сировини та технології виробництва.

Таблиця 1

Рецептура вегетаріанського морозива «Банан & Фісташка»

Найменування компонентів	Рецептурний склад дослідного зразка, г/100 г продукції	
	«Банан&Фісташка» (зразок 1)	«Кавово-шоколадне» (зразок 2)
Рисове молоко	62	62
Клітковина гарбузова	2,5	2,5
Стевія	0,5	3
Банан	16	-
Фісташка	6,8	-
Кокосова олія	12,2	12,2
Какао-порошок	-	5,3
Кавові зерна	-	5

Згідно з органолептичними оцінками (рис. 1 та 2), розроблені рецептури отримали вищий загальний бал порівняно з контролем завдяки покращеному зовнішньому вигляду, кольору та смако-ароматичних характеристик. Колір вегетаріанського морозива був рівномірним, що пояснюється додаванням банану та фісташки. Зразки мали приємний банановий смак і аромат.

Підсумовуючи отримані результати проведення порівняльної оцінки органолептичних показників, можна стверджувати, що банани та кавові зерна підвищують органолептичні показники. Всі розроблені рецептури мали високі загальні оцінки порівняно з контрольними зразками.

Збитість впливає на структуру та консистенцію морозива. Мала збитість морозива утворює щільну консистенцію, висока – призводить до утворення снігоподібної структури. Отримані результати наведені на рис. 3.

Згідно з отриманими даними, збитість дослідних зразків є вищою, ніж у контрольного. Такий результат свідчить про утворення снігоподібної, легкої консистенції продукту, що зумовлено оптимальним співвідношенням сухих речовин і жиру, їхньою якістю, а також ефективністю проведеної гомогенізації.

Жир є одним із ключових факторів, що формують структуру та консистенцію морозива: зі зростанням його вмісту зменшується простір між жировими кульками, що сприяє утворенню

менших кристалів льоду та покращенню текстури продукту. Детальні результати наведено на рисунку 4.

На основі проаналізованих результатів встановлено, що масова частка загального жиру в дослідних зразках є нижчою порівняно з контрольними. Це пояснюється низьким вмістом жиру в сировинних компонентах, використаних у рецептурах.

Одним із важливих показників, що визначає якість морозива, є розмір і рівномірність розподілу повітряних бульбашок у його структурі, оскільки саме цей фактор значною мірою впливає на консистенцію, стабільність і споживчі властивості продукту. Згідно з вимогами ДСТУ 4733:2007, застосовуються методи оптичної мікроскопії. Отримані результати наведені на рис. 5–8.

За отриманим результатом виявлено, що повітряна фаза у досліджуваних зразках розподіляється нерівномірно порівняно з контрольними. Середній розмір повітряних бульбашок становить 14,3 мкм (контроль 1) 6,7 мкм (зразок 1), 25,6 мкм (контроль 2) та 4,7 мкм (зразок 2).

Висновки та рекомендації. Проведені дослідження підтвердили доцільність удосконалення технології вегетаріанського морозива «Банан & Фісташка» та «Кавово-шоколадне», до складу яких входять рослинні компоненти з високою біологічною цінністю: рисове молоко, гарбузова клітковина, стевія, кокосова олія та натуральні



Рис. 1. Порівняльний аналіз зразка 1 з контрольним зразком 1



Рис. 2. Порівняльний аналіз зразка 2 з контрольним зразком 2

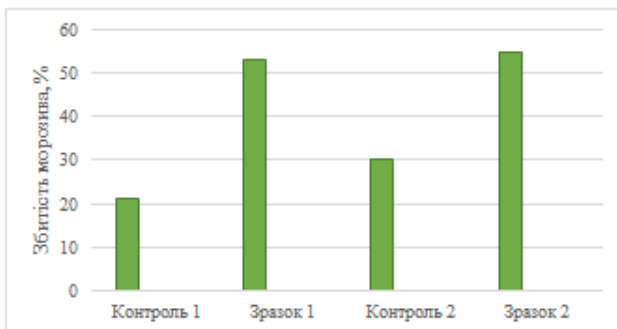


Рис. 3. Збитість вегетаріанського морозива

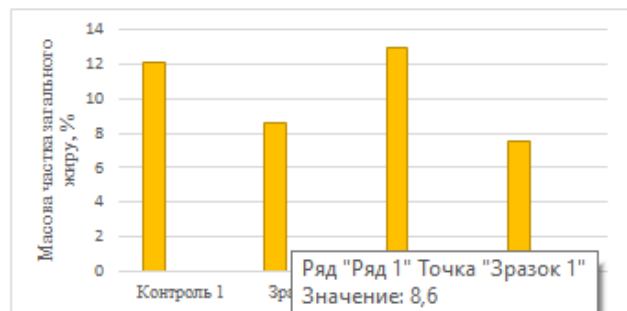


Рис. 4. Масова частка загального жиру в вегетаріанському морозиві

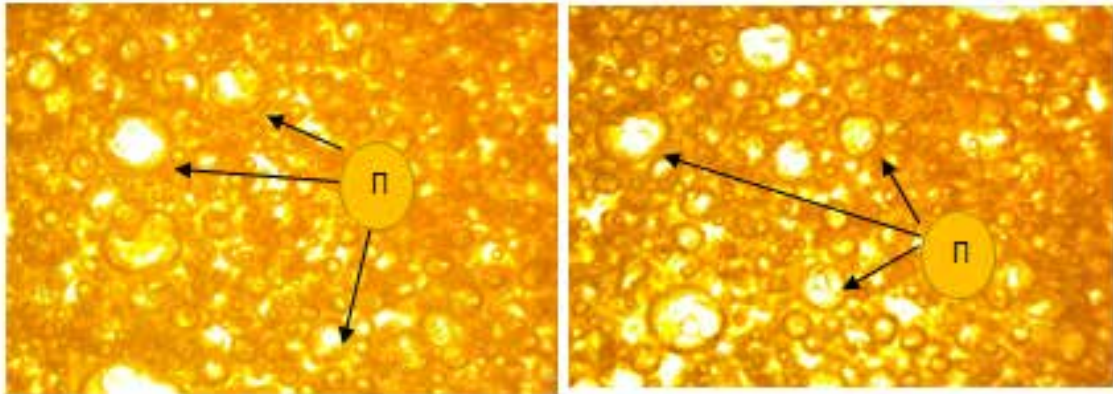


Рис. 5. Мікрофотографії вегетаріанського морозива виробника «Alpro» (контроль 1, П – повітряні бульбашки)

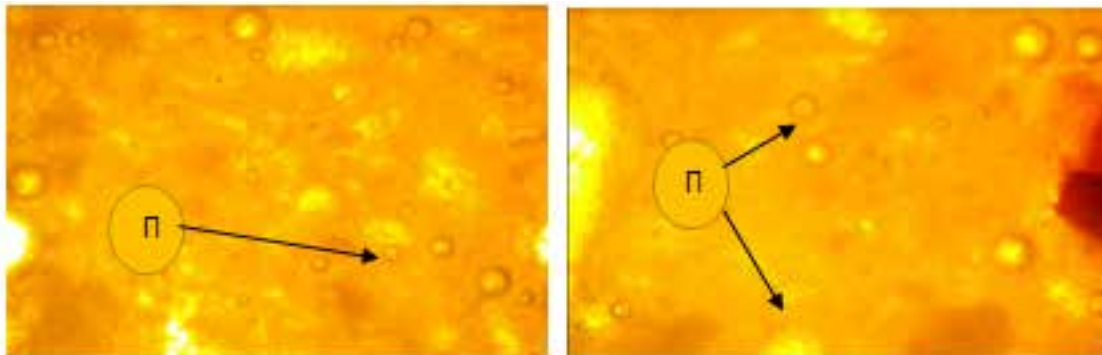


Рис. 6. Мікрофотографії вегетаріанського морозива з фісташкою (зразок 1, П – повітряні бульбашки)

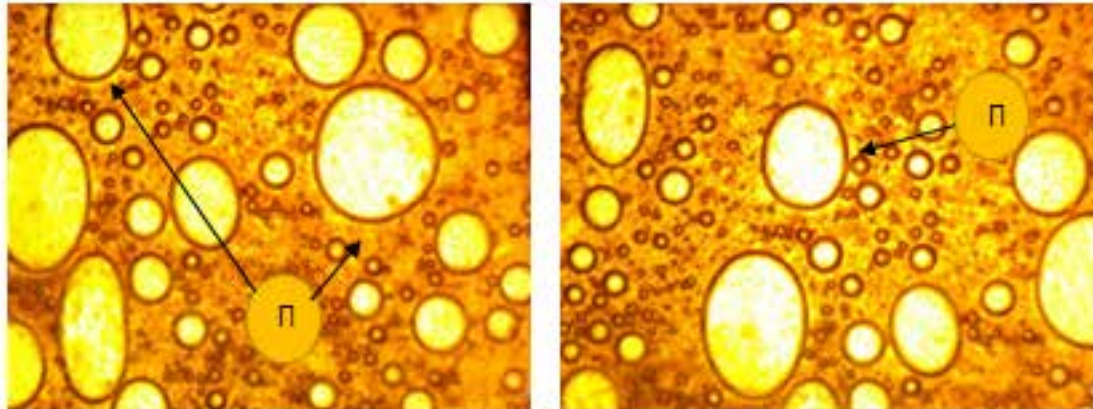


Рис. 7. Мікрофотографії вегетаріанського морозива виробника «Dalana» (контроль 2, П – повітряні бульбашки)

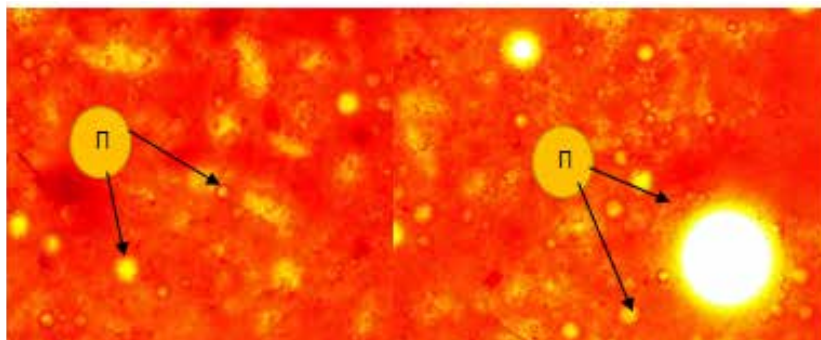


Рис. 8. Мікрофотографії вегетаріанського морозива зі вмістом кавових зерен (зразок 2, П- повітряні бульбашки)

смако-ароматичні добавки (банан, фісташка, кава, какао-порошок).

Обидва дослідні зразки перевершили контрольні за органолептичними характеристиками. Вони мали приємний колір, аромат і смак, що було досягнуто завдяки гармонійному поєднанню натуральних інгредієнтів. Особливо позитивно вплинуло використання банану та кавових зерен. Дослідні зразки виявили підвищену збитість у порівнянні з контрольними, що забезпечило формування снігоподібної, легкої консистенції. Це свідчить про ефективну гомогенізацію та збалансованість рецептурного складу.

У розроблених зразках масова частка жиру була нижчою, ніж у контрольних, що відповідає вимогам до продуктів функціонального харчування та є перевагою з точки зору дієтичного та здорового харчування. Мікроскопічне дослідження показало, що в дослідних зразках розмір повітряних бульбашок є значно меншим, а їх розподіл – рівномірнішим, що позитивно впливає на текстуру та стабільність продукту.

В подальшому враховуючи високі органолептичні та функціональні показники, запропоновані рецептури доцільно адаптувати для промислового виробництва в сегменті здорового харчування. Рекомендується при маркуванні акцентувати увагу на відсутності тваринних компонентів, пониженому вмісті жиру, наявності харчових волокон та природних підсолоджувачів, що підвищить привабливість продукту для цільової аудиторії – вегетаріанців, веганів і споживачів, які дотримуються здорового способу життя.

Література

1. Holembovska N., Slobodianiuk N., Israelian V., Androshchiuk O., Maceyko V. Influence of organic acids on organoleptic and structural and mechanical properties of freshwater hydrobiont meat. *Animal Science and Food Technology*. 2024. vol. 15, no. 1. P. 9–28. DOI: <https://doi.org/10.31548/animal.1.2024.09>.

2. Bal-Prylypko L., Nikolaenko M., Volkhova T., Holembovska N., Tyshchenko L., Ivaniuta A., Israelian V., Menchynska A., Shynkaruk O., & Melnik V. The study of functional and technological properties of vegetarian ice cream. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, vol. 17, no. 3. 2023. P. 110–121. DOI: <https://doi.org/10.5219/1798>

3. Global Vegan Ice Cream Market Expected to Reach USD 1,027.4 Million by 2033 – IMARC Group. Available at: https://www.imarcgroup.com/vegan-ice-cream-market-statistics?utm_source=chatgpt.com

4. Chomshome N., Kee-ariyo C., Soteyome T., & Suteebut N. The Development of Plant-Based Ice Cream from Germinated Legume Milk. *Burapha Science Journal*, 2024. vol. 29, no. 3. P. 1132–1152. Available at: <https://li05.tci-thaijo.org/index.php/buuscij/article/view/558>

5. Ropciuc S., Ghinea C., Leahu A., Prisacaru A. E., Oroian M. A., Apostol L. C., & Dranca F. Development and characterization of new plant-based ice cream assortments using oleogels as fat source. *Application of Gel Technology in Food Industry and Environmental*

Engineering, vol. 10, no. 6. 2024. P. 397. DOI: <https://doi.org/10.3390/gels10060397>

6. Mendonça G. M., Oliveira E. M., Rios A. O., Pagno C. H., & Cavallini D. C. Vegan ice cream made from soy extract, soy kefir and jaboticaba peel: Antioxidant capacity and sensory profile. *Foods*, vol. 11, no. 19. 2022. P. 3148. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11193148>

7. Acar E. B., Karahan T., Mutlu D., Sağdıç O., & Öztürk H. İ. Novel vegan ice cream made from red kidney bean milk with a probiotic: Technological and biofunctional characteristics. *Journal of Food Science*, vol. 90, no. 3. 2025. P. 70087. DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.70087>

8. Taspınar T., Yazici G. N., & Güven M. Evaluating the Potential of Using Plant-Based Milk Substitutes in Ice Cream Production. In *Biology and Life Sciences Forum*. Vol. 26, no. 1. 2023. P. 21. DOI: <https://doi.org/10.3390/Foods2023-15011>

9. ДСТУ 4069:2016. Морозиво. Загальні технічні умови. Київ, 2016. 16 с.

10. ТУ У 15.8-24239651-007:2007. Клітковина гарбузова Golden Kings. Технічні умови. Горянівське, 2007. 9 с.

11. ТУ У 15.8-31591453-003:2005 Стевія. Листя сушене: Технічні умови. Київ, 2005. 12 с.

12. ДСТУ 4562:2006. Олія кокосова. Технічні умови. Київ, 2006. 18 с.

13. ТУ 9125-003-70462452-09 Какао-порошок. Технічні умови. Київ, 2009. 12 с.

14. ТУ У 10.8-32294926-001:2016 Кавові зерна. Технічні умови. Київ, 2016. 14 с.

15. ISO 11036:2017 Органолептичний аналіз. Методологія. Характеристики структури, 2017. 20 р.

16. ДСТУ 4733:2007. Морозиво молочне, вершкове, пломбір. Загальні технічні умови. Київ, 2008. 35 с.

17. ДСТУ ISO 2446:2019. Молоко. Визначення вмісту жиру. Київ. 2020. 10 с.

18. ДСТУ 4735:2007 Морозиво з комбінованим складом сировини. Загальні технічні умови. Київ, 2007. 38 с.

References

1. Holembovska N., Slobodianiuk N., Israelian V., Androshchiuk O., Maceyko V. (2024) Influence of organic acids on organoleptic and structural and mechanical properties of freshwater hydrobiont meat. *Animal Science and Food Technology*, vol. 15, no. 1, pp. 9–28. DOI: <https://doi.org/10.31548/animal.1.2024.09>.

2. Bal-Prylypko L., Nikolaenko M., Volkhova T., Holembovska N., Tyshchenko L., Ivaniuta A., Israelian V., Menchynska A., Shynkaruk O., & Melnik V. (2023) The study of functional and technological properties of vegetarian ice cream. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, vol. 17, no. 3, pp. 110–121. DOI: <https://doi.org/10.5219/1798>

3. Global Vegan Ice Cream Market Expected to Reach USD 1,027.4 Million by 2033 – IMARC Group. Available at: https://www.imarcgroup.com/vegan-ice-cream-market-statistics?utm_source=chatgpt.com

4. Chomshome N., Kee-ariyo C., Soteyome T., & Suteebut N. (2024) The Development of Plant-Based Ice Cream from Germinated Legume Milk. *Burapha*

Science Journal, vol. 29., no. 3, pp. 1132–1152. Available at: <https://li05.tci-thaijo.org/index.php/buuscij/article/view/558>

5. Ropciuc S., Ghinea C., Leahu A., Prisacaru A. E., Oroian M. A., Apostol L. C., & Dranca F. (2024) Development and characterization of new plant-based ice cream assortments using oleogels as fat source. *Application of Gel Technology in Food Industry and Environmental Engineering*, vol. 10, no. 6, pp. 397. DOI: <https://doi.org/10.3390/gels10060397>

6. Mendonça G. M., Oliveira E. M., Rios A. O., Pagno C. H., & Cavallini D. C. (2022) Vegan ice cream made from soy extract, soy kefir and jaboticaba peel: Antioxidant capacity and sensory profile. *Foods*, vol. 11, no. 19. Pp. 3148. doi: <https://doi.org/10.3390/foods11193148>

7. Acar E. B., Karahan T., Mutlu D., Sağdıç O., & Öztürk H. İ. (2025) Novel vegan ice cream made from red kidney bean milk with a probiotic: Technological and biofunctional characteristics. *Journal of Food Science*, vol. 90, no. 3, pp. 70087. DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.70087>

8. Taspınar T., Yazıcı G. N., & Güven M. (2023) Evaluating the Potential of Using Plant-Based Milk Substitutes in Ice Cream Production. In *Biology and Life Sciences Forum*. Vol. 26, no. 1, pp. 21. DOI: <https://doi.org/10.3390/Foods2023-15011>

9. DSTU 4069:2016 (2016) Morozyvo [Ice cream] General technical conditions. Kyiv, 16 p. [in Ukrainian].

10. TU U 15.8-24239651-007:2007 (2007) Klitkovyna harbuzova Golden Kings. [Golden Kings pumpkin fiber]. Technical specifications. Horianivske, 9 p. [in Ukrainian].

11. TU U 15.8-31591453-003:2005 (2005) Steviia. Lystia sushene. [Stevia. Dried leaves]. Technical specifications. Kyiv, 12 p. [in Ukrainian].

12. DSTU 4562:2006 (2006) Oliia kokosova. Tekhnichni umovy postachannia. [Coconut oil]. Technical specifications. Kyiv, 18 p. [in Ukrainian].

13. TU U 9125-003-70462452-09 (2009) Kakao-poroshok. [Cocoa powder]. Technical specifications. Kyiv, 12 p. [in Ukrainian].

14. TU U 10.8-32294926-001:2016 (2016) Kavovi zerna. [Coffee beans]. Technical specifications. Kyiv, 14 p. [in Ukrainian].

15. ISO 11036:2017 (2017) Sensor analysis. Methodology. Texture profile, 2017. 20 p. [in Ukrainian].

16. DSTU 4733:2007 (2008) Morozyvo molochne, vershkove, plombir. Zahalni tekhnichni umovy. [Milk ice cream, cream ice cream, ice cream]. General technical conditions. Kyiv, 35 p. [in Ukrainian].

17. DSTU ISO 2446:2019 (2020) Moloko. Vyznachennia vmistu zhyru. [Milk. Determination of fat content]. Technical specifications. Kyiv, 10 p. [in Ukrainian].

18. DSTU 4735:2007 (2007) Morozyvo z kombinovanyim skladom syrovyny. [Ice cream with a combined composition of raw materials]. Technical specifications. Kyiv, 38 p. [in Ukrainian].

Дата першого надходження рукопису до видання: 18.09.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 30.10.2025
Дата публікації: 28.11.2025

НОТАТКИ

ВІСНИК

Уманського національного університету

№ 2

Коректура • Ірина Миколаївна Чудеснова

Комп'ютерна верстка • Алла Олександрівна Марєєва

Формат 60×84/8. Гарнітура Verdana.

Папір офсет. Цифровий друк. Ум. друк. арк. 8,78. Замов. № 1225/972. Наклад 300 прим.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»

вул. Інглєзі, 6/1, м. Одеса, 65101

Тел. +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08

E-mail: mailbox@helvetica.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

ДК № 7623 від 22.06.2022 р.