Зміст електронного журналу
«Наукові доповіді НУБіП України»
№ 4/104 (серпень), 2023
Рекомендований до видання Вченою Радою НУБіП України
протокол № 1 від 11 серпня 2023 р.

Біологія, біотехнологія, екологія

1. **Мельник В. М., Шафаренко М. В., Ружинська Л. І., Остапенко Ж. І., Косова В. П., Горбунов А. Д.** Ефективність застосування анаеробного біореактора для очищення стічних вод

Агрономія

2. **Войтовик М. В., Цюк О. А.** Кореляційні зв'язки урожайності соняшнику з показниками родючості чорнозему типового за різних систем удобрення
3. **Свистунова І. В., Пророченко С. С., Бурко Л. М., Полторецький С. П., Шувар А. М., Сеник І. І., Карбівська У. М., Турак О. Ю., Кондратенко Н. Г.** Формування урожаю лучних травостоїв за укосами залежно від технологічних заходів вирощування
4. **Дудченко В. В., Стеценко І. І.** Продуктивність лавандину та економічна ефективність його вирощування за різних елементів технології
5. **Бобунов О. Ю., Мідик С. В., Хижан О. І., Ковшун Л. О.** Моніторинг елементного складу грунтів України
6. **Породько М. А.** Оптимізація елементів технології вирощування ячменю ярого в північній частині Правобережного Лісостепу

Ветеринарна медицина, якість і безпека продукції тваринництва

7. **Безпалько О.О., Мачуський О.В., Виговська Л.М., Ушкалов В.О., Радзіховський М.Л., Ушкалов А.В., Данчук В.В.** Визначення антагоністичних властивостей та утворення біоплівок у *Bacillus Spp.* та *Lactobacillus Spp.*
8. **Григор'єв В. Ю., Данчук О. В.** Особливості вуглеводно-ліпідного обміну в організмі собак з різним типом вищої нервової діяльності
9. **Туяхов М. Ф.** Визначення чутливості деяких мікробних ізолятів за отиту у собак

Лісове і садово-паркове господарство

10. **М'ялковський Р. О., Панцирева Г. В., Безвіконний П. В., Потапський Ю. В., Петрище О. І., Лобунько Ю. В.** Удосконалення

агротехніки вирощування садивного матеріалу *Buxus Sempervirens L.* в умовах Поділля

11. **Поліщук В. В., Струтинська Ю. В.** Особливості мікроклонального розмноження рослин роду *Prunus Serrulata L.* для подальшого використання в моносадах
12. **Яковлєва-Носарь С. О., Бессонова В. П.** Таксаційні показники та життєвий стан *Quercus Robur L.* за різних лісорослинних умов південного приярка урочища Яцево (Дніпропетровська область)

Техніка та енергетика АПК

13. **Сірко З. С., Сторож О. В., Охріменко С. М., Торчилевський Д. П., Стариш Є. А., Шевчук Л. М., Цірень Н. Л., Heinrich Nickel** Структура та властивості сталі марки 7ХНМФБ для виготовлення дереворізальних пил

Biology, biotechnology, ecology

1. **Mel'nyk V., Shafarenko M., Rhuzinska L, Ostapenko Z., Kosova V., Gorbunov A.** Efficiency of using an anaerobic bioreactor for wastewater treatment

Agronomy

2. **Voitovyk M. V., Tsyuk O. A.** Correlation of sunflower yield with fertility indicators of black soil typical under different fertilizer systems
3. **Svystunova I. V., Prorochenko C. C., Burko L. M., Poltoretskyi S. P., Shuvar A. M., Senyk I. I., Karbivska U. M., Turak O. Iu., Kondratenko N. H.** The formation of a crop of meadow grasses for clippings depending on the technological measures of cultivation
4. **Dudchenko V. V., Stetsenko I. I.** Productivity of lavandin and economic efficiency of its cultivation using different elements of technology
5. **Bobunov O. Y., Midyk S. V., Khyzhan O. I., Kovshun L. O.** Monitoring of elemental composition of soils in Ukraine
6. **Porodko M. A.** Optimization of technology elements for spring barley cultivation in the northern part of the Right Bank Forest-Steppe

Veterinary medicine, quality and safety of livestock products

7. **Bezpalko O. O., Machuskyi O. V., Vygovska L. M., Ushkalov V. O., Radzihovsky M. L., Ushkalov A. V., Danchuk V. V.** Determination of antagonistic properties and biofilm formation in *Bacillus Spp.* and *Lactobacillus Spp.*
8. **Hrygoriev V. Yu., Danchuk O. V.** Features of carbohydrate-lipid metabolism in dogs with different types of higher nervous activity
9. **Tuyakhov M. F.** Investigation of the sensitivity of some microbial isolates in dogs with otitis

Forestry and ornamental plants

10. **Myalkovsky R., Pantsyreva H., Bezvikonnyi P., Potapsky Y., Petrysche O., Lobunko Y.** Improvement of agricultural techniques for growing planting material of Buxus Sempervirens L. under Podillia conditions
11. **Polishchuk V. V., Strutynska Y. V.** Features of microclonal propagation of plants of the genus Prunus Serrulata L. for further use in monosaches

12. **Yakovlieva-Nosar S. O., Bessonova V. P.** Taxation indicators and life status of Quercus Robur L. under different forest growth conditions of the southern spur of yatsevo ravine (Dnipropetrovsk region)

Engineering

13. **Sirko Z., Storozh O., Okhrimenko S., Torchilevsky D., Starish E., Shevchuk L., Tsiren N.** Structure and properties of steel grade 7ХНМФБ for manufacturing wood cutting saws

Мельник В. М., Шафаренко М. В., Ружинська Л. І., Остапенко Ж. І., Косова В. П., Горбунов А. Д.

УДК 62-624.2

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ АНАЕРОБНОГО БІОРЕАКТОРА ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

В. М. МЕЛЬНИК, доктор технічних наук, професор,
https://orcid.org/0000-0002-0004-7218
E-mail: vmm71@i.ua
М. В. ШАФАРЕНКО, https://orcid.org/0000-0001-9786-4574
E-mail: nikolajsafarenko1@gmail.com
Л. І. РУЖИНСЬКА, кандидат технічних наук, доцент,
https://orcid.org/0000-0003-1223-7649
E-mail: ruzhli@ukr.net
Ж. І. ОСТАПЕНКО, аспірант, https://orcid.org/0000-0003-0949-9912
E-mail: zhanna.ost@gmail.com
В. П. КОСОВА, https://orcid.org/0000-0002-3441-6536
E-mail: vera_62@ukr.net
А. Д. ГОРБУНОВ, магістр, https://orcid.org/0009-0006-2433-8710
E-mail: artixx3590@gmail.com
Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського

https://doi.org/10.31548/dopovidi4(104).2023.001

Анотація. *Об'єктом дослідження обрано процес одержання біогазу в біореакторі з перемішуючим пристроєм та інертним носієм біоплівки. Проблемним залишається питання утримання біоплівки на інертних носіях за певної кількості обертів перемішуючого пристрою. Представлена схема лабораторної установки для дослідження процесу виділення біогазу в біореакторі з інертним носієм. Була визначена важлива величина – питома швидкість виділення субстрату* $r_{X,M}$ *, без якої неможливо розрахувати поверхню біоплівки та визначити кількість виділеного метану. Було з'ясовано вплив гідравлічного руху течії (критерій Рейнольдса) на утворення метану. Підібрано число обертів перемішуючого пристрою для утримання біоплівки на інертних носіях та унеможливлення її відриву. Розглянуто процес масопереносу субстрату зі стічної води до поверхні біоплівки; перетворення субстрату активною кислотогенною біомасою в оцтову кислоту; перетворення оцтової кислоти метаногенною біомасою в біогаз. Акцентується перевага пропонуємого дослідження впливу гідродинаміки на процес одержання біогазу в анаеробних умовах від процесу псевдозрідження, при якому, у наслідок інтенсивної циркуляції рідини можливий відрив біоплівки від поверхні інертних носіїв. Пропонується створення оптимального апарату біореактора, який би забезпечував, у повній мірі, такий технологічний процес. За оптимального режиму роботи біореактора число обертів перемішуючого пристрою* $n=2$ *об/с. Кінцева концентрація субстрату у стічній воді досягає значення* $S_2=0{,}1$ *кг ХСК/м*^{3}*. Кількість одержаного метану складає* $V_{CH4}=0{,}409$ *м*^{3}*/добу. Може*

використовуватись на практиці при очистці стічних вод наступних виробництв: молокозаводів, м'ясопереробних виробництв, при виробництві соків та вин на харчових виробництвах. Так як на цих підприємствах великий вміст органічних речовин в стічних водах. Це приводить до підвищеної кількості одержаного біогазу.

Ключові слова: *конструкція біореактору, отримання біогазу, анаеробні умови, рухомий носій біоплівки*

Актуальність. Пошуки економічно вигідних та екологічно прийнятних методів очищення промислових та господарсько-комунальних стічних вод були і залишаються вкрай актуальними у великому місті. Постійно зростаюча чисельність жителів міста, розгалужена інфраструктура, інтенсивне функціонування харчових, мікробіологічних, фармацевтичних та багатьох інших виробництв призводять до щоденного зростання обсягів стічних вод, забруднених органікою. Зростає потреба у чистій воді. Донедавна більш перспективною технологією вважалася аеробна очистка, анаеробна ж технологія розглядалася лише як попередня стадія очистки стоків високої концентрації або осадів [1]. Введення анаеробних біореакторів із іммобілізованою мікрофлорою, інтенсифікувало процес очищення, що разом з іншими перевагами, такими, як низька енергоємність, отримання палива, компактність та гігієнічність дозволило анаеробній технології вдало конкурувати із аеробною. Вибір найбільш ефективних проєктних рішень потребує детального вивчення і математичного опису основних закономірностей процесу [2]. Під час протікання стічної води, із активним мулом контактує лише тонкий шар рідини, що знаходиться над поверхнею мулу. До того ж за турбулізації потоку відбувається винос мулу стічними водами. Отже, виникає протиріччя між необхідністю збільшити швидкість руху потоку і вимогою до його ламінарності. Одним із варіантів вирішення цієї проблеми є використання спеціальних інертних носіїв в декількох видів реакторів. Завантаження у вигляді нерухомого теплоносія найчастіше являють собою структуру розгалуженої площі, яка встановлюється в проточній частині апарата [3]. Анаеробне очищення стічних вод на інертних носіях є складним багатофазовим та багатостадійним процесом, фізичні, хімічні та мікробіологічні явища якого тісно взаємопов'язані та взаємозалежні. На даному етапі активно ведеться розробка анаеробних процесів, проте їх результати є фрагментарними і розрізненими. У цій роботі представлено математичну модель процесу очищення стічних вод

мікроорганізмами, іммобілізованими на нерухомих інертних носіях.

Актуальним, і до тепер, залишається питання утримання біоплівки на інертних носіях при певній кількості обертів перемішуючого пристрою (певне значення критерія Рейнольдса Re). Все це може стати підґрунтям для рекомендації зі створення оптимального апарату біореактора, який би забезпечував, у повній мірі, технологічний процес.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Відоме використання технології біоплівкового реактора з рухомим шаром як ефективної аеробної полірувальної установки очищення стоків заводу з виробництва пальмової олії в роботі [4]. Приділяється увага поточним методам очищення та найсучаснішій технології біоплівкового реактора з рухомим шаром для очищення стічних вод комбінату з виробництва пальмової олії. Досліджено проєкт технології реактора з біоплівкою з рухомим шаром, який спільно підтримується біоплівками, включаючи конфігурацію потоку, режим і типи аерації та характеристики середовища. Крім того, також обговорюється інтеграція реакторів з рухомим шаром біоплівки з іншими процесами очисних установок, такими як мембрани та коагуляція. Але залишилися поза увагою питання анаеробного процесу в біореакторі.

У праці [5], завдяки біоплівковим реакторам, використовують мікробний плівковий підхід. Тут середовище або носій вводять у систему, і реактор працює для створення високої концентрації біомаси, яка необхідна для ефективної анаеробної обробки відходів. Також шар біоплівки вважається критичним фактором для ефективності травлення. Модифіковані анаеробні реактори здатні запобігати мікробному вимиванню завдяки сприянню агрегації мікробів, що має хороші властивості осідання, або розвитку бактеріальних і архейних біошарів на поверхні інертних носіїв і опорних матеріалів. Не висвітлені питання утворення та отримання біогазу.

Проводились дослідження ефективності використання біоплівкового реактора з рухомим шаром для очищення стічних вод з високим вмістом органічних речовин [6]. Біоплівка – мікробіологічна колонія, що складається з бактерій, найпростіших, і гриби, які співіснують і процвітають на твердій поверхні. Спеціально розроблені носії біоплівки мають глибокий вплив на зростання біомаси, утримання мікроорганізмів і видалення забруднюючих речовин, що призводить до значного покращення продуктивності реактора.

У статті [7] автори дослідили ефективність використання біоплівкового реактора з рухомим

шаром для очищення стічних вод при помірних і низьких температурах. Завдяки анаеробним процесам, в основному, йде перетворення органічної речовини на метан, який є енергоносієм, або паливом з потенціалом для виробництва електроенергії чи тепла. Але не було розглянуто вплив швидкості стічної води на процес отримання біогазу.

Отже, багато уваги приділяється питанням, пов'язаним із впливом гідродинаміки на рідину та очисткою стічних вод від органічних домішок. Разом з тим, при анаеробному очищенні одержують такий важливий енергоносій як біогаз.. Тому в даному дослідженні увага зосереджена на впливі гідродинаміки в біореакторі з рухомим носієм біоплівки на процес одержання біогазу. Пропонується сконцентрувати увагу на підборі оптимального числа обертів різних типів перемішуючих пристроїв у біореакторі. Це дозволить з'ясувати характер поверхні теплообміну біореактора, яка необхідна для відведення тепла та яке виділяється в процесі одержання біогазу.

Мета і задачі дослідження. Метою є створення умов іммобілізації біоплівки на інертних носіях для одержання високопродуктивного анаеробного процесу виробництва біогазу. Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі задачі: визначити кількості утвореного біогазу та швидкість виділення субстрату; визначити кількість утвореного метану від впливу гідродинамічного процесу; – з'ясувати вплив числа обертів перемішуючого пристрою на процес утримання біоплівки на інертних носіях та її відриву.

Матеріали та методи досліджень. Предмет дослідження – вплив гідродинаміки на процес одержання біогазу.

Об'єкт дослідження – процес одержання біогазу в біореакторі з перемішуючим пристроєм та інертним носієм біоплівки. Використовувалась стандартна методика, яка заснована на процесі нагрівання стічної води в скляній колбі з подальшою конденсацією її в холодильнику та використанням хімічних реактивів. Кількість ХПК у стічній воді визначалась на приладі «Хімічного споживання кисню». Процес виділення біогазу в біореакторі з інертним носієм біомаси досліджувався на лабораторній установці, схема якої представлена на рис. 1. Установка складається з біореактора 1, який обладнаний якірною мішалкою та має сорочку зі спіральними каналами, в які подається теплоносій. Гарячий теплоносій подається в сорочку з термостата 2, а в якості холодного теплоносія використовується водопровідна вода. Для визначення об'єму біогазу, який виділяється, використовуються дві протаровані ємності 3 і 4, одна з яких заповнена водою.

Установка працює наступним чином. У біореактор 1 загружається активоване вугілля, на яке нанесено біомасу – шар активного мулу. Потім в біореактор заливається стічна вода і відбувається продувка азотом для створення анаеробних умов. Після продувки вмикається перемішуючий пристрій і в сорочку біореактора з термостата 2 подається гарячий теплоносій для нагрівання стічної води. Після досягнення в біореакторі температури 37 ºС термостат вимикається, і в сорочку подається холодний теплоносій. Біогаз, який виділяється в ході процесу, поступає в ємність 3 і витісняє воду в ємність 4. За об'ємом витісненої води визначається об'єм біогазу.

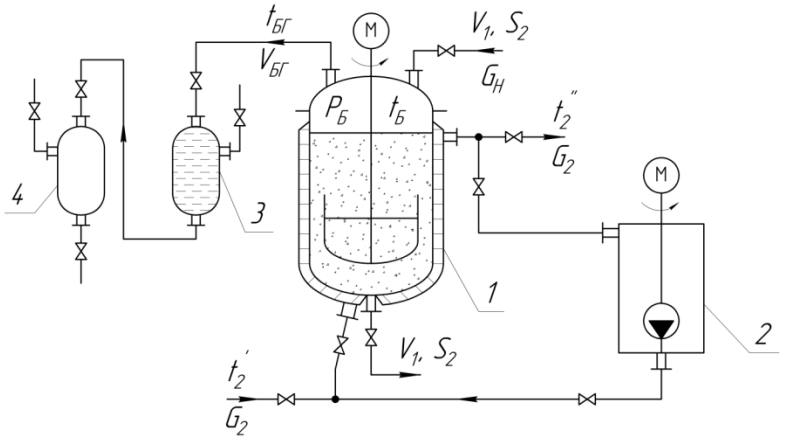


Рис. 1. Схема лабораторної установки для дослідження процесу виділення біогазу в біореакторі з інертним носієм: 1 – біореактор; 2 – термостат; 3, 4 – ємності

Схема біореактора показана на рис. 2. Біореактор обладнаний сорочкою з поперечними перегородками, які утворюють канали, та перемішуючим пристроєм. Стічна вода періодично загружається в біореактор з одночасним відводом продуктів розкладу. Біогаз, який утворюється, відводиться через штуцер в кришці біореактора. Біореактор охолоджується водою, яка подається в канали сорочки.

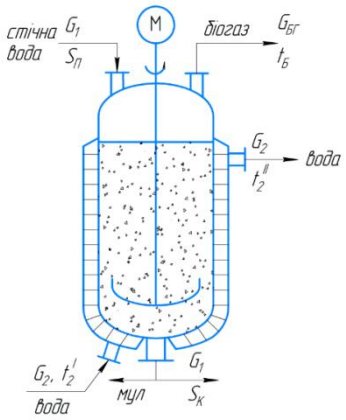


Рис. 2. Схема біореактора з перемішуючим пристроєм та інертним носієм біоплівки

Перед початком дослідів фіксувались значення величин, які не змінюються при проведенні анаеробного процесу, це:

– об'єм стічної води V_1=0,025м^3;

– початкова концентрація органічних домішок (субстрату) в стічній воді: $S_1 = 40 кгХСК / м^3$;

– маса інертного носія (активованого вугілля АГ-3) $G_Н$=10 кг;

– середній діаметр частинки інертного носія $d_Н$=3,6·10^{-3} м;

– концентрація активного мулу в біоплівці $X_М$=30кгХСК/м^3;

– товщина біоплівки $\delta_{БП}$=2·10^{-3} м;

– діаметр якірної мішалки $d_М$=0,45 м.

При проведенні дослідів вимірювались наступні величини:

– температура в біореакторі $t_Б$=37 °С;

– температура біогазу $t_{БГ}$=37 °С;

– тиск в біореакторі $P_Б$=0,1-0,105 МПа;

– об'єм зібраного біогазу: $V_{БГ}$=0,31–0,58 м^3/добу;

– температура холодного теплоносія на вході в сорочку біореактора $t_2' = 20℃$;

– температура холодного теплоносія на виході з сорочки біореактора $t_2'' = 25-30,℃$;

– кінцева концентрація органічних домішок (субстрату) в стічній воді:

$S_1 = 0,1-20 кгХСК / м^3$;

- число обертів якірної мішалки n=0,25–2, с$^{-1}$.

Результати досліджень та їх обговорення.

1. З'ясуємо кількість утвореного метану та питому швидкість виділеного субстрату

Теоретична кількість утвореного метану [8]:

$$V_{CH_4}^T = V_1(S_1 - S_2)\cdot 0,38, \quad (1)$$

де 0, 38 м^{3}СН$_4$/кгХКС – коефіцієнт перерахунку між ХКС та метаном при 25 °С.

Кількість метану, який виділяється в біореакторі, при проведенні експериментальних досліджень:

$$V_{CH_4} = X_{CH_4} V_{БГ}, \quad (2)$$

де X_{CH_4} – об'ємний вміст метану в біогазі.

Питома швидкість виділення субстрату (органічних домішок):

$$r_{X_1 M} = \frac{V_{CH_4}}{f_H x_M \delta_{БП} \cdot 0,38}, \quad (3)$$

де f_H – площа поверхні інертних носіїв, м^2

$$f_H = \frac{6G_H}{d_H \rho_H}, \quad (4)$$

де ρ_H=1450 кг/м^3 – густина активованого вугілля.

2. Дослідимо вплив гідравлічного руху течії (критерій Рейнольдса) на утворення метану. Значення критерія Рейнольдса [9]:

$$\mathrm{Re}_Ц = \frac{n d_M^2 \rho_C}{\mu_C}, \quad (5)$$

де ρ_C – густина суміші; μ_C – коефіцієнт динамічної в'язкості суміші в біореакторі:

$$\rho_C = \rho_H \varepsilon + \rho_1 (1 - \varepsilon), \quad (6)$$

$$\mu_C = \mu_1 (1 + 4,5\varepsilon), \quad (7)$$

де ρ_1, μ_1 – відповідно густина та коефіцієнт динамічної в'язкості стічної води; ε – об'ємна доля інертних носіїв в суміші:

$$\varepsilon = \frac{\frac{G_H}{\rho_H}}{\frac{G_H}{\rho_H} + V_1}. \quad (8)$$

Результати експерименту представлені в табл. 1 та на рис. 3, 4:

Результати досліджень

№ експерименту	n, с$^{-1}$	S_2,кгХСК/м^3	$V_{CH_4}^T \frac{м^3}{доба}$	$V_{CH_4} \frac{м^3}{доба}$	$r_{x_1 M} \frac{кг}{м^3 \cdot доба}$	$\mathrm{Re}_ц$

1	0,25	20	0,19	0,22	0,839	$40 \cdot 10^3$
2	0,5	18	0,209	0,24	0,915	$80 \cdot 10^3$
3	0,75	14	0,247	0,265	1,01	$120 \cdot 10^3$
4	1,0	9	0,295	0,334	1,274	$160 \cdot 10^3$
5	1,25	5	0,333	0,352	1,342	$200 \cdot 10^3$
6	1,5	2	0,361	0,393	1,499	$240 \cdot 10^3$
7	1,75	1	0,371	0,401	1,504	$280 \cdot 10^3$
8	2,0	0,1	0,379	0,409	1,56	$320 \cdot 10^3$

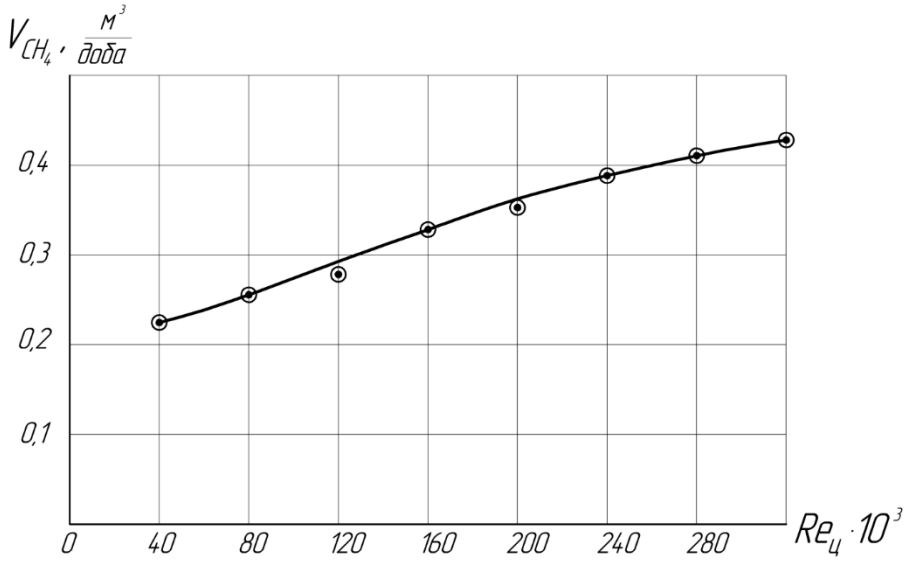


Рис. 3. Залежність кількості утвореного метану від критерія Рейнольдса

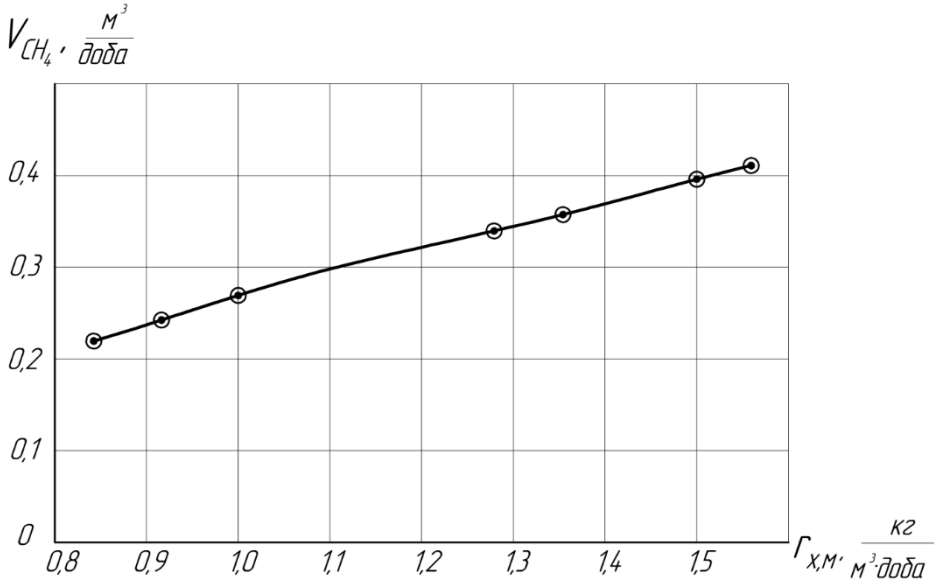


Рис. 4. Залежність кількості утвореного метану від швидкості виділення субстрату

При проведенні анаеробного процесу в біореакторі виділяється значна кількість тепла ($16{,}8\cdot10^3$ кДж/(кгсух.реч)). При мезофільному процесі температура в біореакторі повинна підтримуватись в межах 35–40 °С. Тому, відведення тепла в процесі одержання біогазу має дуже велике значення.

Для забезпечення достовірності отриманих експериментальних досліджень проведемо чисельні розрахунки біореактора з рухомим носієм біоплівки. Використаємо рівняння, які описують процес отримання біогазу, гідродинаміки та теплообмін в біореакторі. При проведенні анаеробного процесу в такому біореакторі, великий вплив на кількість одержаного біогазу має гідродинаміка, яка, в свою чергу, обумовлена типом перемішуючого пристрою та числом його обертів.

3. Вплив числа обертів перемішуючого пристрою на процес утримання біоплівки на інертних носіях та її відрив

Розглянемо найбільш суттєві аспекти для роботи перемішуючого пристрою у біореакторі з інертним носієм біомаси (рис. 3). Перемішуючий пристрій створює сприятливі умови для виділення тепла в усьому об’ємі біореактора.

Як відомо, об’єм біореактора складається з об’єму стічної води, яка знаходиться в біореакторі, об’єму інертних носіїв біомаси та вільного об’єму, який враховується коефіцієнтом заповнення біореактора [8]:

$$V = \frac{V_1 + V_H}{\varphi}, \tag{9}$$

де V_1 – об’єм стічної води в біореакторі, м^3/доба, φ – коефіцієнт заповнення біореактора, V_H – б’єм інертних носіїв,[м^3].

Враховуючи, що об’єм інертних носіїв [20]:

$$V_H = \frac{\pi d_H^3}{6} n_H = \frac{\pi d_H^3}{6}\frac{f_H}{\pi d_H^2} = \frac{f_H d_H}{6}, \tag{10}$$

де n_H – кількість інертних носіїв. Тоді:

$$n_н = \frac{f_{БП}}{\pi\left[d_н^2 + \left(d_н + 2\delta_{БП}\right)^2\right]}, \tag{11}$$

де $f_{БП}$ – площу поверхні біоплівки, м^2 d_H – діаметр інертного носія біоплівки (активоване вугілля АГ-3)=0,0036 м; $\delta_{БП}$ – товщина біоплівки на інертних носіях =0,002м.

Враховуючи, що:

$$f_{БП} = \frac{V_1\left(S_1 - S_2\right)}{r_x x_м \delta_{БП}}, \tag{12}$$

де V_1 – об'єм стічної води в біореакторі; S_1 – початкова концентрація органічних домішок (субстрату) в стічній воді; S_2 –кінцева концентрація органічних домішок в стічній воді; r_x –питома швидкість виділення субстрату; x_M – концентрація активного мулу в біоплівці; $\delta_{БП}$ – товщина біоплівки на інертних носіях. Об'єм біоплівки, яка знаходиться на інертних носіях визначимо наступним чином [8]:

$$V_{БП} = \frac{\pi}{6}\left[\left(d_H + 2\delta_{БП}\right)^3 - d_H^3\right]\cdot n_H. \quad (13)$$

Для інтенсифікації процесу теплообміну сорочку біореактора розділяють поперечними перегородками на спіральні канали.

Як відомо, маса біоплівки, яка знаходиться на інертних носіях:

$$G_{БП} = V_{БП}\rho_{БП}. \quad (14)$$

Тоді, маса інертних носіїв:

$$G_H = V_H\rho_H. \quad (15)$$

Знайдемо об'єм виділеного метану [10]:

$$V_{CH_4} = V_1\left(S_1 - S_2\right)\cdot 0.38, \quad (16)$$

де 0,38м^3CH_4/кгХСК – коефіцієнт перерахунку при 25 °С та об'єм виділеного біогазу:

$$V_{БГ} = \frac{V_{CH_4}}{X_{CH_4}}. \quad (17)$$

Тоді, маса виділеного біогазу [2]:

$$G_{БГ} = V_{БГ}\rho_{БГ}, \quad (18)$$

де $\rho_{БГ}$ – густина біогазу:

$$\rho_{БГ} = \left[X_{CH_4}\rho^0_{CH_4} + \left(1 - X_{CH_4}\right)\rho^0_{CO_2}\right]\frac{273}{273 + t_{БГ}}, \quad (19)$$

де $t_{БГ}$=25 ^{0}С – середня температура біогазу; $\rho^0_{CH_4} = 0,72\,кг/м^3$, $\rho^0_{CO_2} = 1,98\,кг/м^3$ – густина відповідно метану та двоокису вуглецю при 0 °С [9].

Процес утворення біогазу відбувається при постійному перемішуванні суспензії в біореакторі. Визначальним фактором є число обертів перемішуючого пристрою. Враховуючи рівняння об'ємної концентрації дисперсної фази в біореакторі, густину та коефіцієнт динамічної в'язкості суспензії, знайдемо критерій Архімеда [4]:

$$Ar = \frac{g\left(d_н + 2\delta_{БП}\right)^3}{\nu_1^2} \cdot \frac{\rho_Д - \rho_1}{\rho_1}, \quad (20)$$

де ν_1=0,705·10^{-6} м^2⁄с – коефіцієнт кінематичної в'язкості води при температурі $t_Б$=37 ℃ [3].

Для визначення умови утворення суспензії в біореакторі з рамною мішалкою скористаємось рівнянням (17) [10]:

$$\frac{n_O d_M \rho_C}{\mu_C} = 4{,}9\, Ar \left(\frac{d_н + 2\delta_{БП}}{d_M}\right)^{0{,}5} \cdot \left(\frac{D}{d_M}\right)^0. \quad (21)$$

Тоді, число обертів перемішуючого пристрою:

$$n_O = 4{,}9\, Ar \left(\frac{d_н + 2\delta_{БП}}{d_M}\right)^{0{,}5} \cdot \frac{\mu_C}{d_M \rho_C}, \quad (22)$$

де d_M – діаметр рамної мішалки.

Як правило, у біореакторах з інертним носієм біоплівки використовують рамні, якірні, пропелерні та турбінні мішалки. На рис. 5 аналізується найбільший приріст кількості метану, який досягається при значенні $Re_ц$=160·10^3.

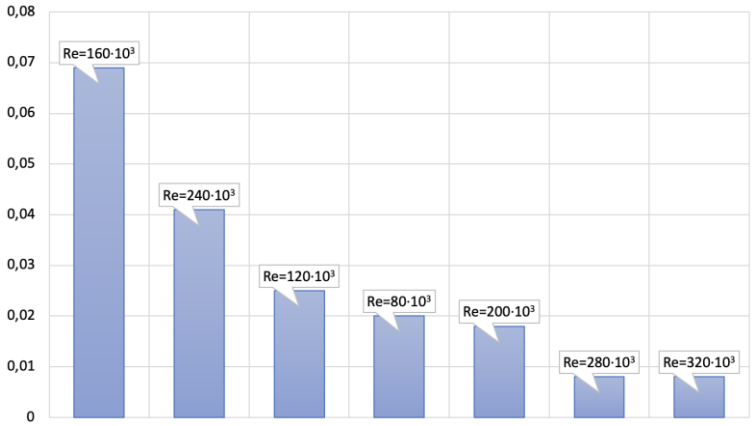


Рис. 5. На діаграмі відображено приріст кількості метану для різних значень критерію Рейнольдса від об'єму виділеного метану

У процесі досліджень були виміряні об'єми виділеного біогазу при різних числах обертів перемішуючого пристрою та розраховані значення критерія Рейнольдса, який характеризує вплив гідродинаміки на процес одержання біогазу, при відповідних обертах. Графічна залежність $V_{CH_4} = f\left(\mathrm{Re}_ц\right)$ (рис. 3), яка наглядно демонструє збільшення кількості виділеного біогазу при зростанні критерію Рейнольдса (5) до певної величини. При цьому, темп збільшення кількості метану, який виділяється в біореакторі (2) V_{CH_4} спадає. Це тому, що біоплівка утримується на інертних носіях до певного значення числа

обертів перемішуючого пристрою. При перевищенні цієї величини відбувається відрив біоплівки від носіїв, що призводить до зменшення кількості виділеного біогазу.

У ході проведених досліджень була визначена ще одна важлива величина – питома швидкість виділення субстрату (3) $r_{x,м}$, без якої неможливо розрахувати поверхню біоплівки, тобто провести розрахунки продуктивності біореактора. Побудований графік залежності кількості утвореного метану від швидкості виділення субстрату (рис. 4) вказує на зменшення темпу росту кількості метану. У результаті з'ясувалося, що найбільший приріст кількості метану,досягається при значенні $Re_ц=160\cdot10^3$ (16), (рис. 5). Це досягається підібраними за технічними характеристиками типами перемішуючих пристроїв. Серед багатьох типів перемішуючих пристроїв перевага надана рамним і якірним мішалкам. По-перше, ці мішалки працюють при низьких числах обертів, що сприяє утриманню біоплівки на поверхні інертних носіїв. По-друге, геометричні параметри мішалок цих типів значно зменшують контактування інертних носіїв біоплівки зі стінкою біореактора, та заважаючи відриву біоплівки.

Висновки і перспективи.

1. Проведені дослідження впливу гідродинаміки на процес одержання біогазу в анаеробних умовах. Так, в біореакторі з перемішуючим пристроєм створюється режим подібний до режиму псевдозрідження, але спостерігається такий стан, при якому не руйнується біоплівка і утримується на носіях.

2. Використання розрахункових залежностей біореактора з перемішуючим пристроєм та рухомим носієм біоплівки дозволило з'ясувати характер процесу. На рис. 4 показана графічна залежність кількості утвореного метану від швидкості виділення субстрату $V_{CH_4} = f\left(r_{x,м}\right)$. При чому темп росту кількості метану зменшується. Це пов'язано з тим, що концентрація ХСК в стічній воді зі збільшенням швидкості виділення субстрату зменшується.

3. Підбір оптимального числа обертів різних типів перемішуючих пристроїв від $0{,}25с^{-1}$ до $2с^{-1}$ дозволяє забезпечити поверхню теплообміну біореактора, яка необхідна для відведення тепла та виділяється в процесі одержання біогазу. Для кожного числа обертів перемішуючого пристрою визначалась кількість зібраного біогазу при умові не руйнування біоплівки. Виходячи із проведених в роботах [6, 7] досліджень на процес утворення біогазу в запропонованій конструкції, біореактор із перемішуючим пристроєм можна віднести до високопродуктивних процесів.

Список використаних джерел

1. Singh, V. Effect of corn quality on bioethanol production. Biocanal. Agric. Biotechnol, 2012. 1, 353-355. https://doi.org/10.1016/j.bcab.2012.06.001

2. Eriksen, N.T. The technology of microalgal culturing. Biotechnol, 2008. 30, 1525-1536. https://doi.org/10.1007/s10529-008-9740-3.

3. Мельник В., Ружинська Л., Воробйова О. Аналіз існуючих біореакторів з іммобілізованими мікроорганізмами. Комунальне господарство міст. 2019. 3(149), 51-57. https://doi.org/10.33042/2522-1809-2019-3-149-51-57.

4. Siti Nur Hatika Abu Bakar, Hassimi Abu Hasan, Abdul Wahab Mohammad, Siti Rozaimah Sheikh Abdullah, Teow Yeit Haan, Rahmat Ngteni, Khairul Muis Mohamed Yusof. Biogas Production from Organic Wastes Using Moving Bed Biofilm Reactor Technology: A Review. Journal of Cleaner Production Volume 171, 10 January 2018, Pages 1532-1545. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.100

5. Roent Dune A Cayetano, Gi-Beom Kim, Jungsu Park, Yung-Hun Yang, Byong-Hun Jeon, Min Jang, Sang-Hyoun Kim. Roent Dune A. et al. Cayetano Biofilm formation as a method of improved treatment during anaerobic digestion of organic matter for biogas recovery. Bioresour Technol. 2022 Jan;344(Pt B):126309. Epub 2021 Nov 16. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126309

6. Santhana Raj Deena, Gopalakrishnan Kumar, A.S. Vickram,Reeta Rani Singhania, Cheng–Di Dong, Karunakaran Rohini, K. Anbarasu, S. Thanigaivel, Vinoth Kumar Ponnusamy. Efficiency of various biofilm carriers and microbial interactions with substrate in moving bed-biofilm reactor for environmental wastewater treatment. Bioresource Technology Volume 359, September 2022. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127421

7. F. Morgan-Sagastume, S. Jacobsson, L.E. Olsson, M. Carlsson, M. Gyllenhammar, I. Sárvári Horváth. Anaerobic treatment of oil-contaminated wastewater with methane production using anaerobic moving bed biofilm reactors. Water Research.Volume 163, 15 October 2019, https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.07.018

8. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процес сов и аппаратов химической технологи. Учебное пособие для вузов/Под ред.. чл..-корр. АН СССР П.Г. Романкова, 10-е изд. перераб. и доп. Л.: Химия, 1987, 576 с.

9. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и гидкостей. М.: Наука, 1972, 720с.

10. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологи. 9-е изд., пер.и доп, М., Химия, 1973, 754с.

References

1. Singh, V. (2012). Effect of corn quality on bioethanol production. Biocanal. Agric. Biotechnol, 1, 353-355. https://doi.org/10.1016/j.bcab.2012.06.001

2. Eriksen, N.T. (2008). The technology of microalgal culturing. Biotechnol, 30, 1525-1536. https://doi.org/10.1007/s10529-008-9740-3.

3. Mel'nick V., Rhuzinska L., Vorobiova O. (2019). Analysis of existing bioreactors with immobilized microorganisms. Municipal Economy of Cities, 3(149), 51-57. https://doi.org/10.33042/2522-1809-2019-3-149-51-57.

4. Siti Nur Hatika Abu Bakar, Hassimi Abu Hasan, Abdul Wahab Mohammad, Siti Rozaimah Sheikh Abdullah, Teow Yeit Haan, Rahmat Ngteni, Khairul Muis Mohamed Yusof. Biogas Production from Organic Wastes Using Moving Bed Biofilm Reactor Technology: A Review. Journal of Cleaner Production Volume 171, 10 January 2018, Pages 1532-1545. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.100

5. Roent Dune A Cayetano, Gi-Beom Kim, Jungsu Park, Yung-Hun Yang, Byong-Hun Jeon, Min Jang, Sang-Hyoun Kim. Roent Dune A. et al. Cayetano (2022). Biofilm formation as a method of improved treatment during anaerobic digestion of organic matter for biogas recovery. Bioresour Technol. 2022 Jan;344(Pt B):126309. Epub 2021 Nov 16. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126309
.

6. Santhana Raj Deena, Gopalakrishnan Kumar, A.S. Vickram,Reeta Rani Singhania, Cheng–Di Dong, Karunakaran Rohini, K. Anbarasu, S. Thanigaivel, Vinoth Kumar Ponnusamy. (2022). Efficiency of various

biofilm carriers and microbial interactions with substrate in moving bed-biofilm reactor for environmental wastewater treatment. Bioresource Technology Volume 359, September 2022. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127421

7. Morgan-Sagastume F., Jacobsson S., Olsson L.E., Carlsson M., Gyllenhammar M., Sárvári I. Horváth (2019). Anaerobic treatment of oil-contaminated wastewater with methane production using anaerobic moving bed biofilm reactors. Water Research.Volume 163, 15 October 2019. https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.07.018

8. Pavlov K.F., Romannoe P.G., Noskov A.A. (1987). Examples and tasks for the course of Processes and devices of chemical technology. Leningrad: Chemistry, 576. ISBN 9785918720318

9. Vargaftik N.B. (1972). Handbook on thermophysical properties of gases and liquids. M.: Nauka. 720.

10. Kasatkin A.G. (1973). Basic processes and apparatuses of chemical technology. 9th ed., trans. and additional. M. Chemistry. 754.

EFFICIENCY OF USING AN ANAEROBIC BIOREACTOR FOR WASTEWATER TREATMENT

V. Mel'nyk, M. Shafarenko, L. Rhuzinska, Z. Ostapenko, V. Kosova, A. Gorbunov

Abstract. *The object of study is the process of biogas production in a bioreactor with a stirring device and an inert biofilm carrier. The problematic issue is the retention of biofilm on inert media at a certain number of revolutions of the stirrer. A scheme of a laboratory setup for studying the process of biogas production in a bioreactor with an inert carrier is presented. An important value was determined - the specific rate of substrate release* $r_{X,M}$*, without which it is impossible to calculate the biofilm surface and determine the amount of methane released. The influence of hydraulic flow (Reynolds criterion) on methane formation was determined. The number of revolutions of the stirring device was selected to keep the biofilm on inert media and prevent its detachment. The process of mass transfer of the substrate from wastewater to the surface of the biofilm; conversion of the substrate by active acidogenic biomass into acetic acid; conversion of acetic acid by methanogenic biomass into biogas is considered. The advantage of the proposed study of the influence of hydrodynamics on the process of biogas production in anaerobic conditions from the process of fluidization, in that, due to the intensive circulation of the liquid, it is possible to detach the biofilm from the surface of the inert media, is emphasized. It is proposed to create an optimal bioreactor apparatus that would fully ensure such a technological process. In the optimal mode of operation of the bioreactor, the number of revolutions of the stirring device is n = 2 rpm. The final concentration of the substrate in the wastewater reaches the value* S_2 *= 0.1 kg COD/* m^3*. The amount of methane produced is* V_{CH4} *= 0.409* m^3*/day. It can be used in practice in the wastewater treatment of the following industries: dairies, meat processing plants, in the production of juices and wines in food production. These enterprises have a high content of organic matter in their wastewater. This leads to an increased amount of biogas produced.*

Keywords: *bioreactor design, biogas production, anaerobic conditions, moving biofilm carrier*

Войтовик М. В., Цюк О. А.

УДК 631.445.4:631.559:631.8:633.85

КОРЕЛЯЦІЙНІ ЗВ'ЯЗКИ УРОЖАЙНОСТІ СОНЯШНИКУ З ПОКАЗНИКАМИ РОДЮЧОСТІ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ

М. В. ВОЙТОВИК, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
https://orcid.org/0000-0002-6943-3213
Білоцерківський національний аграрний університет
О. А. ЦЮК, доктор сільськогосподарських наук, професор,
https://orcid.org/0000-0001-8789-522x
Національний університет біоресурсів і природокористування України
E-mail: zemlerobstvo_@ukr.net
https://doi.org/10.31548/dopovidi4(104).2023.002

Анотація. *Однією з найважливіших властивостей ґрунту є його родючість, яка формується в процесі ґрунтоутворення й характеризується сукупністю всіх його показників. Відновлення родючості ґрунту та її збереження має бути першочерговим завданням сучасного землеробства, оскільки воно є одним із важливих резервів збільшення виробництва сільськогосподарської продукції. Метою досліджень було встановити залежності продуктивності соняшнику від фізико-хімічних та агрохімічних показників чорнозему типового залежно від систем удобрення. У процесі досліджень були використані наступні методи: польовий – визначення взаємодії об'єктів досліджень з природними та агротехнічними факторами; лабораторний – визначення вмісту гумусу, фізико-хімічних та агрохімічних показників; статистично-математичний – проведення дисперсійного, кореляційного та регресійного аналізу.*

Застосування органо-мінеральної системи удобрення в сівозміні сприяє покращенню їх фізико-хімічні і агрохімічні показники чорнозему типового. Найвища урожайність соняшнику формується за мінеральної – 2,9 т/га та органо-мінеральної системи удобрення, що значно перевищує варіант без добрив.

Тривалий антропогенний вплив на чорноземах типових веде до тенденції тісного зв'язку урожайності соняшнику з усіма показниками мінерального живлення, окрім азоту мінерального, де рівень зв'язку був середнім (r = 0,41±0,24). Коефіцієнти кореляції свідчать, що pH, сума увібраних основ впливають на збільшення вмісту гумусу, середній вплив на збільшення вмісту гумусу (r = 0,41), фосфору (r = 0,62) та калію (r = 0,65) у шарі ґрунту 0-25 см.

Матеріали дослідження мають практичне значення для аграріїв аналізу фракційно-групового складу гумусу, азоту, що легко гідролізується в чорнозему типового.

Ключові слова. *гумус, азот мінеральний, рухомий фосфор, обмінний калій, урожайність*

Актуальність. Як відомо, наразі ґрунти зазнають величезного антропогенного впливу. Це стосується інтенсифікації обробітку ґрунту, внесення мінеральних добрив задля збільшення продуктивності сільськогосподарських культур. Проте, ці заходи спрямовані на збільшення урожайності, тому збереження родючості ґрунту або її покращення віднесено на другий план. На сьогодні постає питання внесення оптимальних рівнів мінерального удобрення задля збереження і підтримання родючості ґрунту та одержання високих врожаїв [6].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Джерелом елементів мінерального живлення для формування врожаю є гумус, від запасів якого залежать водні і фізичні властивості, структура ґрунту, його поглинальна здатність [3,4]. Перерозподіл вмісту поживних речовин у ґрунті по профілю, дають змогу з'ясувати реально вільний доступ до фонду поживних елементів ґрунту для рослин, а і їх біогенну акумуляцію, шляхи міграції в ландшафті та участь у біологічному кругообігу речовин, що особливо актуально для підвищення ефективності агропромислового виробництва, яке має реалізовуватись з урахуванням зміни родючості ґрунтів [1, 2, 14]. Тому між умістом гумусу і величиною запасів основних елементів живлення в ґрунті існує певна залежність, або кореляційний зв'язок [19, 21, 24, 26].

За даними «Статистичного щорічника України – 2003» [17], зазвичай самої лише наявності кореляції недостатньо для того, щоб зробити висновок про причинно-наслідковий зв'язок, що часто формулюють фразою «кореляція не означає причинності». У багатьох випадках, коли достовірно відомо, що залежність існує, кореляційний аналіз може не дати результатів унаслідок того, що залежність нелінійна. Факт кореляційної залежності не дає змоги стверджувати, яка зі змінних попереджує чи є причиною змін або що змінні причинно пов'язані між собою [24, 18, 20, 23].

Питання взаємозв'язку фізико-хімічних властивостей, гумусного стану чорнозему з активністю ґрунтово-біологічних процесів за різних систем удобрення при переході від інтенсивного до органічного землеробства є важливим, але недостатньо вивченим [5]. Тому встановлення взаємозв'язку вмісту агрохімічних показників у ґрунті з продуктивністю соняшнику за різних систем удобрення, в якій відображається стан системи «ґрунту – елементи живлення – рослини», набуває дедалі більшої актуальності.

Мета досліджень – встановити залежності продуктивності соняшнику від фізико-хімічних та агрохімічних показників чорнозему

типового залежно від систем удобрення.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження здійснювали упродовж 2012–2021 рр. у багаторічному стаціонарному досліді кафедри землеробства, агрохімії та ґрунтознавства Білоцерківського національного аграрного університету.

Грунт стаціонарного досліду – чорнозем типовий глибокий малогумусний, має наступну агрохімічну, фізико-хімічну характеристику 0-30 см шару: азот гідролізований – 110 мг/кг ґрунту; рухомий фосфор та обмінний калій – 120–110 мг/кг грунту відповідно; вміст гумусу за Тюріним – 3,7–3,9 %; pH сольове – 6,0–6,4; Нг за Каппеном – 1,09–1,26 мг-екв/100 г ґрунту; сума увібраних основ за Каппеном-Гільковіцем – 23,8–27,2 мг-екв/100 г ґрунту. Щільність ґрунту оброблюваного шару коливається у межах 1,16–1,25 г/см^3, а загальна щілинність становить 52–55 %.

Дослідження проводили в агроценозі соняшнику, який вирощували після пшениці озимої в плодозмінній короткоротаційній сівозміні з наступним чергуванням культур: люцерна – пшениця озима – буряки цукрові, соняшник – гречка – ячмінь + люцерна.

Зміст градацій систем удобрення. Нульовий рівень – без застосування добрив. Органічна – внесення на 1 га 8 т 3,0 т нетоварної частини врожаю, маси пожнивних сидератів на гектар сівозмінної площі. Норма органічних добрив визначена за необхідністю позитивного балансу гумусу. Органо-мінеральна – для відтворення родючості ґрунту пріоритетне використання органічних добрив, внесення 8 т гною на 1 га сівозмінної площі і 3.5 т маси післяжнивних сидератів, нетоварної частини врожаю, внесення 110 кг ($N_{27}P_{38}K_{45}$) мінеральних добрив. Мінеральна – для відтворення родючості ґрунту внесення на 1 га сівозмінної площі 8 т гною і 222 кг ($N_{68}P_{72}K_{82}$) мінеральних добрив. З добрив вносили напівперепрілий гній великої рогатої худоби на солом'яній підстилці, аміачну селітру, простий гранульований суперфосфат, калійну сіль.

Повторність у досліді триразова. Повторення розміщено на площі (території) суцільно, систематично, варіанти удобрення розміщено послідовно в чотири яруси. Площа елементарних ділянок: посівна 171 м^2, облікова – 112 м^2.

На всіх варіантах рештки соломи пшениці після збору урожаю подрібнювали і заробляли її у ґрунт дисковою бороною. Після збору пшениці проводили підготовку ґрунту до сівби гірчиці білої на сидеральну масу. В кінці вересня на початку жовтня післяжнивні посіви гірчиці по всіх варіантах заробляли у ґрунт. Вносили гній в нормі 40 т/га.

Зразки ґрунту відбирали та готували до аналізів згідно з ДСТУ 4287:2007.

Агрохімічні та фізико-хімічні показники ґрунту визначали за такими методиками: гумус – за методом І. В. Тюріна (ДСТУ 4289–2004) [8]; pH сольової витяжки – потенціометричним методом (ДСТУ ISO 10390-2001), сума увібраних основ (ДСТУ ISO 11260-2001); амонійний і нітратний азот за методикою ЦИНАО; рухомий фосфор (P_2O_5) та обмінний калій (K_2O) – за Мачигіним. (ДСТУ 4114–2002) [7]; кальцій і магній (ДСТУ 7861:2015) [11]; математичне оброблення результатів досліджень врожайних даних здійснювали дисперсійним та кореляційно-регресійним методом з використанням програм «Microsoft Excel» і «Statistica 6.0».

Результати досліджень та їх обговорення. Серед найбільш актуальних завдань сучасного землеробства є необхідність обґрунтування способів відновлення місту гумусу в ґрунтах. Цього можна досягти внесення відповідної кількості органічних речовин та підвищення інтенсивності її гуміфікації [22, 25].

За органо-мінеральної і органічної системи удобрення вміст гумусу підвищився на 0,23 і 0,16 % в орному шарі ґрунту порівняно з контролем (табл. 1). За мінеральної системи удобрення, вміст гумусу в орному шарі зменшився на 5,2 % у порівняні з органо-мінеральною системою. Органічна система істотно підвищувала вміст гумусу порівняно з контролем.

Застосування мінеральної системи удобрення сприяло підвищенню кислотності чорноземного ґрунту у порівнянні з іншими системами. Пояснюється тим, що застосування мінеральних добрив разом із гноєм, вміст підвищували Ca, Mg та Na у ґрунті і вплив азотних і калійних добрив знижували за рахунок активності цих катіонів. Підвищилась ємність поглинання під впливом добрив.

За сумою увібраних основ істотної різниці системи удобрення не призводили. За мінеральної системи удобрення сума вбирних основ мала тенденцію до підвищення її вмісту.

Вміст Ca в шарі 25-50 см на ділянках без застосування добрив найбільш зменшився і становив 13,1 мг/екв на 100 г ґрунту. Кількість обмінного Ca за органо-мінеральної системи удобрення в 0-25 і 25-50 см шарі ґрунту перевищувала контроль на 4,2 і 4,1 мг/екв на 100 г ґрунту відповідно.

За останні десятиліття використання чорнозему опідзоленого без застосування меліорантів і добрив ступінь насичення ґрунту основами знизився до 85,7 %, знизився pH, зросла гідролітична кислотність [12]. Загальні втрати кальцію та магнію залежать від доз добрив і

гранулометричного складу грунтів [13].

Дослідження проведені Польовим В. М. [16], встановив, що без застосування добрив призводить до зменшення вмісту магнію і кальцію.

Вміст магнію у ґрунті за органо-мінеральної системи удобрення в орному і підорному шарі підвищився порівняно з мінеральною системою на 0,03 і 0,34 мг/екв на 100 г ґрунту пов'язано це із наявністю кальцію у добривах і підняттям карбонатів у верхні шари за рахунок режиму зволоження [5].

За органічної і органо-мінеральної системи кількість мінерального азоту була найбільшою, найнижчі запаси зафіксовано на ділянки без застосування добрив. Норма мінеральних добрив була вищою у органо-мінеральної і мінеральної системи удобрення, то мінералізаційні процеси гною прискорювалися, завдяки чому зростав вміст мінерального азоту порівняно з органічною системою.

Вміст рухомого фосфору за органічної системи удобрення зменшився на 7,4 мг/кг грунту порівняно з органо-мінеральною системою. У варіантах мінеральної та органо-мінеральної систем удобрення спостерігається тенденція до підвищення вмісту рухомих фосфатів.

1. Агрохімічні, фізико-хімічні показники та урожайність соняшнику чорнозему типового залежно від системи удобрення, (2022-2021 рр.)

№	Система удобрення	pH	Сума увібраних основ мг-ек в 100 г ґрунту	Гумус, %	Ca	Mg	NH_4+NO_3	P_2O_5	K_2O	Урожайність соняшнику, т/га
					мг/екв на 100 г ґрунту		мг/кг, ґрунту			
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	БД	7,2	48,2	3,58	14,6	1,85	13,8	16,9	109	1,8
		7,3	48,0	3,08	13,1	1,62	12,2	12,1	89,0	
3	О		-	3,99	-	-	20,3	21,7	117	2,1
			-	3,40	-	-	15,0	14,0	78	
4	ОМ	7,3	49,0	4,06	18,8	2,67	19,2	28,9	129	2,7
		7,4	48,2	3,57	17,2	2,35	14,1	20,4	90	
5	М	7,4	49,9	3,85	18,4	2,64	19,0	32,6	150	2,9
		7,4	48,1	3,35	16,5	2,01	13,3	24,8	147	
	$НІР_{05}$	0,17	$F_ф<F_{05}$	0,22	0,18	0,51	1,7	5,4	13,0	
		0,28	$F_ф<F_{05}$	0,25	0,16	0,74	1,03	2,5	5,6	

Примітка: БД – без добрив (контроль); О – органічна; ОМ – органо-мінеральна; М – мінеральна. Чисельник - шар 0-25 см грунту; знаменик – шар 25-50 см ґрунту.

Як стверджував Б. С. Носко [15], якщо вбиранння фосфору із внесених фосфатів добрив на всіх фонах вирівнюється на 130-150-й день, то різниця в їхній ріхомості зберігається до кінця періоду. При досягненні певного рівня насиченості фосфором грунт набуває здатності швидко відновлювати рівновагу розчинних фосфатів у ґрунтовому розчині, тобто характеризується більшими можливостями до забезпечення потреб рослин у фосфатному живленні.

Вміст обмінного калію залежить як від внесення добрив, так і від його вмісту в ґрунтово-поглинальному комплексі. У зоні достатнього зволоження Лісостепу України його вміст залежить як від мінеральних, так і від органо-мінеральних добрив, та має незначне збільшення і знаходиться на рівні середнього забезпечення.

Застосування органо-мінеральної системи удобрення вміст обмінного калію в орному і підорному шарі ґрунту значно знизився порівняно із мінеральною системою. Це пов'язано з особливістю мінералізації органічної речовини, зменшення фіксації калію ґрунту, а також вивільненням необмінного калію в рухомі обмінні сполуки.

Закономірності зміни агрохімічних властивостей ґрунтів найбільш об’єктивно відображають характер ведення сільськогосподарського виробництва.

Зв’язок урожайності соняшнику з умістом у ґрунті основних елементів мінерального живлення має сильні та середні значення коефіцієнтів кореляції, що свідчить про прямолінійну залежність між досліджуваними ознаками.

Проведений кореляційний аналіз дав змогу виявити певні тенденції залежності між фізико-хімічними та агрохімічними показниками ґрунту (табл. 2). Коефіцієнти кореляції свідчать, що реакція ґрунтового розчину істотно впливає на збільшення вмісту фосфору (r = 0,68), збільшенню калію (r = 0,75), неістотно вмісту гумусу (r = 0,12), у шарі ґрунту 0-25 см. При цьому в шарі 25-50 см вплив pH слабшає, вмісту фосфору (r = 0,66), обмінного калію (r = 0,69), вміст гумусу знижується (r= – 0,02).

Схожий вплив на вміст фосфору, обмінного калію і гумусу в грунті має сума увібраних основ, тіснота зв’язку була середньою. Так, вміст фосфору (r = 0,62), калію (r = 0,65), гумусу (r = 0,49) в шарі 0-25 см. У нижньому шарі 25-50 см зв’язок слабшає : фосфор (r = 0,19), калію (r = 0,29), гумусу (r = 0,049).

Спостерігається, в обох шарах ґрунту не істотний кореляційний зв'язок гумусу з азотом (r = 0,62–0,47), фосфором (r = 0,48–0,34) та калієм азотом (r = 0,06–(0,31).

Зв’язок агрохімічних показників, також як гумус, азот, фосфор та калій, із pH та сума увібраних основ

тісніший у шарі 0-25 см порівняно з шаром 25-50 см.

2. Кореляційна матриця зв'язку між фізико-хімічними та агрохімічними показниками чорнозему типового залежно від системи удобрення, (2022-2021 рр.)

Показник	pH	Сума увібраних основ мг-ек в 100 г ґрунту	Гумус, %	Ca	Mg	NH_4+NO_3	P_2O_5	K_2O
Шар ґрунту 0-25 см								
pH	1,000							
Сума увібраних основ мг-ек в 100 г грунту	0,69	1,000						
Гумус, %	0,12	0,49	1,000					
Ca	0,43	0,69	0,44	1,000				
Mg	0,55	0,44	0,32	0,81	1,00			
NH_4+NO_3	0,06	0,06	0,62	0,52	0,51	1,000		
P_2O_5	0,68	0,62	0,48	0,83	0,89	0,46	1,000	
K_2O	0,75	0,65	0,06	0,68	0,50	-0,15	0,71	1,00
Шар грунту 25-50 см								
pH	1,000							
Сума увібраних основ мг-ек в 100 г грунту	0,28	1,000						
Гумус, %	-0,02	0,049	1,000					
Ca	0,39	0,47	0,34	1,000				
Mg	0,42	0,27	0,61	0,65	1,000			
NH_4+NO_3	-0,21	-0,10	0,47	0,12	0,45	1,000		
P_2O_5	0,66	0,19	0,34	0,66	0,81	0,29	1,000	
K_2O	0,69	0,29	-0,31	0,33	0,28	-0,49	0,55	1,000

Висновки і перспективи. Систематичне сумісне застосування на чорноземах типових органо-мінеральної системи удобрення з внесенням 8 т/га гною сівозмінної площі і 3,5 т маси післяжнивних сидератів, нетоварної частини врожаю ($N_{27}P_{38}K_{45}$) мінеральних добрив найбільшою мірою покращує їх фізико-хімічні та агрохімічні властивості.

За мінеральної та органо-мінеральної системи удобрення формується найвища урожайність

соняшнику – 2,9 і 2,7 т/га, що значно перевищує контроль.

Тривалий антропогенний вплив на чорноземах типових веде до тенденції тісного зв'язку урожайності соняшнику з усіма показниками мінерального живлення, окрім азоту мінерального, де рівень зв'язку був середнім (r = 0,41 ± 0,24). Коефіцієнти кореляції свідчать, що pH, сума увібраних основ впливають на збільшення вмісту гумусу, середній вплив на збільшення вмісту гумусу (r = 0,41), фосфору (r = 0,62) та калію (r = 0,65) у шарі ґрунту 0-25 см. Перспективним напрямком для подальших досліджень є вивчення якісних змін гумусу, гідролітичної кислотності, азоту, що легко гідролізується в агроценозі соняшнику за плодозмінної сівозміни.

Список використаних джерел

1. Бородін А. Л. Агрофізичні властивості посівного шару ґрунту перед сівбою ярих культур. *Агрохімія і ґрунтознавство.* 2016. Вип. 85. С. 96–99.

2. Вергунова І. М. Основи математичного моделювання для аналізу та прогнозу агрономічних процесів. Київ : Нора-прінт, 2000. 146 с.

3. Гізбуллін Н. Г. Удосконалення методики проведення польових досліджень. *Наук. праці Ін-ту біоенергетичних культур і цукрових буряків.* 2007. Вип. 9. С. 79–87.

4. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В. Трансформація кислотно-основних властивостей ґрунту за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні. *Вісник Уман. нац. ун-ту садівництва.* 2014. № 1. С. 8–12.

5. Демиденко О. В. Кореляційні зв'язки фізіологічних груп мікроорганізмів з показниками родючості чорнозему опідзоленого за різних систем удобрення. *Вісник аграрної науки.* 2021. №4. С. 20–27. DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202104-03

6. Доробан А. С. Кореляційний аналіз впливу рівнів мінерального удобрення на вміст лужно-гідролізованого азоту в грунті та урожайність культур ланки польової сівозміни за поверхневого основного обробітку грунту. *Альманах науки.* 2018. № ½ (10). С. 40–44.

7. ДСТУ 4114-2002 Ґрунти. Визначання рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Мачигіна (Зі скасуванням ГОСТ 26205-91)

8. ДСТУ 4289:2004 Якість ґрунту. Методи визначання органічної речовини. [Чинний від 2003-01-07]. Київ : *Держспоживстандарт України,* 2005. 9 с.

9. ДСТУ ISO 10390:2001 Якість ґрунту. Визначання pH (ISO 10390:1994, IDT). [Чинний від 2003-01-07]. Київ : *Держспоживстандарт України,* 2003. 11 с.

10. ДСТУ ISO 11260-2001 Якість ґрунту. Визначання ємності катіонного обміну та насиченості основами з використанням розчину хлориду барію (ISO 11260:1994, IDT). [Чинний від 2003-01-07]. Київ : *Держспоживстандарт України,* 2003. 11 с.

11. ДСТУ 7537:2014 Якість ґрунту. Визначення гідролітичної кислотності. [Чинний від 2015-01-07]. Київ : *Держспоживстандарт України,* 2015. 11 с.

12. ДСТУ 7861:2015 Якість ґрунту. Визначення обмінних кальцію, магнію, натрію і калію в ґрунті за Шолленбергером у модифікації ННЦ ІГА імені О.Н. Соколовського. [Чинний від 2016-01-07]. Київ : *Держспоживстандарт України,* 2016. 11 с.

13. Євтушенко Т. В., Тонха О. Л. Уміст і запаси гумусу залежно від удобрення і обробітку чорнозему типового. *Рослинництво та грунтознавство.* 2017. №269. С. 168–176.

13. Мазур Г. А. Відтворення і регулювання родючості легких грунтів : монографія. Київ: *Аграрна наука,* 2008. 308 с.

14. Малієнко А. М., Борис Н. Є., Буслаєва Н. Г. Питання методики польових

дослідів у землеробстві та рослинництві. *Землеробство.* 2018. Вип. 1. С. 38–44.

15. Носко Б. С. Фосфор у грунтах і землеробстві України. Х.: ФОП Бровін О.В., 2017. 476 с.

16. Польовий В. М. Оптимізація систем удобрення у сучасному землеробстві. Рівне: Волинські обереги, 2007. 319 с.

17. Статистичний щорічник України – 2003. Київ : Консультант, 2004. 632 с.

18. Чичуліна К. В. Кореляційний зв'язок в економіко-математичних моделях. Наукові праці Полтав. держ. аграрної акад. 2012. Вип. 1(4). Т. 3. С. 250–255.

19. Effect of slope position on physicochemical properties of eroded soil / F. Khan, Z. Hayat, W. Ahmad et al. Soil Environ. 2013. Vol. 32. P. 22–28.

20. Effects of slope position, aspect and cropping system on soil nutrient variability in hilly areas / Y. Gou, H. Chen, W. Wu, H. B. Liu Soil Res. 2015. Vol. 53. P. 338– 348. DOI:10.1071/SR14113

21. El Shafee O., Abdoun T., Zeghal M. Centrifuge modeling and analysis of soil structure interaction under biaxial dynamic excitations. Geotechnical Special Publication. 2017. Vol. 281. P. 37–47. DOI:10.1088/1748-9326/10/2/024019.

22. Hogxiang Zhao, jihao Qin, Tianping Gao, Nengkun Zhang, Hongchang Sun, Shuwei Zhu, Cailong Xu, Tangynan Ning. Immediate and long-term effects of tillage practices with crop residue on soil water and organic carbon storage changes under a wheat-maize cropping system. Soil and Tillage Research. 2022. Vol. 218. 105309. https://dri.org/10.1016/j.still.2021.105309

23. Ma Q., Zhao G. X. Effects of different land use types on soil nutrients in intensive agricultural region. J. Nat. Res. 2010. Vol. 25. P. 1834–1844.

24. Shake table test of soil-pile groupsbridge structure interaction in liquefiable ground / Tang L. et al. Earthquake Engineering and Engineering Vibration. 2010. Vol. 9. № 1. P. 39–50. DOI:10.1016/e2012.01.010.

25. Tsyuk O.A., Tanchuk S.P., Tsentulo L.V., Kirilyuk V.I., Pavlov O.S., Sleptsov Y. (2018). Change of carbon's contain of the main humuse's groups of the black typical soil with the agriculture's ecologizationю. Ukrainian Journal of Ecology, Vol. 8, № 4. P. 154-157.

26. Variation in soil physical and chemical properties as affected by three slope positions and their management implications in Ganye, North-Eastern Nigeria / S. A. Gisilanbe, H. J. Philip, R. I. Solomon, E. E. Okorie Asian. J. Soil Sci. Plant Nutr. 2017. Vol. 2. P. 1–13. DOI:10.9734/AJSSPN/2017/39047.

Reference

1. Borodin A. L. (2016). Agrophysical properties of the seed layer of the soil before sowing spring crops. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo,* 85, 96–99. (in Ukrainian)

2. Verhunova I.M. (2000). Fundamentals of mathematical modeling for analysis and forecasting of agronomic processes. Kyiv : Nora-print, 146. (in Ukrainian)

3. Hizbullin N.H. (2007). Improvement of field research methods. *Nauk. pratsi In-tu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv,* 9, 79–87. (in Ukrainian)

4. Hospodarenko H.M., & Prokopchuk I.V. (2014). Transformation of acid-base properties of the soil during long-term use of fertilizers in field crop rotation. *Visnyk Uman. nats. un-tu sadivnytstva*, 1, 8–12. (in Ukrainian)

5. Demydenko O.V. (2021). Correlations of physiological groups of microorganisms with indicators of fertility of podzolized chernozem under different fertilization systems. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 4. 20–27. DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202104-03 (in Ukrainian)

6. Doroban A.S. (2018). Correlational analysis of the effect of mineral fertilizer levels on the content of alkaline-hydrolyzed nitrogen in the soil and the yield of crops in the field crop rotation under surface main tillage. *Almanakh nauky*, ½ (10). 40–44. (in Ukrainian)

7. DSTU 4114-2002 Soils. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium according to the modified Machigin method (Zi skasuvanniam HOST 26205-91). Kyiv : *Derzhspozhyvstandart Ukrainy*, 2002. 9 s. (in Ukrainian)

8. DSTU 4289:2004 Soil quality. Methods of determining organic matter. [Chynnyi vid 2003-01-07]. Kyiv :

Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2005. 9 s. (in Ukrainian)

9. DSTU ISO 10390:2001 Soil quality. Determination of pH (ISO 10390:1994, IDT. [Effective from 2003-01-07]. Kyiv : *Derzhspozhyvstandart Ukrainy*, 2003. 11 s. (in Ukrainian)

10. DSTU ISO 11260-2001 Soil quality. Determination of cation exchange capacity and base saturation using barium chloride solution (ISO 11260:1994, IDT). Kyiv : *Derzhspozhyvstandart Ukrainy*, 2003. 11 s. (in Ukrainian)

11. DSTU 7537:2014 Soil quality. Determination of hydrolytic acidity. Kyiv : *Derzhspozhyvstandart Ukrainy,* 2015. 11 s. (in Ukrainian)

12. DSTU 7861:2015 Soil quality. Determination of exchangeable calcium, magnesium, sodium and potassium in the soil according to Shollenberger in the modification of the NSC IGA named after O.N. Sokolovsky. Kyiv : *Derzhspozhyvstandart Ukrainy,* 2016. 11 s. (in Ukrainian)

13. Yevtushenko T.V., & Tonkha O.L. (2017). The content and reserves of humus depending on the fertilization and processing of typical black soil. *Roslynnytstvo ta hruntoznavstvo,* 269. 168–176. (in Ukrainian)

13. Mazur H.A. (2008). Reproduction and regulation of the fertility of light soils: monohrafiia. Kyiv*: Ahrarna nauka,* 308. (in Ukrainian)

14. Maliienko A.M., Borys N.Ye., & Buslaieva N.H. (2018). The issue of methods of field experiments in agriculture and crop production. *Zemlerobstvo,* 1. 38–44. (in Ukrainian)

15. Nosko B.S. (2017). Phosphorus in soils and agriculture of Ukraine. Kh.: FOP Brovin O.V., 476. (in Ukrainian)

16. Polovyi V.M. (2007). Optimization of fertilization systems in modern agriculture. Rivne : *Volynski oberehy*, 319. (in Ukrainian)

17. Statistical yearbook of Ukraine. 2003. Kyiv : *Konsultant,* 2004. 632. (in Ukrainian)

18. Chychulina K.V. (2012). Correlation in economic and mathematical models. *Naukovi pratsi Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii,* 1(4). T. 3. 250–255. (in Ukrainian)

19. Khan F., Hayat Z., Ahmad W. et al. (2013). Effect of slope position on physicochemical properties of eroded soil *Soil Environ.* Vol. 32. 22–28.

20. Gou Y., Chen H., Wu W., Liu H. B. (2015). Effects of slope position, aspect and cropping system on soil nutrient variability in hilly areas. Soil Res. Vol. 53. 338– 348. https://dri.org/10.1071/SR14113

21. El Shafee O., Abdoun T., Zeghal M. (2017). Centrifuge modeling and analysis of soil structure interaction under biaxial dynamic excitations. *Geotechnical Special Publication,* Vol. 281. 37–47. https://dri.org/10.1088/1748-9326/10/2/024019

22. Hogxiang Zhao, jihao Qin, Tianping Gao, Nengkun Zhang, Hongchang Sun, Shuwei Zhu, Cailong Xu, Tangynan Ning. (2022). Immediate and long-term effects of tillage practices with crop residue on soil water and organic carbon storage changes under a wheat-maize cropping system. *Soil and Tillage Research.* 218. 105309. https://dri.org/10.1016/j.still.2021.105309

23. Ma Q., Zhao G. X. (2010). Effects of different land use types on soil nutrients in intensive agricultural region. J. Nat. Res. 25. P. 1834–1844.

24. Tang L. et al. (2010). Shake table test of soil-pile groupsbridge structure interaction in liquefiable ground. Earthquake Engineering and Engineering Vibration. 9, 1. 39–50. https://dri.org/10.1016/e2012.01.010

25. Tsyuk O.A., Tanchuk S.P., Tsentulo L.V., Kirilyuk V.I., Pavlov O.S., Sleptsov Y. (2018). Change of carbon's contain of the main humuse's groups of the black typical soil with the agriculture's ecologizationю. *Ukrainian Journal of Ecology,* 8, 4. 154-157.

26. Gisilanbe S. A., Philip H. J., Solomon R. I., Okorie E. E. . (2017). Variation in soil physical and chemical properties as affected by three slope positions and their management implications in Ganye, North-Eastern Nigeria. Asian. J. *Soil Sci. Plant Nutr.* Vol. 2. P. 1–13. https://dri.org/10.9734/AJSSPN/2017/39047

Войтовик М. В., Цюк О. А.

CORRELATION OF SUNFLOWER YIELD WITH FERTILITY INDICATORS OF BLACK SOIL TYPICAL UNDER DIFFERENT FERTILIZER SYSTEMS

M. V. Voitovyk, O. A. Tsyuk

Abstract. *One of the most important properties of the soil is its fertility, which is formed in the process of soil formation and is characterized by the totality of all its indicators. Restoration of soil fertility and its preservation should be a priority task of modern agriculture, as it is one of the important reserves for increasing the production of agricultural products. The purpose of the research was to determine the dependence of sunflower productivity on the physico-chemical and agrochemical parameters of typical chernozem depending on fertilization systems. The following methods were used in the research process: field - determination of the interaction of research objects with natural and agrotechnical factors; laboratory - determination of humus content, physicochemical and agrochemical indicators; statistical and mathematical - conducting dispersion, correlation and regression analysis.*

The use of the organo-mineral system of fertilization in crop rotation contributes to the improvement of their physico-chemical and agrochemical indicators of typical chernozem. The highest yield of sunflower is formed under the mineral –2.9 t/ha and organo-mineral fertilization system, which is significantly higher than the option without fertilizers.

Long-term anthropogenic impact on typical chernozems leads to a trend of close correlation of sunflower yield with all indicators of mineral nutrition, except for mineral nitrogen, where the level of correlation was average (r = 0.41±0.24). Correlation coefficients indicate that pH, the sum of absorbed bases affect the increase in the content of humus, the average effect on the increase in the content of humus (r = 0.41), phosphorus (r = 0.62) and potassium (r = 0.65) in the soil layer 0-25 cm.

Research materials are of practical importance for farmers in the analysis of the fractional-group composition of humus, nitrogen, which is easily hydrolyzed in typical chernozem.

Keywords: *humus, mineral nitrogen, mobile phosphorus, exchangeable potassium, productivity*

Свистунова І. В., Пророченко С. С., Бурко Л. М., Полторецький С. П., Шувар А. М., Сеник І. І., Карбівська У. М., Турак О. Ю., Кондратенко Н. Г.

УДК 631.5:633.2

ФОРМУВАННЯ УРОЖАЮ ЛУЧНИХ ТРАВОСТОІВ ЗА УКОСАМИ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ ВИРОЩУВАННЯ

І. В. СВИСТУНОВА, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
http://orcid.org/0000-0001-8922-1261
E-mail: irinasv@ukr.net
С. С. ПРОРОЧЕНКО, кандидат сільськогосподарських наук
Л. М. БУРКО, кандидат сільськогосподарських наук, доцент
http://orcid.org/0000-0003-0638-0481
Національний університет біоресурсів і природокористування України
С. П. ПОЛТОРЕЦЬКИЙ, доктор сільськогосподарських наук, професор
http://orcid.org/0000-0003-3334-0880
Уманський національний університет садівництва
А. М. ШУВАР, доктор сільськогосподарських наук,
https://orcid.org/ 0000-0002-6016-0896
І. І. СЕНИК, доктор сільськогосподарських наук,
https://orcid.org/0000-0003-3249-2065
Західноукраїнський національний університет,
У. М. КАРБІВСЬКА, доктор сільськогосподарських наук
https://orcid.org/0000-0002-0540-8887
О. Ю. ТУРАК, кандидат сільськогосподарських наук,
https://orcid.org/0000-0002-2429-3356
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника
Н. Г. КОНДРАТЕНКО, науковий співробітник,
Український інститут експертизи сортів рослин

https://doi.org/10.31548/dopovidi4(104).2023.003

Анотація. *Ведення високопродуктивного тваринництва неможливе без створення належної кормової бази, у формуванні якої важливе місце відводиться ефективному використанню природних кормових фітоценозів. Попри значну кількість наукових досліджень до нині залишаються не повністю з'ясованими теоретичні аспекти формування їх високої продуктивності та поживності, в тому числі, за різних укосів. Метою досліджень було вивчити вплив технологічних прийомів вирощування лучних травостоїв на формування урожаю лучних травостоїв та їх розподіл за укосами в умовах Лісостепу правобережного. Польові дослідження проводили впродовж 2014-2016 рр. в умовах ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» на чорноземі типовому малогумусному. Встановлено, що кращим розподілом урожаю за укосами незалежно від удобрення характеризуються люцерновий та люцерно-злаковий травостої, в яких у першому укосі частка від загальної врожайності*

Свистунова І. В., Пророченко С. С., Бурко Л. М., Полторецький С. П., Шувар А. М., Сеник І. І., Карбівська У. М., Турак О. Ю., Кондратенко Н. Г.

становила 40-42 %, у другому – 32-33 % і третьому – 25-27 % за нерівномірності у межах 21-26 %, тоді як на злаковому травостої – відповідно, 50-51 %, 31-34, 15-19 % та нерівномірністю – 48-55 %.

При формуванні першого укосу приріст продуктивності сіяних травостоїв відбувається до настання фази цвітіння домінуючих компонентів. Максимальні добові прирости сухої речовини (96-149 кг/га) та чиста продуктивність фотосинтезу (2,58-3,52 г/м^2 добу) спостерігаються у фазі галуження-бутонізації люцернового і люцерно-злакових травостоїв за внесення $P_{60}K_{90}$ та в період від кінця фази виходу в трубку до початку колосіння домінуючих злаків на злаковому травостої за внесення $N_{60}P_{60}K_{90}$. Індекс листкової поверхні досягав максимальних значень (37,2-45,1 тис.м^2/га) з настанням фази колосіння у домінуючих злаків та бутонізації у бобових із часткою листя в структурі травостою на рівні 29-49 %. У бобово-злакових травостоях листкова поверхня та облистненість в процесі проходження фаз вегетації після досягнення максимальних значень знижуються повільніше, ніж у злакових.

***Ключові слова**: люцернові, люцерно-злакові та злакові травостої, удобрення, укоси, урожайність, суха речовина, облистненість*

Актуальність. Відомо, що ведення високопродуктивного тваринництва неможливе без створення належної кормової бази, у формуванні якої важливе місце відводиться ефективному використанню природних кормових фітоценозів – цінного джерела економічно вигідних, добре збалансованих за вмістом основних поживних речовин і вітамінів трав'яних кормів [16]. В Україні площа таких угідь досягає 7,6 млн га, проте й донині продуктивність їх не перевищує 1,3-1,5 т/га кормових одиниць, що в 4-5 разів менше за їх потенційні можливості та зовсім не відповідає принципам раціонального природокористування і сталого розвитку [9, 11].

Одним із найперспективніших напрямів інтенсифікації луківництва є створення багаторічних кормових агрофітоценозів з підвищеним умістом бобових трав, введення яких до складу травостою істотно знижує собівартість отриманих кормів та, відповідно, продукції тваринництва. Включення бобових трав до складу лучних фітоценозів, за даними вітчизняних вчених [10], підвищує продуктивність лучних угідь за відсутності азотного удобрення у 1,5-2,5, а вихід протеїну – у понад 2-3 рази, що рівноцінно внесенню під злаковий травостій 100-300 кг/га мінерального азоту. Навіть часткова заміна мінерального азоту біологічним істотно скорочує витрати енергії, оскільки частка його при вирощуванні злакових травостоїв інтенсивного типу інколи становить 50 % від сукупних затрат [2, 5, 7].

Попри значну кількість наукових досліджень щодо ефективності вирощування на кормові цілі багаторічних бобово-злакових травостоїв, до нині залишаються не повністю з'ясованими теоретичні аспекти формування їх високої продуктивності та поживності, в тому числі, за різних укосів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При плануванні надходження трав'яних кормів в зелених або сировинних конвеєрах дуже важливо знати особливості розподілу сумарного урожаю за циклами стравлювання на пасовищах та за укосами – за сінокісного режиму використання травостоїв.

На розподіл загального обсягу урожаю за укосами чи циклами стравлювання найбільше впливають видовий склад та строки відчуження травостою, використання біостимуляторів, забезпечення ґрунту вологою та удобрення [10].

За результатами досліджень Кургака В.Г. [8, 10] за ранніх строків першого відчуження та зі зростанням його частоти, тобто за пасовищного використання, розподіл урожаю за циклами стравлювання, зазвичай, рівномірніший, ніж за сінокісного режиму. За пасовищного використання, зазвичай, проводиться 4-5 циклів, за сінокісного – 2-3 цикли, з них – третій укіс відводиться, переважно, для випасання худоби.

При застосуванні азотних добрив, зокрема, в роздрібний спосіб істотно підвищується не лише врожайність за циклами використання, але й рівномірність її розподілу. З-поміж різних типів травостою найбільш рівномірний розподіл урожаю за укосами властивий люцерно-злаковому травостою з розподілом за сінокісного використання: 61-62 % у першому укосі, 36-37 % – у другому та 2-3 % – у третьому [10].

Дубанич М.В. стверджує, що висока продуктивність культурних пасовищ істотно залежить від частоти стравлювання – при п'яти циклах урожай зменшувався на 42-45%. За скорочення тривалості спокою загонів максимальну частку врожаю зеленого корму було отримано в першу половину пасовищного сезону, а найбільш рівномірний розподіл урожаю за циклами стравлювання спостерігався при зростанні тривалості спокою загонів – при чотириразовому використанні культурного пасовища. За такого режиму використання травостою збір кормових одиниць за 1 га був максимальним [4].

До найважливіших факторів впливу на ріст і розвиток лукопасовищних агрофітоценозів та рівномірність формування урожаю належить також мінеральне живлення рослин на основі раціонального застосування добрив: встановлення ефективних норм, видів, форм і технології їх внесення з урахуванням властивостей ґрунту, ботанічного

складу травостою та способу його використання [6, 13, 15].

Серед структурних елементів, необхідних рослинам у найбільшій кількості для формування продуктивності багаторічних злакових та бобово-злакових травостоїв належить азот [18]. Орієнтовно його кількість становить 0,5-5,0 % від загальної маси сухої речовини та є обов'язковою складовою білків, ферментів, хлорофілів, нуклеїнових кислот та численних сполук вторинного метаболізму [12]. Основними джерелами його надходження на кормових угіддях є мінеральні добрива та симбіотичний азот багаторічних бобових трав [10].

Ефективність мінеральних азотних добрив під кормові фітоценози істотно обумовлюється їх компонентним складом, оскільки кожний вид рослин по-своєму реагує на азот та має свій екологічно безпечний максимум за цим макроелементом. Більшу віддачу від внесення азотних добрив, зазвичай, забезпечують травостої з переважанням верхових злакових видів. Високочутливі до азоту злакові багаторічні трави відносяться до ценотично активних рослин, тобто є віолентами, що характеризуються більшою площею поглинаючої поверхні і ємкістю катіонно-аніонного обміну коренів [9, 11].

Ефективним заходом забезпечення рослин азотом на лукопасовищних угіддях є використання потенціалу багаторічних бобових трав – дешевого природного джерела симбіотичного азоту, залучення якого до створення врожаю істотно знижує антропогенне навантаження на довкілля та значною мірою сприяє економії енергетичних ресурсів [5, 6, 9].

Таким чином, оскільки до складу моделей травосумішок входять рослини, які відрізняються між собою за темпами розвитку, морфологічною будовою та здатністю використовувати фактори життя, для кожного виду слід створити умови, за яких забезпечується формування максимального та рівномірного високопоживного урожаю впродовж усього періоду користування травостоєм.

Метою досліджень було вивчити вплив технологічних прийомів вирощування лучних травостоїв на формування урожаю лучних травостоїв та їх розподіл за укосами в умовах Лісостепу правобережного.

Матеріали і методи досліджень. Польові дослідження проводили впродовж 2014-2016 рр. в умовах ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» [1]. Схема польового досліду була наступною: чинник А – травостій (види трав і норма висіву їхнього насіння, кг/га): 1) люцерна посівна, 16; 2) люцерна посівна, 12 + костриця

східна, 10 + костриця лучна, 8; 3) люцерна посівна, 10 + костриця східна, 10 + грястиця збірна, 8; 4) люцерна посівна, 10 + стоколос безостий, 14 + пажитниця багаторічна, 10; 5) люцерна посівна, 10 + стоколос безостий, 14 + костриця східна, 8; 6) стоколос безостий, 14 + костриця східна, 8 (злаковий травостій), контроль; чинник В – удобрення (поживні елементи та їхні норми): 1) без добрив, контроль; 2) $P_{60}K_{90}$; 3) $N_{60}P_{60}K_{90}$; 4) $N_{60}P_{60}K_{90}$ + стимулятор росту Фумар. Повторність досліду – чотириразова, площа облікової ділянки – 25 м². Технологія вирощування багаторічних трав за виключенням чинників, що були поставлені на вивчення – загальноприйнята для умов правобережного Лісостепу України. Азотні добрива у нормі N60 вносили в три прийоми: N_{20} – навесні по мерзлоталому ґрунту та по N_{20} – після першого і другого укосів. Фосфорно-калійні добрива у нормі $P_{60}K_{90}$ вносили щорічно восени. Обприскування посівів стимулятором росту Фумар проводили на початку відростання трав кожного укосу в нормі 2 л/га з витрачанням води 200 л/га. У цей період злакові трави знаходились у фенологічній фазі кущіння, люцерна посівна – у фазі пагоноутворення. Облік продуктивності проводили відповідно до ДСТУ 8044:2015.

Ґрунт дослідного поля – чорнозем типовий малогумусний з вмістом гумусу в орному шарі – 4,2-4,6 %, рухомого фосфору (за Мачигіним) – 40-55 мг/кг ґрунту, обмінного калію – 150-165 мг/кг ґрунту, легкогідролізованого азоту (за Корнфілдом) – 140-160 мг/кг, pH сольової витяжки – 6,7-7,0. Погодні умови в роки досліджень мали відмінності як між собою, так і відносно середніх багаторічних значень, проте загалом, були сприятливими для росту і розвитку багаторічних бобових та злакових трав.

Результати дослідження та їх обговорення. Згідно отриманих результатів встановлено, що досліджувані фактори впливали на формування продуктивності лучних травостоїв за всіх укосів однаково (табл. 1).

У середньому за перші три роки використання сіяного багаторічного агрофітоценозу найбільш значущим фактором за всіх укосів був видовий склад травостою, який на 55-60 % обумовлював обсяг виходу сухої речовини з 1 га. Внесення мінеральних добрив визначало продуктивність посівів на 40-55 %.

1. Розподіл урожаю сухої речовини лучних травостоїв за укосами за різних норм мінеральних добрив

Удобрення	Урожай сухої маси,						V, %*
	т/га			%			
	укоси						
	1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й	
Люцерна посівна							
Без добрив	3,99	3,20	2,76	39	32	29	18
$P_{60}K_{90}$	4,10	3,35	2,83	40	33	27	21
$N_{60}P_{60}K_{90}$	4,25	3,40	2,87	40	32	28	19
$N_{60}P_{60}K_{90}$+ Фумар	4,41	3,50	2,93	40	32	28	19
Люцерна посівна + костриця східна + костриця лучна							
Без добрив	4,15	3,35	2,80	40	33	27	21
$P_{60}K_{90}$	4,30	3,40	2,88	41	32	27	22
$N_{60}P_{60}K_{90}$	4,51	3,50	2,87	41	32	27	22
$N_{60}P_{60}K_{90}$+ Фумар	4,72	3,65	2,82	42	33	25	26
Люцерна посівна + костриця східна + грястиця збірна							
Без добрив	4,30	3,49	2,82	41	33	26	23
$P_{60}K_{90}$	4,51	3,57	3,03	41	32	27	22
$N_{60}P_{60}K_{90}$	4,72	3,70	3,08	41	32	27	22
$N_{60}P_{60}K_{90}$+ Фумар	4,85	3,81	3,14	41	32	27	22
Люцерна посівна + стоколос безостий + пажитниця багаторічна							
Без добрив	4,51	3,50	2,85	42	32	26	24
$P_{60}K_{90}$	4,72	3,65	2,90	42	32	26	24
$N_{60}P_{60}K_{90}$	4,80	3,81	3,11	41	33	26	23
$N_{60}P_{60}K_{90}$+ Фумар	4,95	3,93	3,09	41	33	26	23
Люцерна посівна + стоколос безостий + костриця східна							
Без добрив	4,35	3,37	2,72	42	32	26	24
$P_{60}K_{90}$	4,48	3,49	2,81	41	32	27	22
$N_{60}P_{60}K_{90}$	4,62	3,65	2,87	41	33	26	23
$N_{60}P_{60}K_{90}$+ Фумар	4,77	3,78	2,92	42	33	25	26
Стоколос безостий + костриця східна (злаковий травостій)							
Без добрив	2,60	1,75	0,77	51	34	15	55
$P_{60}K_{90}$	2,75	1,82	0,97	50	33	17	50
$N_{60}P_{60}K_{90}$	3,80	2,40	1,44	50	31	19	47
$N_{60}P_{60}K_{90}$+ Фумар	3,95	2,51	1,45	50	32	18	48
$НІР_{05}$, т/га за факторами							
Травостій	0,15	0,12	0,06	–	–	–	–
Удобрення	0,10	0,07	0,04	–	–	–	–
Частка факторів, %							
Травостій	60	57	55	–	–	–	–
Удобрення	40	43	45	–	–	–	–
*- нерівномірність розподілу урожаю за укосами, виражена коефіцієнтом варіації.							

Важливим чинником підвищення продуктивності лучних травостоїв було використання люцерни посівної, застосування якої як джерела симбіотичного азоту, забезпечувало істотне підвищення продуктивності люцернового та люцерно-злакового травостоїв за всіх укосів. Так, за включення до злакової суміші зі стоколосу безостого і

костриці східної люцерни посівної продуктивність першого укосу на фоні $P_{60}K_{90}$ зросла в 1,6, другого – в 1,9 та третього укосу – в 2,9 рази. За внесення на злаковий травостій зі стоколосу безостого і костриці східної $N_{60}P_{60}K_{90}$ продуктивність посівів за виходом з 1 га сухої речовини першого укосу зросла на 38 % (або в 1,4 рази), другого – на 32 % (або в 1,3 рази) і третього – на 48 % або 1,5 рази. Внесення такої ж норми мінеральних добрив на ділянки з одновидовим посівом люцерни та люцерно-злакові травостої вихід з 1 га сухої речовини зріс лише на 0-7 %. Отримані результати вказують на більш істотну роль у підвищенні продуктивності лучних агрофітоценозів бобових трав значно, аніж внесених азотних добрив у дозі N_{60}.

Високу ефективність від додавання до злакового травостою люцерни посівної, як джерела симбіотичного азоту, особливо за відсутності внесення мінерального азоту, виявлено за всіх укосів. Продуктивність першого укосу люцерно-злакового травостою порівняно зі злаковим травостоєм на ділянках без внесення азоту (варіанти без добрив і $P_{60}K_{90}$) в середньому зростала від 2,60-2,75 до 4,15-4,72 т/га сухої речовини або в 1,6-1,7 рази, тоді як на ділянках із внесенням азоту (варіанти $N_{60}P_{60}K_{90}$ та $N_{60}P_{60}K_{90}$ + Фумар) – від 3,80-3,95 до 4,51-4,95 т/га сухої речовини або в 1,2-1,3 рази.

Таким чином, найефективнішим технологічним заходом за впливом на рівень накопичення сухої речовини лучними агрофітоценозами було включення люцерни посівної до злакових травостоїв за відсутності удобрення мінеральним азотом. Подібна закономірність за обсягами формування сухої речовини багаторічними кормовими посівами була відмічена і в наступних укосах. Порівнюючи продуктивність за укосами люцерно-злакових сумішей і одновидових посівів люцерни встановлено, що останні поступаються сумішам у першому та другому укосах, оскільки вихід сухої біомаси з посівів бобової культури незалежно від удобрення був на 2-10 % меншим.

З-поміж люцерно-злакових травостоїв за всіх укосів продуктивнішими були агрофітоценози, злакову частину яких становили костриця східна + грястиця збірна, стоколос безостий + пажитниця багаторічна і стоколос безостий + костриця східна. Продуктивність зазначених травостоїв у першому укосі становила: на ділянці без добрив – 4,30–4,51 т/га сухої речовин, на фоні внесення $P_{60}K_{90}$ – 4,48-4,72, $N_{60}P_{60}K_{90}$ – 4,62–4,80 та $N_{60}P_{60}K_{90}$+ Фумар – 4,77–4,95 т/га. Подібна закономірність спостерігалася і в наступних укосах. Найпродуктивнішою була суміш, до складу якої входили люцерна посівна,

стоколос безостий та пажитниця багаторічна.

Найнижчу продуктивність за збором сухої речовини на всіх травостоях в усіх укосах було одержано на ділянках без внесення добрив. Так, у першому укосі одновидові посіви люцерни формували 3,9 т/га сухої маси, люцерно-злакові – 4,15–4,51 та злакові – 2,60 т/га. За внесення $P_{60}K_{90}$ продуктивність всіх травостоїв збільшувалась хоч і незначно – лише на 3-7 %, проте достовірно. Максимальну продуктивність на всіх травостоях в усіх укосах забезпечила взаємодія повного мінерального добрива і біостимулятора росту Фумар ($N_{60}P_{60}K_{90}$ + Фумар), поєднане використання яких забезпечило приріст продуктивності посівів у першому укосі, відносно контролю на одновидовому посіві люцерни на 0,42 т/га сухої речовини (або на 10 %), на люцерно-злаковому травостої – на 0,42-0,57 т/га (або на 8-11 %) та на злаковому травостої – на 1,35 т/га (або на 52 %) при $НІР_{05}$ 0,10 т/га.

Аналізуючи розподіл урожаю за укосами встановлено, що найрівномірніший розподіл урожаю за укосами характерний одновидовим посівам люцерни посівної – частка урожаю в першому укосі становла 39-40 %, у другому – 32-33 та в третьому – 27-29 % з коефіцієнтом варіації 18-21 %. Незначно за рівномірністю розподілу урожаю поступались люцерні посівній люцерно-злакові травостої, з коефіцієнтом варіації 21-26 %. Так, якщо на злаковому травостої за всіх варіантів удобрення частка першого укосу становила 50-51 %, другого – 31–34 і третього – 15–19 % із нерівномірністю 48-55%, то на бобово-злакових травостоях – відповідно, 40-42, 32-33 та 25-27 % з нерівномірністю 21-26 %.

На злаковому травостої за внесення азотних добрив (варіанти $N_{60}P_{60}K_{90}$ і $N_{60}P_{60}K_{90}$+ Фумар) порівняно з безазотними фонами (варіанти без добрив і $P_{60}K_{90}$) нерівномірність, виражена коефіцієнтом варіації помітно поліпшувалася, переважно, за рахунок третього укосу, частка якого зросла від 15-17 до 18-19 %.

Важливим чинником, що суттєво впливає на продуктивність сіножатей і пасовищ є строки відчуження травостою у певному циклі використання. Вчені доводять [115, 149, 169, 233], що формування врожаю першого укосу відбувається до фази масового цвітіння домінуючих злакових компонентів, після чого продуктивність угідь знижується. За даними цих авторів чиста продуктивність фотосинтезу досягала максимальних значень в період від кінця фази виходу в трубку до початку колосіння домінуючих злаків, індекс листкової поверхні – у фазу колосіння.

У наших дослідженнях на всіх травостоях досліду накопичення

сухої біомаси відбувалося до настання фенологічної фази цвітіння домінуючих компонентів, в подальшому – відбувався спад, особливо виразний на посівах середньостиглої злакової суміші (табл. 2).

2. Елементи продуктивності лучних агрофітоценозів залежно від видового складу травостоїв за формування урожаю 1-го укосу

Травостій та його домінант	Фаза вегетації домінанта	Суха речовина, т/га	Частка листя, %	Листкова поверхня, тис.м^2/га	Добовий приріст сухої маси, кг/га	ЧПФ, г/м^2 добу
Люцерна посівна	Пагоноутворення	0,63	86	7,3	21	2,88
	Початок гілкування	1,09	76	21,0	46	2,19
	Гілкування	2,08	52	31,4	99	3,15
	Початок бутонізації	3,04	38	37,2	96	2,58
	Кінець бутонізації	3,12	30	38,6	38	0,98
	Цвітіння	3,42	28	37,4	10	0,27
Люцерно-злаковий (люцерна посівна)	Пагоноутворення	1,04	90	12,6	35	2,78
	Початок гілкування	1,45	81	31,3	71	2,27
	Гілкування	2,83	67	39,6	138	3,48
	Початок бутонізації	4,89	49	45,1	176	3,90
	Кінець бутонізації	5,29	39	42,8	70	1,64
	Цвітіння	5,53	31	37,7	24	0,64
Злаковий (стоколос безостий, костриця східна)	Кінець кущіння	1,00	94	14,3	33	2,31
	Трубкування	1,63	78	35,6	63	1,77
	Початок колосіння	3,12	44	42,3	149	3,52
	Кінець колосіння	3,83	33	41,6	71	1,71
	Цвітіння	4,09	29	37,9	26	0,69
	Початок плодоношення	3,83	26	34,6	–26	–0,75
$НІР_{05}$		0,37	-	2,9		

Примітка. Люцерно-злаковий травостій складався з люцерни посівної, стоколосу безостого і костриці східної, злаковий – із стоколосу безостого і костриці східної. Люцерновий і люцерно-злаковий травостій досліджували на фоні внесення $P_{60}K_{90}$, злаковий – $N_{60}P_{60}K_{90}$.

Максимальну продуктивність у фазі цвітіння було сформовано люцерно-злаковими травостоями на фоні фосфорного і калійного удобрення у нормі $P_{60}K_{90}$ – 5,53 т/га сухої речовини, що на 0,44 т/га менше ніж на ділянках злакових культур на фоні внесення $N_{60}P_{60}K_{90}$ і на 2,11 т/га менше, порівняно з одновидовим посівом люцерни посівної.

Найвищі добові прирости сухої речовини та чистої продуктивності фотосинтезу, як основного біохімічного процесу живлення рослин, у першому укосі відмічали в період від трубкування до колосіння домінуючого злаку (стоколосу безостого) у злаковому травостої та в період від фази галуження до початку бутонізації люцерни посівної в

одновидовому її посіві та в люцерно-злаковому сіяному травостої, тобто тоді, коли рослини найбільш інтенсивно використовують запасні поживні речовини на ростові процеси [222]. Максимальні добові прирости сухої маси у цей період зафіксовано на ділянках люцерно-злакового травостою – 138-176 кг/га, найменші – в одновидових посівах люцерни посівної – 96-99 кг/га. Посіви злакових культур за даним показником займали проміжне положення.

Максимальний рівень чистої продуктивність фотосинтезу – у межах 3,48–3,90 г/м^2 добу, формували люцерно-злакові травостої в період від фази галуження до початку бутонізації. Чиста продуктивність фотосинтезу злакового травостою під час колосіння становила 3,39–3,52 г/м^2 добу, одновидового посіву люцерни – 2,58–3,15 г/м^2 добу.

Кормова продуктивність багаторічних сіяних агрофітоценозів тісно пов'язана з індексом листкової поверхні, її оптичними й біологічними якостями [2, 174]. У наших дослідженнях листкова поверхня в посівах досягала максимальних значень у фазу колосіння домінуючих злаків і бутонізації бобових культур та становила в цей період на злаковому, бобово-злаковому і бобовому травостоях 37,2-45,1 тис. м^2/га і від їх видового складу майже не залежала.

Кормова цінність трав’яних кормів істотно обумовлюється вмістом листкового компоненту в структурі рослин, оскільки порівняно зі стеблами листя характеризується вищою перетравністю та містить більше сирого протеїну і менше сирої клітковини. Не випадково цей показник введено в нові державні стандарти України на трав’яні корми, зокрема, на сіно [63]. Згідно з новим ДСТУ для отримання сіна 1-го класу із бобових трав частка листя в ньому повинна становити не менше 50 %. За вимогами ДСТУ 4674:2006, щоб отримати сіно 1-го класу та згідно з проведеними дослідженнями з визначення частки листя в урожаї біомаси різних травостоїв люцерну посівну необхідно скошувати у фазі бутонізації, тоді як багаторічні злакові трави – у фазі початок колосіння.

У наших дослідженнях відмічено, що у міру старіння рослин їх облистненість зменшувалась. Так, якщо у фазі кущіння частка листя у досліджуваних травостоях становила 86-94 %, то в період від цвітіння до початку плодоношення стоколосу безостого вона знижувалась до 26-31 %. Найбільш інтенсивно зменшення частки листя відбувалося у період найінтенсивнішого росту трав – в період від настання фази трубкування до колосіння домінуючого злаку (стоколосу безостого) у злаковому травостої та у міжфазний період галуження - початок бутонізації люцерни посівної

в одновидовому її посіві та в люцерно-злаковому сіяному травостої.

Загалом, в бобово-злаковому травостої приріст урожаю сухої маси, індекс листкової поверхні і чиста продуктивність фотосинтезу досягали максимальних значень у фазі цвітіння люцерни посівної, в якої у міру проходження фаз вегетації частка листя у структурі рослин зменшувалась менш інтенсивно. Це свідчить про можливість скошування люцерни посівної в більш пізні строки вегетації, порівняно зі стоколосом безостим, без втрати якості корму.

Висновки і перспективи. Кращим розподілом урожаю за укосами незалежно від удобрення характеризуються люцерновий та люцерно-злаковий травостої, в яких у першому укосі частка від загальної врожайності становила 40-42 %, у другому – 32-33 % і третьому – 25-27 % за нерівномірності у межах 21-26 %, тоді як на злаковому травостої – відповідно, 50-51 %, 31-34, 15-19 % та нерівномірністю – 48-55 %. Найрівномірніший розподіл урожаю за укосами забезпечує одновидовий травостій люцерни.

При формуванні першого укосу приріст продуктивності сіяних травостоїв відбувається до настання фази цвітіння домінуючих компонентів. Максимальні добові прирости сухої речовини (96-149 кг/га) та чиста продуктивність фотосинтезу (2,58-3,52 г/м^2 добу) спостерігаються у фазі галуження-бутонізації люцернового і люцерно-злакових травостоїв за внесення $P_{60}K_{90}$ та в період від кінця фази виходу в трубку до початку колосіння домінуючих злаків на злаковому травостої за внесення $N_{60}P_{60}K_{90}$. Індекс листкової поверхні досягав максимальних значень (37,2-45,1 тис.м^2/га) з настанням фази колосіння у домінуючих злаків та бутонізації у бобових із часткою листя в структурі травостою на рівні 29-49 %. У бобово-злакових травостоях згадані показники в процесі проходження фаз вегетації після максимальних значень знижуються повільніше, ніж у злакових.

References

1. Babych A. O. (1994) Methods of conducting experiments on fodder production. Vinnytsia, 1994. 96 p.

2. Demydas H. I., Prorochenko S. S., Svystunova I. V. (2019) Nutritive value and energy intensity of fodder of alfalfa-cereal grass mixtures depending on the technological factors of cultivation. Roslynnytstvo ta gruntoznavstvo. № 1. P. 13-21. http://dx.doi.org/10.31548/agr2019.02.013.

3. DSTU 8044:2015. The land is natural fodder. Methods of determining productivity. Kyiv. 15 p.

4. Dubanych M. V. Ways of using grass and ways of improving cultivated pastures URL: http://carpaty.net/?p=28473 (date of application: 27.07.2023).

5. Karbivska U. M., Butenko A. O., Onychko V. I., Masyk I. M., Hlupak Z. I., Danylchenko O. M., Klochkova T. I., Ihnatieva O. L. Effect of the cultivation of legumes on the dynamics of sod-podzolic soil fertility rate.

Ukrainian Journal of Ecology. 2019. 9(3). P. 8-12. Doi: 10.15421 / 2019_702.

6. Kurhak V. H., Karbivska U. M., Voloshchuk M. D., Martyshchuk V.F. (2020). Efficiency of surface improvement of mountain slope meadows of the Carpathians. Visnyk ahrarnoyi nauky. №7, S. 25-32. https://doi.org/10.54651/agri.2021.02.08.

7. Kurhak V. H., Titova V. M. Efficacy of plant growth stimulants and nitrogen-fixing bacterial preparations on meadow grasses. Zbirnyk naukovykh prats Instytutu zemlerobstva. Kyiv, 2002. Vyp. 1. S. 48–55.

8. Kurhak V. H., Voloshyn V. M. Improving the efficiency of perennial legumes in the meadows of Ukraine. Posibnyk ukrainskoho khliboroba «Biolohizatsiia zemlerobstva». K., 2017. Tom 1. S. 288–291.

9. Kurhak V. H., Dehodiuk E. H., Havrysh Ya. V. (2022) Fodder productivity of alfalfa-cereal agrocenoses with different cereal components. Visnyk ahrarnoi nauky. № 3 (828). S. 28-36.

10. Kurhak V. H., Karbivska U. M., Hmyr A. O. (2023) Peculiarities of the formation of the productivity of variously ripe perennial grasses on slopes depending on fertilizer. Kormy i kormovyrobnytstvo. Vypusk 95. S. 149-160. 60. https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202395-13.

11. Kurhak V. H., Karbivska U. M., Panasiuk S. S., Havrysh Ya. V. (2019) Scientific and technological bases of organic onion cultivation. Visnyk ahrarnoi nauky. № 11. S. 28-33. DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202004-05

12. Murali B., Susheela R., Shanti M., Shailaja K., Shashikala T. (2022). Evaluation of perennial grass-legume cropping systems for year-round supply of fodder for dairy farms. Asian Journal of Dairy and Food Research, 41(2), P. 162-167. doi: 10.18805/ajdfr.DR-1804.

13. Olifirovych V. A., Veklenko Yu.A. (2021) Improving the efficiency of growing alfalfa and cereal mixtures on eroded slopes. Kormy i kormovyrobnytstvo. № 91. S. 93-102. https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202191-08

14. Panakhyd H. Ya., Konyk H. S., Kotiash U. O. (2019) Formation of newestablished legume-grass meadow swards depending on different types of fertilizers. Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo. Vyp. 65. S. 114–124. https://doi.org/10.32636/01308521.2019-(65)-10

15. Pavlyuchik, E. N., Kapsamun, A. D., Ivanova, N. N., Tyulin, V. A., Silina, O. S. (2019). The role of perennial grasses in creating a sustainable feed base by conveyor use. Agricultural Science Euro-North-East, 20 (3), P. 238-246. https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.238-246

16. Petrychenko V. F., Korniichuk O. V., Veklenko Yu. A. (2020) Scientific bases of intensification of fodder production on meadows and pastures of Ukraine. Kormy i kormovyrobnytstvo. Vypusk 89. S. 10-22. https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202089-01.

17. Peyraud J. L. and Peeters A. The role of grassland based production system in the protein security. (2016). The multiple roles of grassland in the European bioeconomy. Proceedings of the 26th General Meeting of the European Grassland Federation. Trondheim, Norway. 4 –8 September. P. 29–43.

18. Svystunova I. V., Prorochenko C. C., Burko L. M., Chumachenko I.P., Voitsekhivskyi V. I., Poltoretskyi S. P., Shuvar A. M., Puiu V. L., Vaskivska S. V., Nochvina O. V., Chukhleb L. I. (2023) Chemical composition of fodder of meadow grasses depending on the technological factors of cultivation. Roslynnytstvo ta gruntoznavstvo. № 1. P. 13-21. Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy. № 3 (103). http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi3(103).2023.009

Свистунова І. В., Пророченко С. С., Бурко Л. М., Полторецький С. П., Шувар А. М., Сеник І. І., Карбівська У. М., Турак О. Ю., Кондратенко Н. Г.

THE FORMATION OF A CROP OF MEADOW GRASSES FOR CLIPPINGS DEPENDING ON THE TECHNOLOGICAL MEASURES OF CULTIVATION

I. V. Svystunova, C. C. Prorochenko, L. M. Burko,
S. P. Poltoretskyi, A. M. Shuvar, I.I Senyk,
U.M. Karbivska, O. Iu. Turak, N.H. Kondratenko

Abstract*. High-performance animal husbandry is impossible without the creation of a fodder base, in the formation of which an important place is assigned to the effective use of natural fodder phytocenoses. The theoretical aspects of the formation of their high productivity and nutrition, including at different* ***clippings****, are not fully elucidated today. Field research was carried out during 2014-2016 in the conditions of SS NULES of Ukraine "Agronomic Research Station" on typical low-humus chernozem. The purpose of the research was to study the influence of technological methods of growing meadow grasses on the formation of the yield of meadow grasses and their distribution along the* ***clippings*** *in the conditions of the right-bank forest-steppe of Ucraine. It was established that alfalfa and alfalfa-cereal grass stands are characterized by the best distribution of the harvest along* ***clippings****, regardless of fertilization, in which the share of the total yield in the first* ***clippings*** *was 40-42 %, in the second - 32-33 %, and in the third - 25-27 % due to unevenness in the range of 21-26 %, while on cereal grass - respectively, 50-51 %, 31-34, 15-19 % and irregularly - 48-55 %. During the formation of the first* ***clippings****, the increase in the productivity of the sown grass stands occurs before the onset of the flowering phase of the dominant components. The maximum daily increases in dry matter (96-149 kg/ha) and the net productivity of photosynthesis (2.58-3.52 g/m2 day) are observed in the phase of branching and budding of alfalfa and alfalfa-cereal grass stands with the application of* $P_{60}K_{90}$ *and in the period from the end the phase of emergence into the tube before the beginning of earing of the dominant cereals on the cereal grass stand with the introduction of* $N_{60}P_{60}K_{90}$*. The leaf surface index reached maximum values (37.2-45.1 thousand* m^2*/ha) with the onset of the earing phase in dominant cereals and budding in legumes with a share of leaves in the structure of the grass stand at the level of 29-49 %. In leguminous-cereal grass stands, the leaf surface and foliage during the vegetation phases after reaching the maximum values decrease more slowly than in cereals.*

Keywords*: alfalfa, alfalfa-cereal and cereal grasses, fertilizers, clippings, yield, dry matter, leaf size*

Дудченко В. В., Стеценко І. І.

УДК 633.812:338.3:631.5

ПРОДУКТИВНІСТЬ ЛАВАНДИНУ ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЙОГО ВИРОЩУВАННЯ ЗА РІЗНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ

В. В. ДУДЧЕНКО, доктор економічних наук, член-кореспондент НААН України, https://orcid.org/0000-0001-8545-7904
E-mail: dvvrice@ukr.net
І. І. СТЕЦЕНКО, здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії, асистент, https://orcid.org/0000-0002-7389-926X
E-mail: stetsenkoksau@gmail.com
Херсонський державний аграрно-економічний університет

https://doi.org/10.31548/dopovidi4(104).2023.004

Анотація. *Вирощування лікарських та ефіроолійних культур на сьогодні є одним із перспективних напрямів розвитку малого та середнього агробізнесу не лише в Україні, а й країнах ЄС. Більше третини виготовлених лікарських препаратів у якості сировини використовують рослинну продукцію, у зв'язку з чим попит на неї як на вітчизняному, так і на світовому ринку постійно зростає, що у свою чергу робить цей бізнес більш привабливим, порівняно з традиційним сільськогосподарським виробництвом. Культурами, що втілюють у собі практично всі аспекти використання ефіроолійних та лікарських рослин, є представники роду Lavandula L. – L. angustifolia, L. latifolia, L. hybrida Rev., про що свідчить динаміка світового ринку лавандової ефірної олії, яка щороку за різними джерелами має стійкий позитивний рух (5,4-6,3%), що становить на сьогодні близько 109,4 млн доларів із перспективою досягти 200 млн доларів до 2030 року.*

Для умов півдня України перспективною рослиною з роду Lavandula L. є лавандин – міжвидовий гібрид, отриманий у результаті штучного схрещування лаванди вузьколистої та лаванди широколистої. Однак детальні рекомендації стосовно агротехніки його вирощування у виробничих насадженнях відсутні. Наявна інформація у наукових та науково-популярних джерелах також має загальний та неповний характер і стосується, в основному, лаванди. Метою проведеного дослідження було встановити вплив способів зрошення й систем удобрення на продуктивність квіткової сировини рослин лавандину сорту Іній та визначити економічну ефективність їх вирощування в умовах півдня України. Дослідження проведено у 2021-2023 рр. на темно-каштанових слабо солонцюватих середньосуглинкових ґрунтах ПП «Криниця», с. Інгулець Херсонського району Херсонської області. Схема досліду включала три способи зрошення (фактор А) – краплинний поверхневий, краплинний підґрунтовий, спринклерний та контроль без зрошення й три системи удобрення (фактор В) – мінеральна – І, мінеральна – ІІ, органічна.

Аналіз ефективності різних способів зрошення показав, що впродовж проведення експерименту найбільш ефективним з точки зору формування квіткової маси виявився спринклерний спосіб поливу, за якого середня

врожайність становила 9,66 т/га, коливаючись у межах від 9,35 до 9,83 т/га залежно від систем удобрення. Вихід ефірної олії більш суттєво залежав від систем удобрення рослин. Найбільшим цей показник був за використання органічної системи удобрення, за якої вихід ефірної олії становив у середньому 139,7 л/га, коливаючись у межах від 128,0 до 147,4 л/га залежно від способів зрошення. Максимальний прибуток з 1 га отримано за органічної системи удобрення у варіанті без зрошення – 158,0 тис. грн та за спринклерного способу поливу – 160,4 тис. грн. з рівнем рентабельності 218,6; 166,1% відповідно.
Ключові слова: *лавандин, зрошення, удобрення, квіткова сировина, прибуток, рівень рентабельності*

Актуальність. Сучасний стан речей у аграрному товарному виробництві, а саме широкий доступ до інформаційних ресурсів, можливість швидкого та глибокого аналізу світових тенденцій на ринках сільськогосподарської продукції, глобальні кліматичні зміни й зростання попиту широкого загалу споживачів на терапевтичну, фармацевтичну, ароматичну, пряносмакову продукцію органічного походження, дозволяє агропідприємцям диверсифікувати власне виробництво та знаходити цікаві й прибуткові ніші для ефективного функціонування невеликих і середніх підприємств.

Одним із перспективних векторів розвитку малого та середнього агробізнесу є вирощування лікарських та ефіроолійних культур (Марковська та ін., 2020; Dudchenko and other, 2020). Оскільки більше третини виготовлених лікарських препаратів у якості сировини використовують саме рослинну продукцію, попит на неї постійно зростає як на вітчизняному, так і на світовому ринку, що у свою чергу робить цей бізнес більш привабливим, порівняно з традиційним сільськогосподарським виробництвом (Бойко, 2021). Рослинами, що втілюють у собі практично всі аспекти використання ефіроолійних та лікарських рослин, є представники роду Lavandula L. – *L. angustifolia* Mill., *L. latifolia* Medic., *Lavandula hybrida* Rev. Динаміка світового ринку лавандової ефірної олії має щорічний стійкий позитивний рух (5,4-6,3%) та становить на сьогодні близько 109,4 млн доларів США (Market Research, 2023; Reports and data, 2023). За оцінками експертів Україна на сьогодні виробляє 10-15 тонн лавандової олії, маючи недостатньо розвинену виробничу та переробну базу, однак потенціал для розвитку даної галузі у найближчі роки може становити близько 1000 га з виробництвом ефірної олії лаванди й лавандину 140-150 тонн (Giray, 2018).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Будь-яка виробнича діяльність, у тому числі й ведення

лавандового бізнесу, пов'язана у першу чергу із отриманням прибутку. На сьогодні ринок лавандової олії в основному забезпечують Болгарія (52 %), Франція (26 %) та Китай (12 %), на частку інших виробників припадає 10 % від валового виробництва. На ринку лавандинової олії лідером є Франція, де щороку виробляється близько 1400 тонн ефірної олії й вирощується водночас чотири сорти лавандину – Abrial, Sumian, Grosso та Super. Іспанія посідає друге місце за виробництвом олії лавандину (біля 80 тонн), де площі його насаджень становлять 2000 га (Lafhal and other, 2016; Giray, 2018). Через невибагливість рослин лавандину й лаванди до ґрунтових умов, поживного режиму, забезпечення вологою, досить просту агротехніку та відносно невеликі матеріальні витрати впродовж експлуатації насаджень, їх вирощування набуває все більшої популярності. Так, у Болгарії кількість фермерських господарств, що займаються лавандовим бізнесом, на сьогодні складає понад 1600 суб'єктів, що переважає показник 2005 року більше, ніж у чотири рази (Giray, 2018). Іншими важливими чинниками, що стимулюють розвиток виробництва у цій сфері, є можливість побудови різних моделей лавандового бізнесу та значний асортимент продукції фармацевтичної, косметичної, парфумерної, харчової, технічної промисловості, ветеринарної медицини тощо (Data intelligence, 2023) (рис.1).

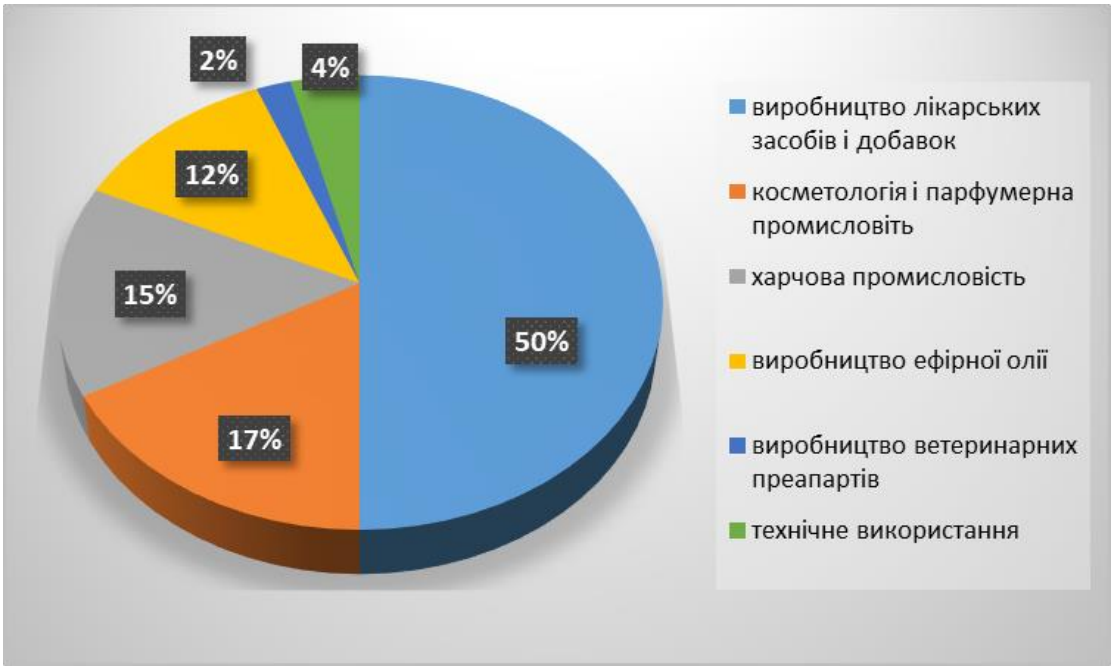


Рис. 1. Структура продукції, що виготовляється з квіткової сировини рослин роду Lavandula L.

Дудченко В. В., Стеценко І. І.

В Україні вирощування лаванди та лавандину набуває поступового розвитку й на сьогодні налічується більше 20-ти аграрних підприємств у Київській, Черкаській, Житомирській, Полтавській, Львівській, Чернівецькій, Одеській, Миколаївській та Херсонських областях з площею насаджень від 1 до 10 га (Сьогодні, 2021; East fruit, 2021). За повідомленням Чернівецької обласної ради планується відкриття першого заводу з переробки лавандової квіткової сировини в Україні (Agroportal, 2023).

Розвиток лавандового бізнесу в умовах України вимагає розуміння витратної частини на закладання плантацій, їх догляд упродовж експлуатації насаджень, збирання, переробку тощо. Залежно від регіону вирощування лавандину чи лаванди, умов вологозабезпечення, типу ґрунту та його агромеліоративного й фітосанітарного стану агротехніка вирощування, капітальні та поточні витрати можуть суттєво різнитися, тому дослідження даного питання дозволить більш точно спланувати модель бізнесу та спрогнозувати його економічну ефективність.

Мета дослідження – встановити вплив способів зрошення та систем удобрення на продуктивність квіткової сировини рослин лавандину сорту Іній та визначити економічну ефективність їх вирощування в умовах півдня України.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження проводили у 2021-2023 рр. на темно-каштанових слабо солонцюватих середньосуглингкових ґрунтах ПП «Криниця», с. Інгулець Херсонського району Херсонської області. Вміст гумусу в орному шарі ґрунту становив 2,4%, pH ґрунтового розчину – 7,2, щільність складення шару ґрунту 0-30 см – 1, 27 г/см^3. Схема досліду включала три способи зрошення (фактор А) – краплинний поверхневий, краплинний підґрунтовий, спринклерний та контроль (без зрошення) й три системи удобрення (фактор В) – мінеральна – I, мінеральна – II, органічна (табл. 1).

Вегетаційними поливами вологість у шарі ґрунту 0-60 см підтримували на рівні 70 % НВ. Зрошувальна норма залежно від гідротермічних умов років проведення дослідження (2021 р. ГТК – 1,54; 2022 р. ГТК – 0,39; 2023 р. ГТК – 1,0) складала 450, 650 та 550 м^3/га відповідно.

Вирощували середньостиглий сорт Іній. Дослід закладено методом розщеплених ділянок, спостереження, обліки та розрахунки проводили згідно загальновизнаних методик (Ушкаренко та ін., 2014; Ткачик, 2015; Андрійчук, 2002). Повторність у досліді 4-разова, розмір дослідної ділянки – 100 м^2, облікової – 75,6 м^2. Схема посадки саджанців – 70×140 см.

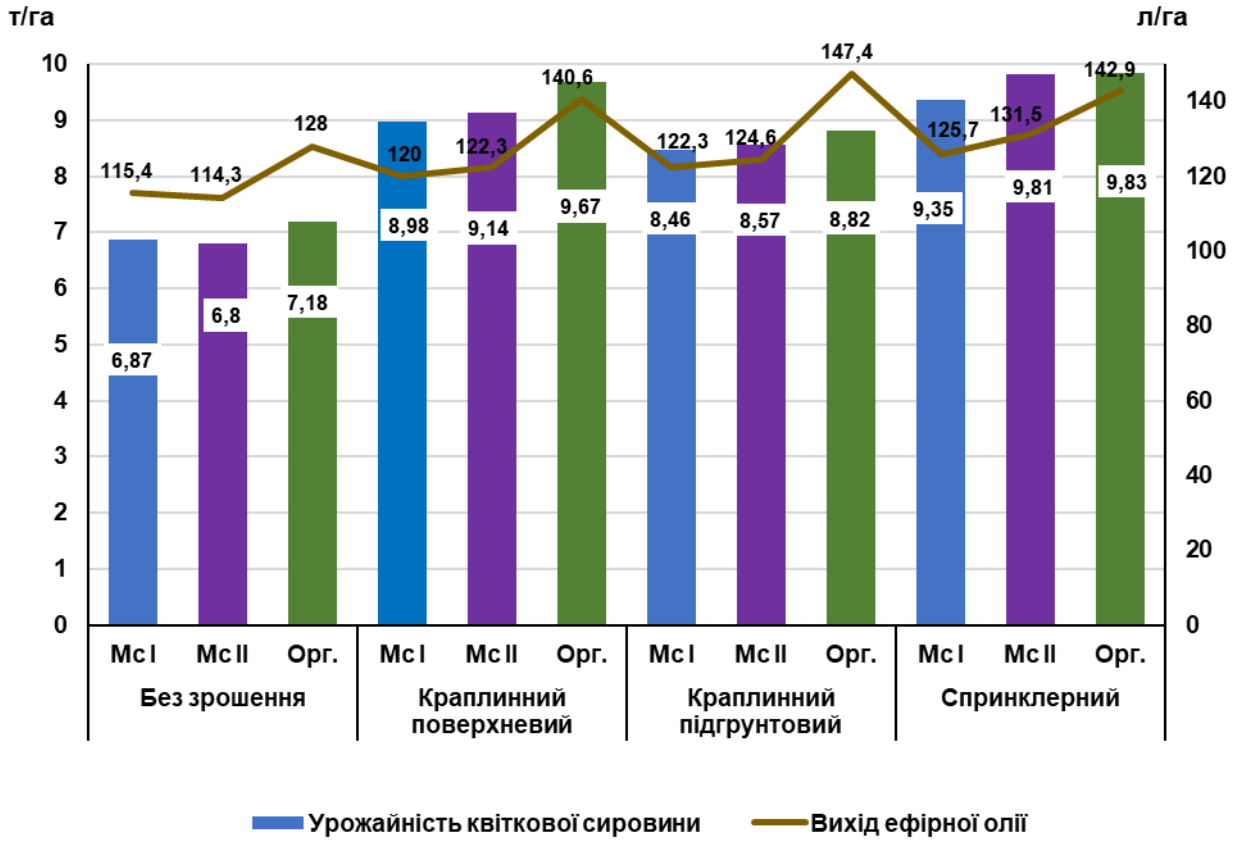
1. Схема досліду

Спосіб зрошення (фактор А)	Система удобрення (фактор В)					
	мінеральна – I		мінеральна – II		органічна	
	строк внесення	доза добрив	строк внесення	доза добрив	строк внесення	доза добрив
Без зрошення	основне	$P_{120}K_{60}$	основне	$P_{120}K_{60}$	основне	40,0
	перед висадкою	N_{60}	перед висадкою	N_{60}	перед висадкою	100,0
	весняне відростання	$N_{20}P_{20}K_{20}$	весняне відростання	$N_{20}P_{20}K_{20}$	весняне відростання	2,0
	поява квітконосів	$N_{20}P_{20}K_{20}$	поява квітконосів	$N_{20}P_{20}K_{20}$	поява квітконосів	2,0
	фаза забарвленого бутона	$N_{20}P_{20}K_{20}$	фаза забарвленого бутона	$N_{20}P_{20}K_{20}$	фаза забарвленого бутона	2,0
Краплинний поверхневий, краплинний підґрунтовий, спринклерний	основне	$P_{120}K_{60}$	основне	$P_{120}K_{60}$	основне	40,0
	перед висадкою	N_{60}	перед висадкою	N_{30}	перед висадкою	100,0
			після висадки	N_{30}		
	весняне відростання					
	у міжряддя	$N_{20}P_{20}K_{20}$	з поливною водою	$N_{20}P_{20}K_{20}$	з поливною водою	2,0
	поява квітконосів					
	у міжряддя	$N_{20}P_{20}K_{20}$	з поливною водою	$N_{20}P_{20}K_{20}$	з поливною водою	2,0
	фаза забарвленого бутона					
	у міжряддя	$N_{20}P_{20}K_{20}$	з поливною водою	$N_{20}P_{20}K_{20}$	з поливною водою	2,0

Результати дослідження та їх обговорення. Продуктивність сільськогосподарських рослин є основним показником при визначенні економічної доцільності їх вирощування. Досягти відповідного рівня продуктивності можливо за використання знань про агроекологічну приналежність сортів та гібридів, їх біологічний потенціал, стійкість до абіотичних чинників та біотичних шкідливих агентів. Іншим інструментом, що може бути використаний для досягнення запланованого рівня урожайності, є застосування певних елементів технологій вирощування, які прямо чи опосередковано впливають на інтенсифікацію процесів росту й розвитку та сприяють таким чином, формуванню більшої продуктивності рослин.

В умовах півдня України важливими складовими агротехнологій є зрошення та система удобрення. За результатами нашого дослідження встановлено, що застосування різних способів зрошення в цілому позитивно

впливало на формування рослинами квіткової сировини (рис.2).



Примітка: $НІР_{05}$, т/га А-0,26, В-0,14, АВ-0,15
$НІР_{05}$, л/га А-2,10, В-1,50, АВ-3,20

Рис. 2. Урожайність квіткової сировини та вихід ефірної олії лавандину третього року використання залежно від способів зрошення та систем удобрення

У контролі (без зрошення) урожайність квіткової сировини коливалася в межах від 6,87 до 7,18 т/га залежно від системи удобрення, найвищим цей показник був у варіанті із застосуванням органічної системи удобрення.

Аналіз ефективності різних способів зрошення показав, що найбільш ефективним з точки зору формування квіткової маси виявися спринклерний спосіб поливу. Середня врожайність у цьому варіанті становила 9,66 т/га, коливаючись у межах від 9,35 до 9,83 т/га залежно від системи удобрення. Також високими показниками характеризувався варіант із краплинним поверхневим способом зрошення, де середня врожайність квіткової сировини становила 9,2 т/га та була у межах від 8,98-9,67 т/га залежно від систем удобрення. Варіант із підґрунтовим

розташуванням краплинної стрічки характеризувався дещо нижчою продуктивністю (8,46-8,82 т/га), що можна пояснити формуванням більшої частини кореневої системи рослин у перші три роки життя у верхньому (0-30 см) шарі ґрунту , що не дозволяло повною мірою використовувати воду від зрошення та поживні речовини які вносилися за допомогою фертигації.

Вихід ефірної олії за третього року використання насаджень також суттєво залежав від систем удобрення рослин. Найвищим цей показник був у варіанті органічної системи (середній вихід ефірної олії – 139,7 л/га), коливаючись у межах від 128,0 до 147,4 л/га залежно від способів зрошення. За використання мінеральних систем удобрення вихід ефірної олії був у діапазоні 114,3-131,5 л/га. Отримання більшого виходу ефірної олії за використання органічної системи удобрення відповідало загальній інформації з літературних джерел стосовно вимог рослин лавандину до режиму живлення – застосування мінеральних добрив у насадженнях лаванди й лавандину сприяє утворенню більшої вегетативної маси з меншим умістом ефірної олії у квітковій сировині.

Вирощування лавандину, як і будь-якої багаторічної культури, вимагає певної підготовки ділянки, проведення низки операцій із обробітку ґрунту, з метою очищення верхнього горизонту ґрунту від схожого насіння бур’янів, облаштування елементів зрошувальних систем (за необхідності) та ін. Загальна сума витрат на закладання плантацій лавандину суттєво залежить від вартості та походження розсадного матеріалу, обраної технології вирощування й фітосанітарного стану полів під насадженнями.

У структурі собівартості вирощування лавандину за використання зрошення основну частину витрат у перші три роки становлять витрати, пов’язані із монтажем системи зрошення та внесенням основного удобрення перед висаджуванням розсади (рис. 3).

Без використання зрошення основні витрати у технології вирощування лавандину припадають на систему удобрення (51 %), яка розрахована на тривалий період використання насаджень, а також збільшується частка заробітної плати (22 %) та інших витрат (12 %), у т.ч. вартість розсадного матеріалу через необхідність підсаджування рослин, що не перезимували внаслідок поганого укорінення за відсутності поливів (рис. 4).

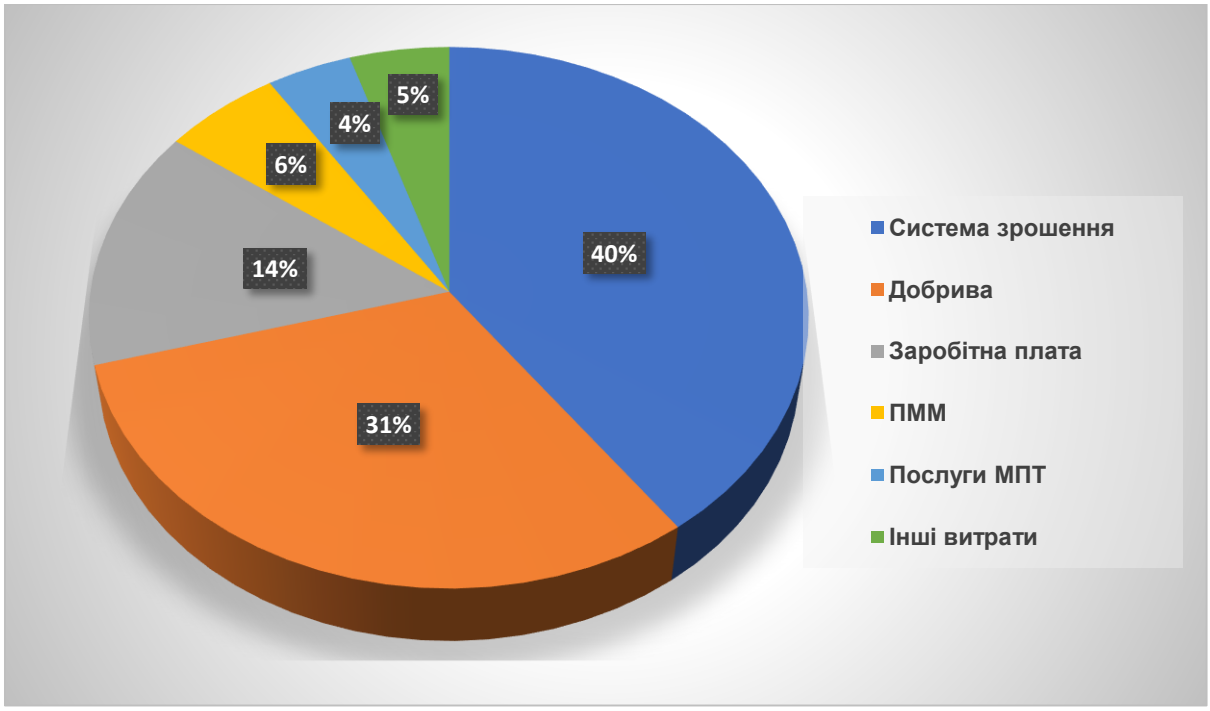


Рис 3. Структура собівартості вирощування лавандину за використання різних способів зрошення

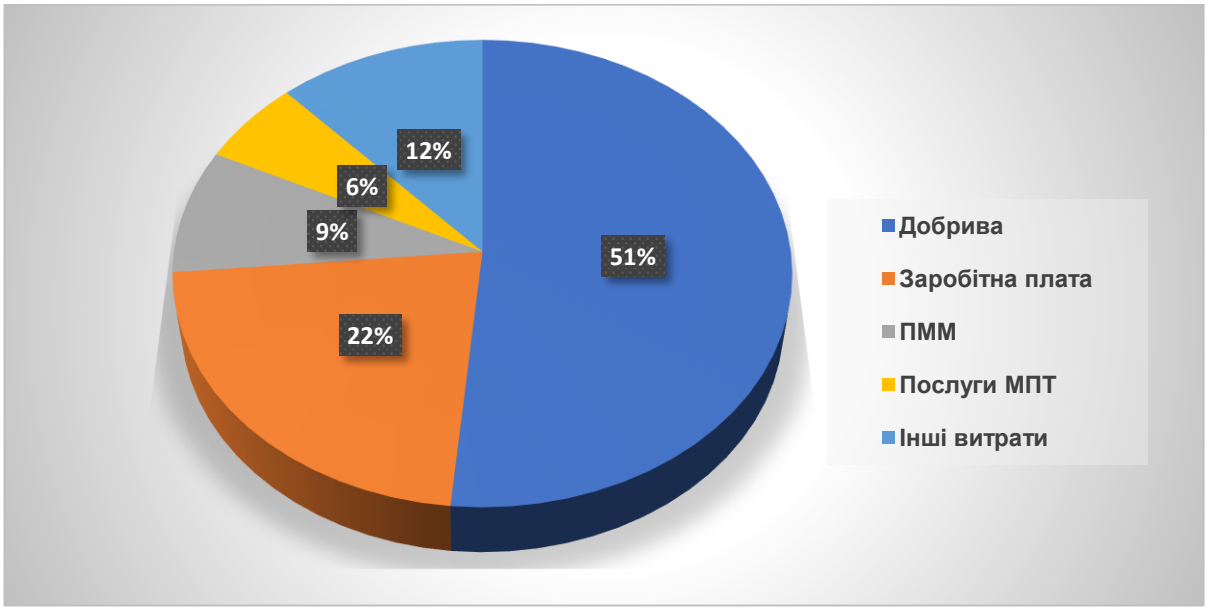


Рис. 4. Структура собівартості вирощування лавандину за вирощування без зрошення

Аналіз економічної ефективності вирощування лавандину свідчить, що на третій рік функціонування насаджень за умови оптимального режиму вологозабезпечення та удобрення культури можна отримати від 114,3 до 147,4 л/га ефірної олії залежно від способів зрошення та систем удобрення.

Загальна кількість виробничих витрат суттєво залежала від організації способів зрошення та

систем удобрення. Найвищим цей показник був у варіанті із застосуванням краплинного підґрунтового поливу за мінеральної системи – II (141,3 тис. грн/га), що пов'язане із вищою вартістю краплинної стрічки, порівняно з її поверхневим розташуванням, а також вартістю мінеральних добрив, які використовували для проведення фертигації.

Застосування органічної системи удобрення, порівняно із мінеральними, за третього року використання лавандину забезпечувало суттєву економію витрат від 7,3 тис. грн/га у варіантах без зрошення до 11,1-20,4 тис. грн/га у варіантах із різними способами поливу. Загальний рівень виробничих витрат за органічної системи удобрення був у межах від 72,3 до 120,8 тис. грн/га залежно від способів зрошення.

Собівартість ефірної олії, отриманої з 1 га насаджень лавандину, була найвищою у варіантах із застосуванням краплинних способів зрошення за мінеральної системи – II, де вона становила 1134,3 (краплинний підґрунтовий спосіб) та 1028,5 грн/л (краплинний поверхневий спосіб). Найнижчою собівартістю характеризувалися варіанти без зрошення (564,7-609,5 грн/л) й спринклерного способу поливу за органічної системи удобрення, де цей показник становив 676,1 грн/л (табл. 2).

2. Економічна ефективність вирощування лавандину за різних способів зрошення та систем удобрення

Спосіб зрошення (Фактор А)	Система удобрення (Фактор Б)	Урожайність суцвіть, т/га	Збір ефірної олії, л/га	Виробничі витрати, тис грн/га	Собівартість, ефірної олії, грн/л	Вартість продукції, тис. грн/га	Прибуток, тис. грн/га	Рівень рентабельності, %
Без зрошення	Мінеральна – I	6,87	115,4	79,6	603,7	207,6	137,9	198,0
	Мінеральна – II	6,80	114,3	79,6	609,5	205,6	136,0	195,2
	Органічна	7,18	128,0	72,3	564,7	230,2	158,0	218,6
Краплинний поверхневий	Мінеральна – I	8,98	120,0	116,6	972,1	215,9	99,2	85,1
	Мінеральна – II	9,14	122,3	125,8	1028,5	220,0	94,2	74,9
	Органічна	9,67	140,6	105,3	749,0	252,9	147,6	140,2
Краплинний підґрунтовий	Мінеральна – I	8,46	122,3	132,2	1080,9	220,0	87,8	66,4
	Мінеральна – II	8,57	124,6	141,3	1134,3	224,2	82,8	58,6
	Органічна	8,82	147,4	120,8	819,8	265,1	144,3	119,4
Спринклерний	Мінеральна – I	9,35	125,7	107,7	856,7	226,1	118,5	110,0
	Мінеральна – II	9,81	131,5	105,3	801,2	236,6	131,2	124,6
	Органічна	9,83	142,9	96,6	676,1	257,1	160,4	166,1

Найбільшу кількість прибутку з 1 га отримано у варіантах з органічною системою удобрення без зрошення – 158,0 тис. грн/га та за спринклерного способу поливу – 160,4 тис. грн/га з рівнем рентабельності 218,6 та 166,1 % відповідно.

Висновки та перспективи. Роки проведення експерименту характеризувалися різними гідротермічними умовами під час вегетації лавандину (2021 р. був надмірно вологим; 2022 р. – дуже посушливий; 2023 р. – вологий), що впливало на режим зрошення культури та її продуктивність. Дотримання оптимального режиму вологозабезпечення сприяло збільшенню маси квіткової сировини в 1,2-1,4 рази, порівняно із варіантами без зрошення, що дозволило отримати від 120,0 до 147,4 л/га ефірної олії. Найбільшу продуктивність лавандину визначено у варіантах застосування органічної системи удобрення як за різних способів зрошення, так і без поливу, що дозволило отримати продукцію з найнижчими показниками собівартості – 564,7 грн/л ефірної олії (без зрошення) та 676,1-819,8 грн/л – за різних способів поливу. Найбільший прибуток отримано за органічної системи удобрення (144,3-160,4 тис. грн/га), з максимальними показниками у варіанті без зрошення – 158,0 та спринклерного способу поливу – 160,4 тис. грн/га.

Отже за сприятливих гідротермічних умов у період вегетації (ГТК >1,0) цілком можливо отримувати високу продуктивність насаджень лавандину як за органічної, так і мінеральної систем удобрення, що забезпечить високу економічну ефективність та прибутковість вирощування даної культури без використання штучного зрошення. В умовах недостатнього зволоження (ГТК<1,0) впродовж вегетаційного періоду доцільно застосовувати один із способів поверхневого зрошення, підтримуючи вологість грунту у шарі 0-60 см на рівні 70% НВ.

Список використаних джерел

1. Марковська О.Є., Свиденко Л.В., Стеценко І.І. Порівняльна оцінка морфометричних показників і господарсько цінних ознак *Lavandula angustifolia* Mill. та *Lavandula hybrida* Rev. *Scientific Horizons*. 2020. № 02 (87). С. 24-31. doi:10.33249/2663-2144-2020-87-02-24-31.

2. Dudchenko V., Svydenko L., Markovska O., Sydiakina O. Morphobiological and biochemical characteristics of Monarda L. varieties under conditions of the southern Steppe of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*. 2020. № 21 (8). P. 99-107. doi: 10.12911/22998993/127093.

3. Бойко Л.О. Економічна ефективність виробництва лікарських рослин та перспективи трав'яного бізнесу. *Таврійський науковий вісник*. 2021. Вип. 9. С. 17-25. doi: 10.32851/2708-0366/2021.9.2 .

4. Lavender oil market. *Market Research*. URL: http://surl.li/jcamy (дата звернення: 01.07.2023).

5. Food and beverage-Lavender essential oil market. *Reports and data*. URL: http://surl.li/jcanf (дата звернення: 01.07.2023).

6. Giray F.H. An analysis of world lavender oil markets and lessons for Turkey. *Journal of essential oil bearing plants.* 2018.

Vol. 21 (6). P. 1612-1623. doi: 10.1080/0972060X.2019.1574612 .

7. Lafhal S., Vanloot P., Bombarda I., Kister J., Dupuy N. Chemometric analysis of French lavender and lavandin essential oils by near infrared spectroscopy. *Industrial crops and products*. 2016. Vol. 80. P. 156-164. doi: 10.1016/j.indcrop.2015.11.017 .

8. Lavender Oil Market Trends, Demand, Growth, Share Analysis, Competitive Landscape and Market Forecast 2023-2030. *Data intelligence.* URL: https://www.datamintelligence.com/research-report/lavender-oil-market (дата звернення: 01.07.2023).

9. Український Прованс: де у нас можна знайти лавандові поля. *Сьогодні.* URL: https://lifestyle.segodnya.ua/ua/lifestyle/nostress/lavandovye-polya-ukrainy-1465780.html (дата звернення: 01.07.2023).

10. Interest in lavender production is just emerging in Ukraine and will further increase – opinion. *East fruit.* URL: http://surl.li/jccmn (дата звернення: 02.07.2023).

11. В Україні з'явиться перший завод із переробки лаванди. *Agroportal*. URL: https://agroportal.ua/news/rastenievodstvo/v-ukrajini-z-yavitsya-pershiy-zavod-z-pererobki-lavandi (дата звернення: 02.07.2023).

12. Ушкаренко В.О., Коковіхін С.В., Вожегова Р.А., Голобородько С.П. Методика польового досліду (зрошуване землеробство): навчальний посібник. Херсон: Грінь Д.С., 2014. 448 с.

13. Методика проведення експертизи сортів рослин групи декоративних, лікарських та ефіроолійних, лісових на придатність до поширення в Україні. 2-ге вид., випр. і доп. / за ред. С.О. Ткачик. Вінниця: ФОП Корзун Д. Ю., 2017. 129 с.

14. Андрійчук В.Г. Економіка аграрних підприємств: підручник, 2-ге вид., доп. і перероб. Київ: КНЕУ, 2002. 624 с.

References

1. Markovska, O.Ye., Svidenko, L.V., & Stetsenko, I.I. (2020). Comparative assessment of morphometric features and agronomic characteristics of *Lavandula angustifolia* Mill. and *Lavandula hybrida* Rev. *Scientific Horizons*, 02 (87), 24-31. doi:10.33249/2663-2144-2020-87-02-24-31.

2. Dudchenko, V., Svydenko, L., Markovska, O., & Sydiakina, O. (2020). Morphobiological and biochemical characteristics of *Monarda* L. varieties under conditions of the southern Steppe of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*, 21 (8), 99-107. doi:10.12911/22998993/127093.

3. Boiko, L.O. (2021). Economic efficiency of the production of medicinal plants and prospects of herb business. *Taurida Scientific Herald. Series: Economics*, (9), 17-25. doi: 10.32851/2708-0366/2021.9.2.

4. Lavender oil market. (2023). Retrieved from http://surl.li/jcamy.

5. Food and beverage-Lavender essential oil market. (2023). Retrieved from http://surl.li/jcanf.

6. Giray, F.H. (2018). An analysis of world lavender oil markets and lessons for Turkey. *Journal of essential oil bearing plants*, 21(6), 1612-1623. doi: 10.1080/0972060X.2019.1574612.

7. Lafhal, S., Vanloot, P., Bombarda, I., Kister, J., & Dupuy, N. (2016). Chemometric analysis of French lavender and lavandin essential oils by near infrared spectroscopy. *Industrial crops and products*, 80, 156-164. doi: 10.1016/j.indcrop.2015.11.017.

8. Lavender Oil Market Trends, Demand, Growth, Share Analysis, Competitive Landscape and Market Forecast 2023-2030. (n.d.). Retrieved from https://www.datamintelligence.com/research-report/lavender-oil-market

9. Ukrainian Provence: where we can find lavender fields. (2021). Retrieved from https://lifestyle.segodnya.ua/ua/lifestyle/nostress/lavandovye-polya-ukrainy-1465780.html.

10. Interest in lavender production is just emerging in Ukraine and will further increase – opinion. (2021). Retrieved from http://surl.li/jccmn.

11. The first lavender processing plant will appear in Ukraine. (2023). Retrieved from https://agroportal.ua/news/rastenievodstvo/v-ukrajini-z-yavitsya-pershiy-zavod-z-pererobki-lavandi.

12. Ushkarenko, V.O., Kokovikhin, S.V., Vozhehova, R.A., & Holoborodko, S.P. (2014). Methodology of field experiment

(irrigated agriculture). Kherson: Gryn D.S., 448.

13. Tkachyk, S.O. (Ed.). (2017). *Methodology for examination of varieties of decorative, medicinal and essential oil, forest plant varieties for suitability for distribution in Ukraine*. Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu.

14. Andriychuk, V.G. (2002). Economics of agricultural enterprises (2nd ed.). Kyiv: KNEU.

15.

PRODUCTIVITY OF LAVANDIN AND ECONOMIC EFFICIENCY OF ITS CULTIVATION USING DIFFERENT ELEMENTS OF TECHNOLOGY

V. V. Dudchenko, I. I. Stetsenko

Abstract. *Cultivation of medicinal and essential oil crops is currently one of the promising directions for the development of small and medium-sized agribusiness not only in Ukraine, but also in EU countries. More than a third of manufactured medicinal products use plant products as raw materials, which is why the demand for them both on the domestic and global markets is constantly growing, which in turn makes this business more attractive compared to traditional agricultural production. Cultures embodying almost all aspects of the use of essential oil and medicinal plants are representatives of the genus Lavandula L. – L. angustifolia, L. latifolia, L. hybrida Rev., as evidenced by the dynamics of the world market of lavender essential oil, which every year at different sources has a steady positive movement (5.4-6.3%), which currently amounts to about 109.4 million dollars with the prospect of reaching 200 million dollars by 2030.*

For the conditions of southern Ukraine, a promising plant from the genus Lavandula L. is lavandin – an interspecies hybrid obtained as a result of artificial crossing of narrow-leaved lavender and broad-leaved lavender. However, there are no detailed recommendations regarding the agricultural techniques of its cultivation in production plantations. The available information in scientific and popular science sources is also general and incomplete and mainly concerns lavender. The purpose of the research was to determine the influence of irrigation methods and fertilization systems on the productivity of flower raw materials of lavandin productivity, 'the Iniy' lavandin variety in particular, and to determine the economic efficiency of their cultivation in the conditions of southern Ukraine. The research was being carried out in 2021-2023 on dark-chestnut weakly on saline medium-sugling soils of a private enterprise "Krynytsia", located in the village Ingulets, Kherson Raion, Kherson Oblast. The scheme of the experiment included three methods of irrigation (factor A) – surface droplet, subsoil droplet, sprinkler and control without irrigation, and three fertilization systems (factor B) – mineral – I, mineral – II, organic.

Analysis of the effectiveness of different irrigation methods shows that during the experiment the sprinkler irrigation method was the most effective in terms of flower mass formation with an average yield of 9.66 t/ha, ranging from 9.35 to 9.83 t/ha depending on the fertilization systems. The yield of essential oil depends more significantly on plant fertilization systems. This indicator was the highest for the use of an organic fertilization system, in which the yield of essential oil was on average 139.7 l/ha, varying from 128.0 to 147.4 l/ha depending on irrigation methods. The maximum profit from 1 hectare was obtained for the organic fertilization system in the version

without irrigation – 158.0 thousand UAH and for the sprinkler method of irrigation – 160.4 thousand UAH with a profitability ratio 218.6; 166.1%, respectively.

Keywords: *lavandin, irrigation, fertilizers, flower raw materials, profit, profitability ratio*

Бобунов О. Ю., Мідик С. В., Хижан О. І., Ковшун Л. О.

УДК 504.054

МОНІТОРИНГ ЕЛЕМЕНТНОГО СКЛАДУ ГРУНТІВ УКРАЇНИ

О. Ю. БОБУНОВ, аспірант, *https://orcid.org/0000-0002-5754-9892*
E-mail: Bobunov.nubip@gmail.com
С. В. МІДИК, кандидат ветеринарних наук, старший дослідник,
http://orcid.org/0000-0002-2682-2884
E-mail: svit.mid@gmail.com
О. І. ХИЖАН, кандидат хімічних наук, доцент,
http://orcid.org/0000-0002-2682-2884
E-mail: olenakhyzhan@nubip.edu.ua
Л. О. КОВШУН, Доктор технічних наук, професор,
http://orcid.org/0000-0002-2682-2884
E-mail: kovshunlidiia@nubip.edu.ua
Національний університет біоресурсів і природокористування України
https://doi.org/10.31548/dopovidi4(104).2023.005

Анотація *Дослідження проводили в Українській лабораторії якості і безпеки продукції АПК НУБіП України. Для визначення елементного складу та важких металів були відібрані зразки грунтів у весняно-літній період на території господарств п΄яти областей України: Київської (Броварський район), Херсонської, Львівської (Пустомитівський район), Рівненської (Млинівський район), Чернігівської області (Сосницький район). Грунтові зразки відбирали з глибини 0–10 см гумусового ґрунтового профілю. Середню пробу дослідної точки отримували змішуванням п'яти окремих зразків, які були відібрані з характерної ділянки площею до 100 м². Оцінку вмісту важких металів проводили атомно-емісійною спектрометрією з індуктивно зв'язаною плазмою (ICP-AES). Вимірювання елементного складу проб проводили на атомно-емісійному спектрофотометрі з індуктивно-зв'язаною плазмою IRIS Interpid II XSP (Thermo Elemental, США). Межа детектування методу 0,1 мг/кг. У якості стандарту використовували ICP multi-element standart solution IV (Mercs KGaA, Germany). Забруднення ґрунтів спостерігали на моніторингових ділянках, що перебувають під впливом промислових підприємств різного профілю: хімічної промисловості та енергетики. Ділянки спостережень характеризуються середнім (помірно небезпечним) та високим (небезпечним) рівнем забруднення. Виділено техногенні геохімічні асоціації важких металів у ґрунтах. Аналіз грунтів Київської області показав, що на сільськогосподарських угіддях, де було відібрані зразки, концентрація важких металів знаходяться в межах ГДК, що свідчить про можливість в місцях одібраних зразків грунту вирощування екологічної сільськогосподарської продукціїї. В жодному з п'яти господарств вміст Cd не перевищує рівень гранично-допустимої концентрації. Підвищений рівень вмісту Zn в зразках Херсонської, Рівненьської, Львівської областей може бути пов'язано, як з геоморфологією досліджуваних територій, так і з*

Бобунов О. Ю., Мідик С. В., Хижан О. І., Ковшун Л. О.

антропогенним навантаженням на них, а саме: пожеж, внесенням пестицидів та мінеральних добрив, техногенного забруднення. Результати моніторингу дають можливість оцінювати ризики забруднення рослин і робити прогноз вірогідності вирощування у цих умовах екологічно безпечної сільськогосподарської продукції.

Ключові слова: *ґрунт, важкі метали, забруднення, кадмій, концентрація, моніторинг, свинець, цинк*

Актуальність. Ґрунти є незамінним природним ресурсом і першоджерелом для одержання сільськогосподаоської продукції. Тому, екологічний стан ґрунтів визначатиме безпеку обєктів сільського господарства, які одержані на цих ґрунтах.

Принцип нормування вмісту шкідливих речовин в орному шарі ґрунту (ГДКг) базується на тому, що потрапляння їх в організм проходить через контактуючі з ґрунтом середовища, а саме: рослини, повітря, вода. Речовини можуть мігрувати в атмосферне повітря або ґрунтові води, знижувати врожайність або погіршувати якість сільськогосподарської продукції. Елементний склад ґрунту – це основна хімічна характеристика ґрунту, яка необхідна для розуміння його властивостей, генезису і родючості. У багатьох регіонах ще збереглися в ґрунтах підвищені запаси елементів живлення, накопичені за часи інтенсивної хімізації. Тому моніторинг елементного складу грунтів є актуальним питанням сьогодення.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Збалансований мінеральний склад грунтів - це основа високого показника врожайності. До найважливіших з них відносяться елементи, без яких неможливе утворення білків, - N, P, S, Fe, Mg; такі елементи, як K, C u, Mg, Na впливають на регуляцію роботи клітин і формування різних тканин рослин (Лозовицький, 2013). Крім того, проблема забруднення довкілля важкими металами є однією з найважливіших проблем сучасності та найближчого майбутнього. Накопичення і забруднення екополютантами відбувається під впливом двох чинників: природного та антропогенного – переважання останнього зростає протягом останніх років. Це, насамперед, може бути обумовлено збільшенням різноманітних джерел забруднення (транспорт, промислові підприємства, побутові відходи) на відносно невеликій площі. Забруднення ґрунту важкими металами призводить до зниження врожайності і якості сільськогосподарської продукції (Кураєва, 2016).

Надходження важких металів у ґрунт визначає можливість їх міграції у ґрунтові води, рослини, а відтак і створює небезпеку для здоров'я

людини. Зміна клімату призвела до збільшення посушливості на території України, що спричинило дефіцит вологи для сільськогосподарських рослин. Нестача вологи може призвести до накопичення шкідливих елементів, зокрема важких металів, у сільськогосподарських культурах, які споживає людина. (Ulianych, 2018).

Особливу небезпеку становлять рухомі форми важких металів, (зокрема: Zn, Cd, Ni, PЬ, Cu), які характеризуються високою міграційною здатністю у об’єктах довкілля і є легкодоступними для рослин (Гумницький, 2007, Гумницький, 2008). Особливістю важких металів є також те, що вони, на відміну від органічних токсикантів, не розкладаються, один раз включившись в біогеохімічні цикли, можуть зберігати свою біологічну активність необмежений час. Міжнародний досвід на прикладі Території Середнього Спішу в Словаччині, яка була об'єктом багатовікової гірничодобувної діяльності демонструє, що вміст важких металів у ґрунтах деяких ділянок може перевищувати гранично допустимі норми, з дуже високими рівнями забруднення для Fe, Cd і Hg. Зразки овочів також показали високі рівні деяких важких металів, таких як Cu, Pb і Hg. Однак оціночні значення добового споживання для всіх важких металів були нижчими за їхнє допустиме добове споживання. (Musilová, 2022). Дослідження підкреслило необхідність постійного моніторингу ґрунтів і сільськогосподарських культур для зменшення потенційних ризиків для здоров'я людини.

Зважаючи на значимість негативного впливу важких металів на екологічний стан та родючість ґрунтів, якість сільськогосподарської продукції, умов існування біоти і здоров’я людини, необхідно, з одного боку, поліпшувати контроль за їх надходженням в екосистеми, а з іншого - удосконалювати технології промислового виробництва з метою зменшення викидів важких металів у навколишнє природне середовище. (Чорна, 2018)

Ще один підхід до оцінки концентраціїї свинцю, міді, кадмію та цинку в ґрунті з різним рівнем pH, а також ступеню забруднення та впливу забруднення ґрунту на концентрацію важких металів в овочах застосований у 2018 році на Технологічному факультеті в Тузлі. Зразки ґрунту були відібрані з ділянки, де вирощувалися різні овочеві культури для органічного сільськогосподарського виробництва. Деякі зразки ґрунту були використані для моніторингу природного вмісту важких металів, тоді як інші були штучно забруднені з підвищеним вмістом металів. Концентрації важких металів у ґрунті та овочах вимірювали за допомогою різних аналітичних методів, таких як

атомно-абсорбційна спектрофотометрія, оптична емісійна спектроскопія з індуктивно зв'язаною плазмою та диференціальна імпульсна вольтамперометрія анодного розряду. (Imširović, 2019)

Мета дослідження полягає в одержанні нових даних про елементний склад ґрунтів для оцінки еколого-геохімічної ситуації регіонів України і є основою для розробки заходів щодо недопущення погіршення нинішнього стану і оздоровлення агроландшафтів шляхом коригування елементного складу ґрунтів.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження проводили в Українській лабораторії якості і безпеки продукції АПК НУБіП України, яка акредитована згідно ДСТУ ISO/IEC 17025. Для визначення елементного складу та важких металів були відібрані зразки ґрунтів у весняно-літній період на території господарств п´яти областей України: Київської (Броварський район), Херсонської, Львівської (Пустомитівський район), Рівненської (Млинівський район), Чернігівської області (Сосницький район). Ґрунтові зразки відбирали з глибини 0–10 см гумусового ґрунтового профілю. Середню пробу дослідної точки отримували змішуванням п’яти окремих зразків, які були відібрані з характерної ділянки площею до 100 м².

Одним з сучасних методів виявлення та кількісної оцінки вмісту важких металів є атомно-емісійна спектрометрія з індуктивно зв’язаною плазмою (ICP-AES), яка характеризується високою чутливістю, точністю й оперативністю, тому придатна для рутинного аналізу органічних, неорганічних речовин і мінералів (Khan et al, 2021, He et al, 2017). Пробопідготовку зразків для визначення хімічних елементів у ґрунті для визначення методом ICP-AES проводили відповідно до методики (Kimbrough et al, 1989). А саме, проби ґрунту для хімічного аналізу висушують до повітряно-сухого стану. Для визначення хімічних елементів пробу ґрунту в лабораторії розсипають на папері і розминають товкачиком великі грудки. Потім вибирають включення - коріння рослин, комах, каміння, скло, вугілля, кістки тварин, а також новоутворення - ґрузи гіпсу, вапняні журавчики та ін. Ґрунт розтирають у ступці товкачиком. Наважку грунту 1 г поміщають в конічну колбу V=100 см^3, додають 10 см^3 HNO_3 (1:1), накривають годинниковим склом та нагрівають при Т=95°С протягом 10 хв. Додають 5 см^3 конц. HNO_3, знову накривають годинниковим склом та гріють при Т=95°С протягом 30 хв. Ця процедура повторюється за необхідності до закінчення окислення проби. Випарюють розчин до об'єму 10 см^3. Охолоджують приблизно 30

хв. Додають 2 мл води та 3 см^3 H_2O_2 і нагрівають проби до 95 °С; додаємо H_2O_2 порціями по 2 см^3 до закінчення виділення бульбашок. Фільтрують розчин проби в скляну мірну колбу V=100 см^3, додають 4 см^3 розчину скандію, концентрацією 50 мг/дм^3 і доводимо до мітки деіонізованою водою. Розведення проби дорівнює 100 разів.

Вимірювання елементного складу досліджуваних проб проводили на атомно-емісійному спектрофотометрі з індуктивно-зв'язаною плазмою IRIS Interpid II XSP (Thermo Elemental, США). Межа детектування методу 0,1 мг/кг. У якості стандарту використовували ICP multi-element standart solution IV (Mercs KGaA, Germany).

Результати дослідження та їх обговорення. Ґрунти містять можуть містити майже всі елементи періодичної системи. У ґрунтах майже всі елементи є обов'язковими і необхідними. Особливістю елементного складу є великий діапазон концентрацій. Аналіз забруднення ґрунтів важкими металами показав, що найвищий коефіцієнт небезпечності свинцю виявлено у ґрунті, на якому вирощували пшеницю, а найнижчий коефіцієнт небезпечності свинцю та кадмію спостерігалося на ґрунтах луків. (Гуцол, 2020) Київська область посідає особливе місце серед областей України як за соціально-політичним значенням, так і за складністю та неоднорідністю природних умов завдяки її географічному положенню на межі Полісся та Лісостепу. Вагоме господарське значення регіону як виробника сільськогосподарської продукції, переважання в ґрунтовому покриві родючих ґрунтів зумовили провідну роль земельного фонду Київщини (Яцук, 2014). Херсонська область являє собою розвинений агропромисловий регіон. Систематичне використання земельного фонду вимагає здійсненя ретельного контролю за рівнем вмісту елеметного складу. Найпоширенішими типами грунтів в області є чорноземи південні малогумусні (46,1%), заликові слабо- і середньо солонцьоваті грунти (36,1%), а також солонцові каштанові грунти (Зайченко, 2014). Найпоширенішими типами грунтів Рівненській області є дерново-підзолисті, опідзолені, дерново-оглеєні та болотні грунти. 60% дерново-підзолистих грунтів області інтенсивно використовуються в сільськогосподарському виробництві. Ґрунтовий покрив Львівщини представлений переважно дерновими, дерново-підзолистими та сірими, сірими опідзоленими ґрунтами, які відрізняються невисоким рівнем природної родючості та легко піддаються деградаційним процесам. Результати елементного аналізу ґрунтів наведено в табл.1-5.

1. Елементний аналіз зразків г рунту Київської області

Найменування показників, одиниці вимірювань	Зразок 1		Зразок 2	
	Результати випробувань	Розширена невизначеність	Результати випробувань	Розширена невизначеність
Масова частка алюмінію, Al, г/кг	4,52	±0,41	4,38	±0,40
Масова частка заліза, Fe, г/кг	4,35	±0,39	4,26	±0,39
Масова частка кальцію, Ca, г/кг	1,16	±0,13	1,12	±0,12
Масова частка калію, K, мг/кг	880,07	±101,49	845,07	±98,05
Масова частка магнію, Mg, мг/кг	735,61	±87,15	720,61	±85,64
Масова частка марганцю, Mn, мг/кг	158,60	±23,67	161,12	±23,90
Масова частка натрію, Na, мг/кг	88,95	±14,48	86,95	±14,21
Масова частка барію, Ba, мг/кг	38,08	±7,04	36,86	±6,85
Масова частка цинку, Zn, мг/кг	18,47	±3,81	17,92	±3,71
Масова частка стронцію, Sr, мг/кг	7,32	±1,74	7,39	±1,75
Масова частка хрому, Cr, мг/кг	7,03	±1,68	7,14	±1,70
Масова частка свинцю, Pb, мг/кг	5,56	±1,37	5,57	±1,38
Масова частка міді, Cu, мг/кг	3,63	±0,96	3,37	±0,90
Масова частка нікелю, Ni, мг/кг	3,31	±0,88	3,19	±0,86
Масова частка літію, Li, мг/кг	3,12	±0,84	2,96	±0,80
Масова частка бору, B, мг/кг	3,05	±0,83	2,77	±0,76
Масова частка кобальту, Co, мг/кг	2,20	±0,63	2,21	±0,63
Масова частка кадмію, Cd, мг/кг	<0,1	-	<0,1	-
Масова частка срібла, Ag, мг/кг	<0,1	-	<0,1	-
Масова частка вісмуту, Bi, мг/кг	<0,1	-	<0,1	-

Аналіз одержаних результатів елементного аналізу грунтів Київської області (таблиця 1) показав, що на сільськогосподарських угіддях, де було відібрані зразки концентрація кобальту, нікелю, хрому, міді, а також цинку була нижча за ГДК в деяких позиціях в кілька разів. Водночас кадмію в аналізованих зразках не було виявлено. Дані свідчать про можливість в місцях одібраних зразків грунту вирощування

екологічної сільськогосподарської продукції.

2. Елементний аналіз зразків грунту Херсонської області

Найменування показників, одиниці вимірювань	Зразок 1		Зразок 2	
	Результати випробувань	Розширена невизначеність	Результати випробувань	Розширена невизначеність
Масова частка алюмінію, Al, г/кг	11,69	±0,91	11,20	±0,88
Масова частка заліза, Fe, г/кг	10,96	±0,86	10,59	±0,84
Масова частка калію, K, г/кг	2,67	±0,26	2,55	±0,25
Масова частка кальцію, Ca, г/кг	2,45	±0,24	2,50	±0,25
Масова частка магнію, Mg, г/кг	2,38	±0,24	2,31	±0,23
Масова частка марганцю, Mn, мг/кг	292,72	±39,84	287,58	±39,24
Масова частка натрію, Na, мг/кг	157,07	±23,48	157,23	±23,50
Масова частка барію, Ba, мг/кг	63,12	±10,82	60,73	±10,47
Масова частка цинку, Zn, мг/кг	41,76	±7,62	39,21	±7,22
Масова частка стронцію, Sr, мг/кг	31,81	±6,05	31,79	±6,04
Масова частка міді, Cu, мг/кг	20,47	±4,16	18,48	±3,81
Масова частка хрому, Cr, мг/кг	19,41	±3,97	18,42	±3,80
Масова частка нікелю, Ni, мг/кг	13,73	±2,96	13,20	±2,86
Масова частка літію, Li, мг/кг	10,68	±2,39	10,12	±2,29
Масова частка бору, B, мг/кг	9,96	±2,25	8,41	±1,95
Масова частка свинцю, Pb, мг/кг	7,63	±1,80	7,26	±1,72
Масова частка кобальту, Co, мг/кг	5,92	±1,45	5,69	±1,40
Масова частка кадмію, Cd, мг/кг	0,39	±0,15	0,37	±0,14
Масова частка срібла, Ag, мг/кг	<0,1	-	<0,1	-
Масова частка вісмуту, Bi, мг/кг	<0,1	-	<0,1	-

Порівняльний аналіз елементного складу зразків грунту Херсонської області (таблиця 2) свідчить, що вміст кадмію, кобальту нижчий або на рівні ГДК. В свою чергу лабораторний контроль вмісту нікелю, хрому, міді і цинку показав про перевищення ГДК в 2-3 рази. На

нашу думку, це може бути результатом антропогенного впливу, а саме промислової діяльності в даній місцевості.

Елементний аналіз зразків грунту Рівненської області.наведено в таблиці 3.

3. Елементний аналіз зразків грунту Рівненської області

Найменування показників, одиниці вимірювань	Зразок 1		Зразок 2	
	Результати випробувань	Розширена невизначеність	Результати випробувань	Розширена невизначеність
Масова частка алюмінію, Al, г/кг	18,56	±1,35	17,36	±1,28
Масова частка заліза, Fe, г/кг	17,17	±1,27	16,64	±1,23
Масова частка кальцію, Ca, г/кг	4,51	±0,41	4,45	±0,40
Масова частка калію, K, г/кг	3,62	±0,34	3,33	±0,31
Масова частка магнію, Mg, г/кг	3,52	±0,33	3,33	±0,31
Масова частка марганцю, Mn, мг/кг	525,96	±65,54	557,27	±68,84
Масова частка натрію, Na, мг/кг	140,73	±21,39	133,51	±20,45
Масова частка барію, Ba, мг/кг	108,51	±17,15	106,12	±16,83
Масова частка цинку, Zn, мг/кг	58,62	±10,16	57,35	±9,98
Масова частка хрому, Cr, мг/кг	29,37	±5,65	26,74	±5,22
Масова частка нікелю, Ni, мг/кг	26,86	±5,24	26,56	±5,19
Масова частка стронцію, Sr, мг/кг	23,34	±4,65	22,01	±4,42
Масова частка літію, Li, мг/кг	19,47	±3,98	17,34	±3,61
Масова частка свинцю, Pb, мг/кг	14,65	±3,13	15,25	±3,24
Масова частка кобальту, Co, мг/кг	11,60	±2,57	11,75	±2,59
Масова частка бору, B, мг/кг	10,72	±2,40	10,00	±2,26
Масова частка міді, Cu, мг/кг	10,35	±2,33	9,58	±2,18
Масова частка кадмію, Cd, мг/кг	0,69	±0,23	0,67	±0,23
Масова частка срібла, Ag, мг/кг	<0,1	-	<0,1	-
Масова частка вісмуту, Bi, мг/кг	<0,1	-	<0,1	-

Як свідчать результати лабораторного контролю вмісту хімічних елементів в грунті сількосгосподарських угідь (таблиця

3), кількість кадмію була меншою за ГДК. Водночас, вміст свинцю, кобальту, нікелю, хрому, міді і цинку перевищує встановлені норми в 2-2,5 рази.

Елементний аналіз зразків грунту Львівської наведено в таблиці 4.

4. Елементний аналіз зразків грунту Львівської області

Найменування показників, одиниці вимірювань	Зразок 1		Зразок 2	
	Результати випробувань	Розширена невизначеність	Результати випробувань	Розширена невизначеність
Масова частка заліза, Fe, **г/кг**	11,59	±0,91	10,15	±0,81
Масова частка алюмінію, Al, **г/кг**	10,76	±0,85	11,20	±0,88
Масова частка кальцію, Ca, **г/кг**	3,33	±0,31	3,29	±0,31
Масова частка магнію, Mg, **г/кг**	2,06	±0,21	1,98	±0,20
Масова частка калію, K, **г/кг**	1,76	±0,18	1,68	±0,18
Масова частка марганцю, Mn, мг/кг	417,92	±53,91	408,28	±52,85
Масова частка натрію, Na, мг/кг	108,95	±17,21	102,29	±16,31
Масова частка барію, Ba, мг/кг	69,28	±11,71	68,28	±11,57
Масова частка цинку, Zn, мг/кг	38,42	±7,10	38,05	±7,04
Масова частка стронцію, Sr, мг/кг	28,47	±5,50	28,21	±5,46
Масова частка хрому, Cr, мг/кг	16,73	±3,50	16,03	±3,38
Масова частка нікелю, Ni, мг/кг	15,47	±3,28	15,18	±3,23
Масова частка свинцю, Pb, мг/кг	11,37	±2,52	11,34	±2,52
Масова частка літію, Li, мг/кг	9,63	±2,19	9,30	±2,13
Масова частка бору, B, мг/кг	8,03	±1,88	7,77	±1,83
Масова частка міді, Cu, мг/кг	7,80	±1,83	7,43	±1,76
Масова частка кобальту, Co, мг/кг	6,78	±1,63	6,59	±1,59
Масова частка кадмію, Cd, мг/кг	0,46	±0,16	0,44	±0,16
Масова частка срібла, Ag, мг/кг	<0,1	-	<0,1	-
Масова частка вісмуту, Bi, мг/кг	<0,1	-	<0,1	-

Аналіз результатів елементного аналізу грунтів Львівської області (таблиця 4) показав, що концентрація кадмію знаходиться в межах норми.

При цьому вміст кобальту свинцю, нікелю, хрому, міді і цинку перевищує ГДК 1,5-2 рази Одержані дані свідчать про результат антропогенного впливу, який в даному випадку має місце при вирощуванні сільськогосподаоської продукції.

Елементний аналіз зразків грунту Чернігівської області аведено в таблиці 5.

5. Елементний аналіз зразків грунту Чернігівської області

Найменування показників, одиниці вимірювань	Зразок 1		Зразок 2	
	Результати випробувань	Розширена невизначеність	Результати випробувань	Розширена невизначеність
Масова частка алюмінію, Al, г/кг	8,20	±0,68	8,83	±0,72
Масова частка заліза, Fe, г/кг	8,06	±0,67	8,59	±0,70
Масова частка кальцію, Ca, г/кг	5,22	±0,46	5,34	±0,47
Масова частка магнію, Mg, г/кг	1,50	±0,16	1,51	±0,16
Масова частка калію, K, г/кг	1,44	±0,15	1,64	±0,17
Масова частка марганцю, Mn, мг/кг	361,28	±47,64	361,58	±47,67
Масова частка натрію, Na, мг/кг	119,01	±18,55	135,18	±20,67
Масова частка барію, Ba, мг/кг	84,62	±13,88	89,56	±14,57
Масова частка стронцію, Sr, мг/кг	35,05	±6,57	36,08	±6,73
Масова частка цинку, Zn, мг/кг	26,63	±5,20	28,37	±5,49
Масова частка хрому, Cr, мг/кг	14,15	±3,04	15,89	±3,35
Масова частка нікелю, Ni, мг/кг	10,85	±2,42	11,41	±2,53
Масова частка міді, Cu, мг/кг	9,38	±2,14	9,30	±2,13
Масова частка свинцю, Pb, мг/кг	8,15	±1,90	8,31	±1,93
Масова частка літію, Li, мг/кг	7,26	±1,72	8,07	±1,89
Масова частка бору, B, мг/кг	7,16	±1,70	6,56	±1,58
Масова частка кобальту, Co, мг/кг	4,68	±1,19	4,92	±1,24
Масова частка кадмію, Cd, мг/кг	0,27	±0,11	0,28	±0,11
Масова частка срібла, Ag, мг/кг	<0,1	-	<0,1	-
Масова частка вісмуту, Bi, мг/кг	<0,1	-	<0,1	-

Елементний склад зразків грунту Чернігівської області (таблиця 5) свідчить, що вміст кадмію, кобальту, нижчий за ГДК. Вміст цинку знаходиться практично в межах норми. В той же час лабораторний аналіз вмісту міді, нікелю і хрому показав про перевищення ГДК в 2-3 рази. В свою чергу, лабораторний контроль вмісту нікелю, хрому і міді показав про перевищення ГДК в 2-3 рази. На нашу думку це може бути результатом антропогенного впливу, а саме промислової діяльності в даній місцевості.

З даних таблиць 1-5 необхідно зазначити, що в жодному з п’яти областей вміст Cd не перевищує ГДК. Аналіз грунтів Київської області показав, що на сільськогосподарських угіддях, де було відібрані зразки, концентрація важких металів знаходяться в межах ГДК. В зразках грунтів Херсонської, Львівської, Рівненської, Чернігівської областей зафіксовано перевищення концентрацій важких металів.

Підвищення вмісту важких металів може носити природничий характер. Так, наприклад, може простежуватися велика різниця у вмісті важких металів між грубими (піщаними) і тонкими (суглинними і глинистими) породами. В пісках вміст важких металів в кілька разів менше, ніж в суглинках і глинах. Основна причина - несхожість мінералогічного складу порід. В пісках переважає кварц, майже позбавлений важких металів, тоді як в суглинках і глинах велика частка глини мінералів, багатих важкими металами. На цьому фоні можуть бути досить помітні регіональні особливості близьких грунтоутворюючих порід. Значні відмінності в елементному хімічному складі виявляються також між лесовидними суглинками регіонів. Причина відмінностей - неоднакова насиченість важкими металами гірських порід, деривати яких послужили матеріалом для формування грунтоутворюючих порід. Тому, підвищений рівень вмісту Zn в зразках Херсонської, Рівненьської, Львівської областей може бути пов‘язано, як з геоморфологією досліджуваних територій так і з антропогенним навантаженням на них. В зразку Львівської області підвищення вмісту цинку може пояснюватись пожежею на території підприємства, що займається виготовленням пакувальних матеріалів, промислової та побутової хімії (https://varianty.lviv.ua/66413-ekolohy-pereviriaiut-hrunt-bilia-sela-chyshky-na-vmist-zabrudniuiuchykh-rechovyn). Звертає на себе увагу підвищений в два рази рівень цинку в зразку Рівненьської області, що носить характер техногенного забруднення.

Оскільки значна частина важких металів потрапляє в ґрунт разом з пестицидами та мінеральними

добривами, їхній вміст необхідно регулювати.

Висновки і перспективи. Дані елементного складу грунтів дають можливість оцінювати ризики забруднення рослинної продукції і прогнозувати вірогідність вирощування у цих умовах екологічно безпечної продукції. Моніторингові дослідження свідчать про необхідність подальших дослідженнь міграції важких металів, а також інших хімічних елементів в рослинній продукції.

Список використаних джерел

1. Гумницький, Я. М., Сабадаш, В. В., Люта, О. Н., Гебій, О. В. Дослідження міграції мінеральних добрив у ґрунтовому середовищі. Вісник Національного університету "Львівська політехніка", 2007. 590, 246-250.

2. Гумницький, Ю. М., Сабадаш, В. В., Тижбір, Г. А. Міграція важких металів у ґрунтовому середовищі. Вісник Національного університету "Львівська політехніка", 2008. 609, 211-213.

3. Гуцол Г.В. Оцінка інтенсивності забруднення ґрунтів важкими металами та заходи щодо підвищення їх якості. The scientific heritage. 2020, No 48

4. Hu, X., Wang, J., Lv, Y., Liu, X., Zhong, J., Cui, X., Zhang, M., Ma, D., Yan, X., & Zhu, X. Effects of Heavy Metals/Metalloids and Soil Properties on Microbial Communities in Farmland in the Vicinity of a Metals Smelter. Frontiers in Microbiology, 2021. 12, Article 707786.

5. Imširović, E., Salkić, B., Keran, H., Salkić, E., & Salkić, A. Examination of the impact of contaminated soil on the concentration of heavy metals in vegetables. International Journal of Development Research, 2019. 9(2), 25612-25619.

6. Khan, S. R., Sharma, B., & Chawla, P. A. (2021). Inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES): a powerful analytical technique for elemental analysis. Food Anal. Methods, 7. https://doi.org/10.1007/s12161-021-02148-4

7. Kimbrough, D. E., & Wakakuwa, J. R. Acid digestion for sediments, sludges, soils, and solid wastes. A proposed alternative to EPA SW 846 Method 3050. Environ. Sci. Technol., 1989. 23(7), 898–900. https://doi.org/10.1021/es00065a021

8. Кураєва, І. В., Кройк, Г. А., Войтюк, Ю. Ю., Кураєва, І. В., Кройк, Г. А., Матвієнко, О. В. Оцінка забруднення урбанізованих територій. Вісн. Дніпропетровського ун-ту, Сер. геол. Геогр., 2016. 24(1), 48-53. doi:10.15421/111608

9. Лозовицький, П. С. Ґрунтознавство: підручник для екологів. Київ - Житомир, ПП "Рута". 2013.

10. Musilová, J., Franková, H., Lidiková, J., Chlpík, J., Vollmannová, A., Árvay, J., Harangozo, Ľ., Urminská, J., & Tóth, T. Impact of old environmental burden in the Spiš region (Slovakia) on soil and home-grown vegetable contamination, and health effects of heavy metals. Scientific Reports, 2022. 12(16371). https://doi.org/10.1038/s41598-022-20847-8

11. M. He, B. Hu, B. Chen, & Z. Jiang. Inductively coupled plasma optical emission spectrometry for rare earth elements analysis. Physical Sciences Reviews, 2016. 2(1). https://doi.org/10.1515/psr2016-0059.

12. Наказ Міністерства охорони здоров'я України. № 1595. 2020, 14 липня. Отримано з https://zakon.rada.gov.ua/go/z0722-20

13. Чорна В.І., Ворошилова Н.В., Сироватко В.О. Розподіл кадмію в грунтах Дніпропетровської області та його акумуляція в продукції рослинництва. Ukrainian Journal of Ecology, 2018. 8(1), 910–917.

14. Ulianych, O. I., Schetyna, S. V., Slobodianyk, G. Ya., Ternavskyi, A. G., Kuhniuk, O. V., & Didenko, I. A. Ecological Status of Soils and Vegetable Products in Cherkasy Region. Ukrainian Journal of Ecology, 2018. 8(3), 10-17.

15. Яцук, І. П., Матусевич, Г. Д. Агроекологічний стан ґрунтів Київської області. Збалансоване природокористування, 2014. 1, 79-84.

16. Зайченко, А. А., Щукайло, С. П., Рибін, Р. М. Агрохімічний стан Херсонської області. У Зрошуване землеробство: Збірник наукових праць 2014. Випуск 61, с. 120-122.

References

1. Chorna, V. I., Voroshylova, N. V., & Syrovatko, V. A. (2018). Cadmium distribution in soils of Dnipropetrovsk oblast and its accumulation in crop production. Ukrainian Journal of Ecology, 8(1), 910-917. https://doi.org/10.15421/2018_293

2. Gumnitsky, Y. M., Sabadash, V. V., Liuta, O. N., & Gebiy, O. V. (2007). Study of migration of mineral fertilizers in the soil environment. Bulletin of Lviv Polytechnic National University, 590, 246-250.

3. Gumnytsky, Y. M., Sabadash, V. V., & Tyzhbir, G. A. (2008). Migration of heavy metals in the soil environment. Bulletin of Lviv Polytechnic National University, 609, 211-213.

4. Gutsol, G. (2020). Assessment of intensity of soil pollution by heavy metals and measures to improve their quality. The Scientific Heritage, 48.

5. Hu, X., Wang, J., Lv, Y., Liu, X., Zhong, J., Cui, X., Zhang, M., Ma, D., Yan, X., & Zhu, X. (2021). Effects of Heavy Metals/Metalloids and Soil Properties on Microbial Communities in Farmland in the Vicinity of a Metals Smelter. Frontiers in Microbiology, 12, Article 707786.

6. Imširović, E., Salkić, B., Keran, H., Salkić, E., & Salkić, A. (2019). Examination of the impact of contaminated soil on the concentration of heavy metals in vegetables. International Journal of Development Research, 9(2), 25612-25619.

7. Khan, S. R., Sharma, B., & Chawla, P. A. (2021). Inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES): a powerful analytical technique for elemental analysis. Food Anal. Methods, 7. https://doi.org/10.1007/s12161-021-02148-4

8. Kimbrough, D. E., & Wakakuwa, J. R. (1989). Acid digestion for sediments, sludges, soils, and solid wastes. A proposed alternative to EPA SW 846 Method 3050. Environ. Sci. Technol., 23(7), 898–900. https://doi.org/10.1021/es00065a021

9. Kurajeva, I. V., Kroi'k, G. A., Vojtjuk, Ju. Ju., & Matvijenko, O. V. (2016). Assessment of pollution in urban areas. Visn. Dnipropetr.Univ. Ser.Geol. Geogr., 24(1), 48-53. doi:10.15421/111608

10. Lozovitsky, P. S. (2013). Soil science: a textbook for ecologists. Kyiv - Zhytomyr, PP "Ruta".

11. M. He, B. Hu, B. Chen, & Z. Jiang. (2016). Inductively coupled plasma optical emission spectrometry for rare earth elements analysis. Physical Sciences Reviews, 2(1). https://doi.org/10.1515/psr2016-0059.

12. Musilová, J., Franková, H., Lidiková, J., Chlpík, J., Vollmannová, A., Árvay, J., Harangozo, Ľ., Urminská, J., & Tóth, T. (2022). Impact of old environmental burden in the Spiš region (Slovakia) on soil and home-grown vegetable contamination, and health effects of heavy metals. Scientific Reports, 12(16371). https://doi.org/10.1038/s41598-022-20847-8

13. Order of the Ministry of Health of Ukraine. (2020, July 14). No. 1595. Retrieved from https://zakon.rada.gov.ua/go/z0722-20

14. Ulianych, O. I., Schetyna, S. V., Slobodianyk, G. Ya., Ternavskyi, A. G., Kuhniuk, O. V., & Didenko, I. A. (2018). Ecological Status of Soils and Vegetable Products in Cherkasy Region. Ukrainian Journal of Ecology, 8(3), 10-17.

15. Yatsuk, I. P., & Matusevych, G. D. (2014). Agroecological state of soils of Kyiv region. Balanced nature management, 1, 79-84.

16. Zaychenko, A. A., Shchukailo, S. P., & Rybin, R. M. (2014). Agrochemical state of Kherson region. In Irrigated agriculture: Collection of scientific papers (Issue 61, pp. 120-122).

Бобунов О. Ю., Мідик С. В., Хижан О. І., Ковшун Л. О.

MONITORING OF ELEMENTAL COMPOSITION OF SOILS IN UKRAINE

O. Y. Bobunov, S. V. Midyk, O. I. Khyzhan, L. O. Kovshun

Abstract *A study was carried out in the Ukrainian Laboratory of Quality and Safety of Agricultural Products at the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Soil samples were collected from farms in five regions of Ukraine, namely Kyiv (Brovary district), Kherson, Lviv (Pustomyty district), Rivne (Mlyniv district), and the Chernihiv region (Sosnytskyi district) during spring and summer to determine the elemental composition and heavy metal content. The samples were taken from a 0-10 cm depth of the humus soil profile from a characteristic area of up to 100 m². The average sample of the research point was obtained by combining five separate samples. The heavy metal content was estimated using inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP-AES), and the elemental composition was measured with an inductively coupled plasma atomic emission spectrophotometer IRIS Intrepid II XSP (Thermo Elemental, USA). The method's detection limit is 0.1 mg/kg, and the standard used was ICP multi-element standard solution IV (Mercs KGaA, Germany). Soil contamination was observed in monitoring sites affected by various industrial enterprises, such as chemical industry and energy, with medium (moderately dangerous) and high (dangerous) levels of pollution. Anthropogenic geochemical associations of heavy metals in soils were identified. In the Kyiv region, the concentration of heavy metals on agricultural land where the samples were taken was within the maximum allowable concentration (MAC), indicating that it is possible to grow ecological agricultural products in those areas. The Cd content did not exceed the maximum permissible concentration in any of the five farms. The high level of Zn in samples from Kherson, Rivne, and Lviv regions could be due to the geomorphology of the studied areas and anthropogenic pressure on them, such as fires, pesticides, mineral fertilizers, and anthropogenic pollution. The monitoring results enable an assessment of plant contamination risks and forecast the likelihood of growing environmentally safe agricultural products in these conditions.*

Keywords**:** *Soil, heavy metals, pollution, cadmium, concentration, monitoring, lead, zinc*

Породько М. А.

УДК 633.16:631.8:631.559:631.165.2

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО В ПІВНІЧНІЙ ЧАСТИНІ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ

М. А. ПОРОДЬКО, науковий співробітник,
https://orcid.org/0000-0001-5930-0508
E-mail: mporodko279@gmail.com
Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України»

https://doi.org/10.31548/dopovidi4(104).2023.006

Анотація. *Актуальність. Ячмінь є зерновою культурою, яка не втрачає свого значення в умовах сьогодення. Однак технології, які використовуються нині в аграрному виробництві, не забезпечують максимальної реалізації генетичного потенціалу сучасних сортів ячменю ярого. Тому актуальним є пошук заходів інтенсифікації технологій вирощування культури, які дозволять підвищити урожайність і якість продукції, стабілізувати виробництво зерна, що сприятиме забезпеченню продовольчої безпеки України. Мета – встановити вплив застосування різних норм мінеральних добрив, стимуляторів росту на фоні різних попередників на урожайність і якість зерна ячменю ярого та визначити економічну ефективність технологічних процесів вирощування культури в умовах північної частини Правобережного Лісостепу. Методи. Під час проведення досліджень було застосовано метод польового досліду, візуальний, зважувально-ваговий, розрахунковий та статистично-математичний, а також хіміко-аналітичні методи, що відповідають нормативній базі України. Результати. Дослідження, проведені протягом 2018-2020 рр. на темно-сірому опідзоленому крупнопилувато-легкосуглинковому ґрунті в умовах північної частини Правобережного Лісостепу засвідчили, що найкращі умови для максимальної реалізації потенціалу сучасних сортів ячменю ярого забезпечує розміщення культури після кукурудзи на зерно, вирощеної на високих агрофонах удобрення. Встановлено високу ефективність застосування мінеральних добрив у технології вирощування ячменю ярого. У середньому за роки досліджень найвищу врожайність культури забезпечило внесення добрив нормою* $N_{(45+45)}P_{90}K_{90}$ *на фоні застосування побічної продукції попередників - від 4,00 і 4,39 т/га за вирощування після сої до 4,34 і 4,88 т/га за вирощування після кукурудзи на зерно залежно від включення до технології вирощування такого фактора інтенсифікації як застосування стимуляторів росту. Внесення вказаної норми добрив забезпечує приріст урожайності до контролю на рівні від 1,52-1,83 т/га за вирощування після сої до 2,72-3,18 т/га – після кукурудзи на зерно. Відмічено поліпшення якісних показників зерна ячменю ярого за внесення підвищених доз мінеральних добрив. Модель технології, яка передбачала внесення* $N_{(45+45)}P_{90}K_{90}$ *на фоні побічної продукції попередників та застосування стимуляторів росту забезпечує найбільший збір білка і крохмалю: за*

вирощування після сої - 0,65 і 2,16 т/га, після кукурудзи на зерно - 0,67 і 2,44 т/га відповідно. Розрахунки економічної ефективності підтверджують, що ця технологія дозволяє отримати прибуток на рівні 14206 грн/га за рентабельності 94%. Перспективи. У подальшому дослідження повинні бути спрямовані на удосконалення елементів технології вирощування ячменю ярого з метою превентивного нівелювання наслідків кліматичних флуктуацій для стабілізації виробництва зерна цієї цінної культури, яка в значній мірі забезпечує продовольчу безпеку держави в умовах воєнного стану та повоєнного відновлення.

Ключові слова: *добрива, економічна ефективність, попередник, стимулятор росту, урожайність, якість зерна, ячмінь ярий*

Актуальність. Ячмінь ярий вирощують з часів зародження землеробства і в умовах сьогодення він не втрачає своєї ваги, оскільки є культурою багатоцільового призначення. За даними ФАО, з 130–150 млн. т щорічних валових зборів ячменю 42–48 % використовується на промислову переробку, а саме: приготування різних комбікормів та на кормові цілі – 16 %, 6–8 % – на виробництво пива, 15 % – на харчові продукти. Зерно та продукти його переробки, а саме, різні форми солодових витяжок (так звані «мальц екстракти») також використовуються в текстильному, кондитерському, фармацевтичному та інших виробництвах. В 1 кг зерна міститься 1,2 кормові одиниці і 100 г перетравного протеїну, а також до 16 % білка, майже 2 % жиру, 3 % золи та 62–65 % безазотистих екстрактивних речовин. Зерно краще збалансоване за амінокислотним складом, ніж зерно пшениці, кукурудзи та інших зернових культур. В 1 кг зерна міститься 5,5 г лізину, 1,7 г триптофану, 2 г метіоніну, 1,9 г цистину. Якщо для нормальної годівлі тварин у білку ячменю не вистачає 20 % лізину, то в білку пшениці – 43 %. За енергетичною поживністю ячмінь перевищує овес на 15 % і поступається лише на 3 % гороху. перетравлюваність зерна ячменю досягає 85 % [1,2].

За даними О. М. Гайденко, В. А. Іщенко та Г. М. Козелець [3]сучасні сорти здатні формувати вагомі врожаї ячменю в Україні, рівень яких може сягати 4-6 т/га. Однак, наголошують науковці, характерною рисою виробництва зерна ячменю ярого в Україні є коливання рівня врожаїв і валових зборів зерна через несталість умов вирощування. Наприклад, за даними Державної служби статистики середня урожайність в Україні за останні роки (2019-2021 рр.) становить 3,1-3,4 т/га [4].

Це свідчить про недосконаліть технологій вирощування ячменю ярого, які застосовують у сучасному аграрному виробництві. Тому актуальним є пошук заходів

інтенсифікації технологій вирощування культури, які дозволять підвищити урожайність і якість продукції, стабілізувати виробництво зерна, що сприятиме забезпеченню продовольчої безпеки України.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Вченими доведено, що одними з провідних факторів формування продуктивності в технологіях вирощування є попередник, система удобрення та стимулятори росту [5,6,7].

Як стверджують автори Бойко П.І. [8], Камінський В.Ф. [9], Юркевич Є.О. [10] правильне розміщення ячменю ярого в сівозміні позитивно впливає на всі важливі ґрунтові процеси, насамперед – поживний, водний, повітряний і тепловий режими, сприяє активній детоксикації шкідливих речовин, визначаючи, таким чином, весь комплекс умов розвитку складного агробіоценозу, найважливішою часткою якого є зелені рослини.

Мельник С.І., Муляр О.Д., Кочубей М.Й., Іванцов П.Д. стверджують, що кращими попередниками під ячмінь є просапні культури (картопля, коренеплоди, кукурудза на силос, зерно, деякі технічні культури), під які вносять органічні і мінеральні добрива, а також такі попередники, які залишають ґрунт у рихлому стані. Крім того, для ячменю добрими попередниками є озимі зернові та зернобобові, які залишають у ґрунті багато поживних речовин [11].

За результатами досліджень Петриченка В.Ф., Романюка В.І. [12] оптимізація технології вирощування ячменю ярого за рахунок збалансованої системи удобрення, в умовах центральної частини Правобережного Лісостепу, зокрема внесення азотних добрив у дозі N_{90} на фосфорно-калійному фоні $P_{45}K_{45}$ та застосування регуляторів росту рослин (Біном або Терпал), забезпечила реалізацію генетичного потенціалу сортів Набат та Вінницький 28 на 60–70% та приріст урожайності зерна на 2,21–1,97 т/га та відповідно показники вмісту білка 13,8–13,9 %.

В умовах Північного Степу України на чорноземах звичайних важкосуглинкових внесення $N_{10}P_{10}K_{10}$ забезпечувало приріст врожайності до контролю 0,32–0,63 т/га, або 8,4–17,0 %, $N_{40}P_{40}K_{40}$ – 0,66–0,95 т/га, або17,4–25,8 % залежно від попередника [13].

Дослідженнями, які були проведені в умовах східної частини Лісостепу, встановлено, що внесення мінеральних добрив в дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ забезпечило зростання урожайності зерна ячменю ярого сорту Виклик на 0,72 т/га та сорту Парнас на 0,59 т/га, а застосування регуляторів росту рослин і мікродобрива на удобреному фоні живлення сприяли подальшому збільшенню урожайності ячменю: по сорту Виклик на 0,95–0,98 т/га, по

сорту Парнас на 0,84–0,85 т/га, порівняно з контролем на фоні без внесення добрив [14].

За результатами досліджень, проведених в умовах Південного Степу на чорноземі південному важкосуглинковиму, застосування регуляторів росту для обприскування рослин забезпечило приріст урожайності зерна ячменю ярого сорту Сталкер, порівняно з контрольним варіантом, на рівні 0,9–1,5 т/га (32,0–52,5 %), а сорту Вакула – 0,8– 1,5 т/га (27,1–52,7 %) [15].

З огляду на вищесказане , немає єдиної думки щодо дози внесення добрив під ячмінь ярий особливо зі стимулятором росту. Можна дійти висновку, що залежно від ґрунтових і кліматичних умов дози добрив під ячмінь суттєво відрізняються. Отже визначення комплексного впливу добрив та стимуляторів росту за вирощування ячменю після різних попередників в умовах північної частині Правобережного Лісостепу є важливим завданням аграрної науки як з практичної, так і з теоретичної точки зору.

Мета досліджень полягає у встановленні впливу комплексного застосування удобрення, стимуляторів росту на фоні різних попередників на урожайність і якість зерна ячменю ярого та визначенні економічної ефективності технологічних процесів вирощування культури в умовах північної частини Правобережного Лісостепу.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження проводили у довгостроковому стаціонарному досліді відділу зернових колосових культур “ННЦ ІЗ НААН” впродовж 2018-2020 рр. Ячмінь ярий сорту Віраж висівали з нормою 4,5 млн. схожих насінин на гектар. Ґрунт дослідної ділянки – темно-сірий опідзолений крупнопилувато-легкосуглинковий, характеризується низьким умістом гумусу, дуже низьким рівнем забезпеченості лужногідролізованим азотом, високим вмістом рухомих форм фосфору, середнім – калію. Схема досліду наведена у табл. 1. Площа облікової ділянки 28 м^2, повторність досліду - чотириразова.

1. **Схема досліду**

Фактор		
Попередник (А)	Удобрення (В)	Стимулятори росту (С)
1. Соя 2. Кукурудза на зерно	Без добрив (контроль)	1. Без застосування стимуляторів росту 2. З застосуванням стимуляторів росту
	(П.п.) Побічна продукція попередника	
	(П.п.) + $N_{30}P_{30}K_{30}$ + мікродобриво	
	(П.п.) + $N_{30}P_{30}K_{30}$	
	(П.п.) + $N_{30}P_{60}K_{60}$+$N_{30(IV)}$	
	(П.п.) + $N_{60}P_{80}K_{80}$+$N_{60(IV)}$	
	(П.п.) + $N_{45}P_{90}K_{90}$+$N_{45(IV)}$	

Породько М. А.

Агротехніка вирощування ячменю ярого загальноприйнята для зони вирощування окрім факторів, що досліджували. Використовували мінеральні добрива у формі аміачної селітри (34,5 % д. р. азоту), суперфосфату (19,5 % д. р. P_2O_5) і калію хлористого (56 % д. р. K_2O). Фосфорні і калійні добрива вносили під основний обробіток, азотні – навесні під культивацію.

Застосовували на IV етапі органогенезу мікродобриво «Біфоліар Мікроплант» , хелатизоване та вироблене за нанотехнологією у формі рідини та суспензії. Стимулятори росту застосовували у 2 етапи. Проводили обробку насіння перед сівбою стимулятором росту Регоплант, 250 мл/т. На IV етапі органогенезу проводили обприскування посівів Стимпо, у дозі 20 мл/га. В основу цих препаратів покладено синергетичний ефект взаємодії продуктів біотехнологічного вирощування грибів-мікроміцетів з кореневої системи женьшеню і авермектинів.

Визначення урожайності основної та побічної продукції проводили поділянково, методом суцільного обліку прямим комбайнуванням. Бункерну масу зерна перераховували на урожайність з одного гектара з урахуванням засміченості і вологості, які визначали за ДСТУ 4138−2002. Вміст у зерні білка та крохмалю визначали методом інфрачервоної спектроскопії, згідно ДСТУ 4117:2007. Показники економічної ефективності вирощування ячменю ярого розраховували за технологічною картою виконаних робіт, згідно “Методичних вказівок з визначення економічної оцінки вирощування сільськогосподарських культур за інтенсивними технологіями” (2003) за цінами 2021 року.

Результати дослідження та їх обговорення. Аналіз результатів дослідження засвідчив, що всі фактори, поставлені на вивчення у досліді, мали вплив на формування врожайності ячменю ярого (табл. 2). В середньому за 2018-2020 рр. рівень урожайності коливався залежно від варіанта удобрення і застосування стимуляторів росту від 1,52 т/га до 4,88 т/га зерна за вирощування після кукурудзи і від 2,48 до 4,39 т/га - після сої.

Результати досліджень засвідчили високу ефективність застосування мінеральних добрив у технології вирощування ячменю ярого. У середньому за роки досліджень найвищу врожайність культури забезпечило внесення добрив нормою $N_{(45+45)}P_{90}K_{90}$ на фоні застосування побічної продукції попередників - від 4,00 і 4,39 т/га за вирощування після сої до 4,34 і 4,88 т/га за вирощування після кукурудзи на зерно залежно від включення до технології вирощування такого фактора інтенсифікації як

застосування стимуляторів росту. Таким чином, внесення вказаної норми добрив забезпечує приріст урожайності до контролю на рівні від 1,52-1,83 т/га за вирощування після сої до 2,72-3,18 т/га – після кукурудзи на зерно.

Підвищення дози азотних добрив до N_{120} (60 кг/га д.р. азоту під передпосівну культивацію і 60 кг/га у підживлення на IV етапі органогенезу) на фоні внесення $P_{80}K_{80}$ не забезпечило зростання врожайності культури порівняно з згаданими вище варіантами. Так, за вирощування після сої у варіантах внесення такої норми добрив урожайність зерна становила 3,67 і 3,96 т/га, після кукурудзи на зерно – 3,59 і 3,85 т/га залежно від застосування стимуляторів росту, що більше від показників, отриманих на контролі без добрив, на 1,19 і 1,40 т/га та 1,97 і 2,15 т/га відповідно. Такий недобір, на нашу думку, спричинило вилягання посівів і, як наслідок формування, щуплого зерна, що говорить про недостатню збалансованість забезпечення елементами живлення рослин за такої системи удобрення.

2. Урожайність ячменю ярого залежно від технології вирощування, т/га, середнє за 2018-2020 рр.

Варіант удобрення	Попередник соя		Попередник кукурудза на зерно	
	1*	2	1	2
Без добрив (контроль)	2,48	2,56	1,62	1,7
(П.п.) Побічна продукція попередника	2,69	2,68	1,52	1,58
(П.п.) + $N_{30}P_{30}K_{30}$ + мікродобриво	3,32	3,59	2,88	3,04
(П.п.) + $N_{30}P_{30}K_{30}$	3,48	3,62	2,92	3,05
(П.п.) + $N_{30}P_{60}K_{60}+N_{30(IV)}$	3,78	3,83	3,80	4,13
(П.п.) + $N_{60}P_{80}K_{80}+N_{60(IV)}$	3,67	3,96	3,59	3,85
(П.п.) + $N_{45}P_{90}K_{90}+N_{45(IV)}$	4,00	4,39	4,34	4,88
$НІР_{05}$	за факторами: погодні умови (рік) – 0,05; попередник – 0,04; удобрення – 0,08; стимулятор росту – 0,04; загальна – 0,29			

Примітка. 1. Без застосування стимуляторів росту; 2. З застосуванням стимуляторів росту

На користь викладеного вище твердження свідчать результати, отримані у варіантах, які передбачали підвищення фосфорно-калійного фону удобрення до $P_{60}K_{60}$ та внесення азоту роздрібно, дозами по 30 кг/га

д.р. під передпосівну культивацію та у підживлення на IV етапі органогенезу. Збалансована таким чином система удобрення сприяла отриманню приростів врожаю зерна ячменю на 0,13-0,28 т/га вищих порівняно до відмічених за удобрення нормою $N_{120}P_{80}K_{80}$.

Зауважимо, що ячмінь ярий позитивно реагував навіть на одинарні норми мінеральних добрив. Так, за внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ на фоні побічної продукції урожайність культури становила 3,48 і 3,62 т/га після сої і 2,92 і 3,05 т/га після кукурудзи на зерно, забезпечивши приріст до контролю 1,00-1,06 і 1,30-1,35 т/га відповідно. За включення до такої системи удобрення мікродобрива відмічали незначне зниження врожайності (на 0,01; 0,03; 0,04 і 0,16 т/га при $НІР_{05}$ за фактором «добрива» - 0,08 т/га).

Необхідно відмітити, що попередники мали істотний вплив на формування в ячменю ярого, який залежав від застосованих норм добрив. Так, на неудобрених варіантах та фонах забезпечення ячменю поживними елементами, нижчих за оптимальні (застосування побічної продукції попередника та на її фоні - внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$), показники врожайності при вирощуванні культури після кукурудзи на зерно зафіксовані на рівні від 1,52 до 3,05 т/га. Вирощування культури після сої забезпечило отримання приростів врожаю у відповідних варіантах на 13,3-43,5 %.

Водночас, на підвищених фонах мінерального удобрення, збалансованих за елементами живлення рослин, відмічено перевагу як попередника кукурудзи на зерно. Так, за вирощування ячменю після цієї культури при внесенні $N_{(30+30)}P_{60}K_{60}$ отримали урожай зерна на рівні 3,80 і 4,13 т/га, що на 7,8-7,9 % більше, ніж за вирощування після сої. На фоні мінерального удобрення нормою $N_{(45+45)}P_{90}K_{90}$ вирощування ячменю після кукурудзи забезпечило отримання 4,34 т/га зерна у варіантах без застосування стимуляторів росту і 4,88 т/га за включення цього технологічного прийому в технологію вирощування, що визначило приріст показника на 0,34 т/га, або 11,2 %, і 0,49 т/га, або 12,3 % відповідно. Поясненням такого підвищення, на нашу думку, слугує кращий агрономічний фон, залишений нормами добрив, застосованими під попередник, і, відповідно, участю їх післядії у формуванні забезпечення рослин ячменю елементами живлення.

Розглядаючи окремо дію такого фактора інтенсифікації технології вирощування ячменю як застосування стимуляторів росту, слід сказати що цей агроприйом є істотним резервом збільшення врожайності культури. Так, в середньому за 2018-2020 рр. оброблення насіння препаратом

Породько М. А.

Регоплант та позакореневе обприскування посівів стимулятором росту Стимпо забезпечили залежно від варіанту внесення добрив підвищення врожайності ячменю на 0,08-0,39 т/га за вирощування культури після сої та на 0,06-0,54 т/га – після кукурудзи на зерно.

За результатами багатофакторного дисперсійного аналізу трьохрічних даних визначено частку впливу кожного фактору на формування урожайності ячменю ярого (рис. 1). Встановлено, що в середньому за роки досліджень найбільший вплив на урожайність ячменю ярого мали добрива. Їхня частка у формуванні урожайності склала 66,5 %, значно нижчим виявився вплив погодних умов (16,8 %) і майже однаково впливали попередники (7,7 %) та стимулятори росту (5,8 %).

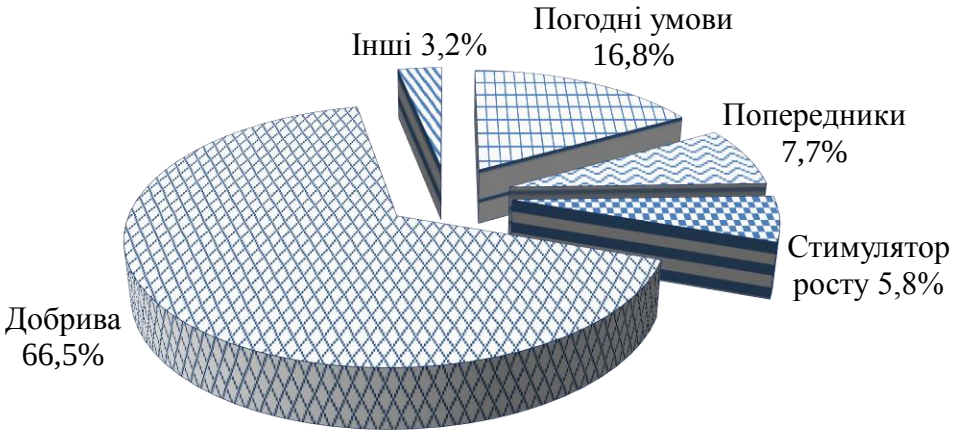


Рис. 1 Частка впливу факторів на формування урожайності зерна ячменю ярого сорту Віраж (2018-2020рр.)

Вміст білка у зерні ячменю значною мірою залежав від елементів технології вирощування культури, які були поставлені на вивчення (табл. 3). На варіантах без внесення мінеральних добрив у середньому за 2018-2020 рр. він становив 11,50-12,72 % залежно від попередника і застосування стимуляторів росту.

3. Показники якості зерна ячменю ярого залежно від досліджуваних факторів, середнє за 2018-2020 рр.

Варіант удобрення	Вміст білка, %				Вміст крохмалю,%			
	Попередник соя		Попередник кукурудза на зерно		Попередник соя		Попередник кукурудза на зерно	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Без добрив (контроль)	12,08	12,49	11,96	11,43	52,43	51,76	52,60	52,58
Побічна продукція попередника (П.п.)	12,13	12,72	12,00	11,50	52,51	51,83	52,64	52,66
(П.п.) + N30P30K30 + мікродобриво	13,46	13,33	12,38	12,09	51,48	51,34	52,58	52,39
(П.п.) + N30P30K30	13,22	12,96	12,17	11,75	50,85	52,17	52,11	52,43
(П.п.) + N30P60K60 N30(IV)	13,74	13,49	13,77	12,70	50,71	51,56	50,69	52,10
(П.п.) + N60P80K80+ N60(IV)	14,59	14,56	14,76	14,17	49,99	49,57	49,43	49,88
(П.п.) + N45P90K90 +N45(IV)	14,20	14,83	13,90	13,70	50,13	49,32	50,30	50,11
НІР05	1,32	1,23	1,55	1,50	1,40	1,58	1,81	1,65

Примітка. 1. Без застосування стимуляторів росту; 2. З застосуванням стимуляторів росту

Внесення одинарних норм добрив $N_{30}P_{30}K_{30}$ на фоні побічної продукції забезпечило зростання цього показника до 11,75-13,22 %, а додаткове включення до такої системи удобрення позакоренового внесення мікродобрива Біфоліар Мікроплант – до 12,09-13,46 %. Роздрібне внесення азотних добрив під передпосівну культивацію і в підживлення по 30 кг/га д.р. азоту на фоні $P_{60}K_{60}$ сприяло зростанню даного показника до 12,70-13,77 %. Підвищення дози азотних мінеральних добрив до N_{90} і N_{120} забезпечило збільшення вмісту азоту в зерні ячменю на 1,94-2,74 % (абс.), або 16,2-24,0 % (відн.) порівняно до контролю без добрив.

Аналізуючи вплив попередника, слід сказати, що у більшості варіантів вищі показники вмісту азоту в зерні відмічено за вирощування ячменю після сої. Найістотніші різниці відмічено на контролі без добрив та за моделей технології, які передбачали застосування стимуляторів росту, побічної продукції та на її фоні – одинарних доз добрив $N_{30}P_{30}K_{30}$), що забезпечили збільшення вмісту азоту на 9,3-10,6 % (відн.).

Найбільший вміст білка зерні 14,83 % забезпечило комплексне поєднання у технології таких елементів як вирощування ячменю після попередника соя, внесення добрив у нормі $N_{45}P_{90}K_{90}$+ $N_{45(IV)}$ та застосування стимуляторів росту. Разом з тим, за вирощування після

кукурудзи найвищий вміст білка 14,76 % забезпечила технологія, яка передбачала внесення високих доз добрив особливо азотних $N_{60}P_{80}K_{80}+N_{60(IV)}$.

Встановлено, що в середньому за 2018-2020 рр. кількість крохмалю в зерні мала тенденцію до збільшення при зменшенні доз внесених добрив. При вирощуванні ячменю ярого після попередника соя найбільший вміст крохмалю 52,51 і 52,17 % забезпечили технології, де використовували лише побічну продукцію попередника, а також варіант з внесенням добрив у дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$. За високоінтенсивних технологій вирощування виявлена тенденція до зменшення даного показника на 2,19-2,44 % відносно абсолютного контролю. По попереднику кукурудза на зерно максимальний показник крохмалю 52,66 % отримано також у варіанті з побічною продукцією, а найменший відмічено на високому фоні удобрення дозою $N_{60}P_{80}K_{80}+N_{60(IV)}$ – 49,43 %, що на 3,17 % (абс.) нижче за показник контрольного варіанту.

Відомо, що одним з основних критеріїв технології вирощування ячменю ярого є валовий збір білка та крохмалю з урожаєм. За результатами проведених досліджень встановлено, що досліджувані фактори мали значний вплив на ці показники.

Розрахунки показали, що в умовах північної частини правобережного Лісостепу залежно від технології вирощування ячменю можливо отримати від 0,18 до 0,67 т/га білка і від 0,80 до 2,44 т/га крохмалю (табл. 4).

4. Збір білка і крохмалю з урожаєм зерна ячменю ярого залежно від елементів технології вирощування, т/га, середнє за 2018-2020 рр.

Варіант удобрення	Збір, т/га							
	білка				крохмалю			
	попередник соя		попередник кукурудза на зерно		попередник соя		попередник кукурудза на зерно	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Без добрив (контроль)	0,30	0,32	0,19	0,19	1,30	1,33	0,85	0,89
Побічна продукція попередника (П.п.)	0,33	0,34	0,18	0,18	1,41	1,39	0,80	0,83
(П.п.) + N30P30K30 + мікродобриво	0,45	0,48	0,36	0,37	1,71	1,84	1,51	1,59
(П.п.) + N30P30K30	0,46	0,47	0,36	0,36	1,77	1,89	1,52	1,60
(П.п.) + N30P60K60 N30(IV)	0,52	0,52	0,52	0,52	1,92	1,98	1,93	2,15
(П.п.) + N60P80K80+ N60(IV)	0,54	0,58	0,53	0,55	1,84	1,96	1,77	1,92
(П.п.) + N45P90K90 +N45(IV)	0,57	0,65	0,60	0,67	2,00	2,16	2,18	2,44
НІР05	0,14	0,16	0,36	0,43	0,23	0,25	0,72	0,83

Примітка. 1. Без застосування стимуляторів росту; 2. З застосуванням стимуляторів росту

Зі збільшенням норм внесення мінеральних добрив по обох попередниках виявлена закономірність щодо зростання величини збору білка і крохмалю. За вирощування після сої найбільший збір білка та крохмалю із зерном ячменю отримали у варіанті внесення мінеральних добрив у нормі $N_{45}P_{90}K_{90}+N_{45(IV)}$ на фоні застосування побічної продукції і стимуляторів росту – відповідно, 0,65 і 2,16 т/га, приріст до контролю склав 0,33 і 0,83 т/га. Аналогічна модель технології вирощування після кукурудзи на зерно забезпечила отримання найвищих значень цих показників в цілому по досліду – 0,67 і 2,44 т/га відповідно.

Результати наших досліджень показують, що вибір попередника, норми мінеральних добрив та застосування стимуляторів росту є вагомими факторами не тільки формування врожайності ячменю, а й економічної ефективності його виробництва. При вирощуванні ячменю ярого за технології, яка передбачала внесення мінеральних добрив в нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$ на фоні заорювання побічної продукції попередника та застосування стимуляторів росту урожайність зерна склала 4,88 т/га після кукурудзі та 4,39 т/га після сої. За даної технології собівартість одиниці продукції знизилась до 3089 - 3420 грн, рівень рентабельності зріс до 94-75 %.

У середньому за роки дослідження максимальний рівень прибутку - 14206 грн/га – отримали за вирощування ячменю ярого після кукурудзи на зерно за моделлю технології, яка передбачала внесення $N_{90}P_{90}K_{90}$ на фоні побічної продукції попередника і застосування стимуляторів росту. За цієї технології витрати на виробництво склали 15074 грн/га, собівартість - 3089 грн/т, а рівень рентабельності – 94 %.

Висновки і перспективи. В умовах північної частини Правобережного Лісостепу найкращі умови для максимальної реалізації потенціалу сучасних сортів ячменю ярого забезпечує розміщення культури після кукурудзи на зерно, вирощеної на високих агрофонах удобрення.

За недостатнього ресурсного забезпечення (застосування у якості добрив лише побічної продукції попередника, або внесення на її фоні одинарних норм мінеральних добрив) оптимальним є вирощування ячменю ярого після сої. Такі технології забезпечують отримання врожаю зерна на рівні 2,69-3,62 т/га.

Найефективнішим для формування врожаю зерна ячменю ярого було комплексне поєднання внесення мінеральних добрив у нормі $N_{(45+45)}P_{90}K_{90}$ та застосування стимуляторів росту, яке забезпечило у середньому за 2018-2020 рр. урожайність культури при вирощуванні після сої на рівні

4,39 т/га, після кукурудзи на зерно – 4,88 т/га. Застосування такої моделі технології забезпечує найбільший збір білка і крохмалю: за вирощування після сої - 0,65 і 2,16 т/га, після кукурудзи на зерно - 0,67 і 2,44 т/га відповідно. Розрахунки економічної ефективності підтверджують, що ця технологія дозволяє отримати прибуток на рівні 14206 грн/га за рентабельності 94 %.

У подальшому дослідження повинні бути спрямовані на удосконалення елементів технології вирощування ячменю ярого з метою превентивного нівелювання наслідків кліматичних флуктуацій для стабілізації виробництва зерна цієї цінної культури, яка в значній мірі забезпечує продовольчу безпеку держави в умовах воєнного стану та повоєнного відновлення.

Список використаних джерел

1. Петриченко В. Ф, Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур. Львів: НВФ “Українські технології”, 2020. 221- 222 с.

2. Зінченко О .І. Рослинництво: підручник. Умань: Видавець Сочінський М.М., 2016. 612 с.

3. Гайденко О. М., Іщенко В. А. та. Козелець Г. М Ефективне вирощування ячменю ярого: наукове дослідження Режим доступу http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni.html (дата звернення: 25.07.2023).

4. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL: http://www.ukrstat.gov.ua (дата звернення: 28.07.2023).

5. Адаптивні системи землеробства і сучасні агротехнології – основа раціонального землекористування, збереження і відтворення родючості ґрунтів / за ред. В. Ф. Камінського. Київ: В. П. “Едельвейс”, 2013. 57 с.

6. Сучасні системи землеробства і технології вирощування сільськогосподарських культур. / за ред. В. Ф. Камінського. Київ: В. П. “Едельвейс”, 2012. 85 с.

7. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Фізіологічна роль елементів живлення та системи удобрення польових культур : підручник. 3-тє вид.,. Львів : Українські технології, 2021. 137 с.

8. Сівозміни у землеробстві України / за ред. В. Ф. Сайка; уклад. П. І. Бойко. Київ: Аграрна наука, 2002. С. 146

9. Камінський В. Ф. Сівозміна як основа сталого землекористування та продовольчої безпеки україни. Збірник наукових праць ННЦ “Інститут землеробства НААН”. 2015. Вип. 2, С. 4.

10. Юркевич Є. О., Коваленко Н. П, Бакума А. В. Агробіологічні основи сівозмін Степу України: монографія. Одеса: Одеське вид-во ВМВ, 2011. 237 с.

11. Мельник С. І., Муляр О. Д., Кочубей М. Й., Іванцов П. Д. Технологія виробництва продукції рослинництва. Київ: Навчальний посібник. 2010 Частина 1. 52 с.

12. Петриченко В.Ф., Романюк В.І. Вплив факторів інтенсифікації на якість зерна ячменю ярого в умовах лісостепу правобережного. Таврійський науковий вісник. 2019 № 105. С. 133.

13. Іщенко В. А. Вплив мінерального живлення ячменю ярого на продуктивність агроценозу під час сівби після різних попередників в умовах Степу України. Таврійський науковий вісник. 2021 № 119 С. 39-40. doi: 10.32851/2226-0099.2021.119.5

14. Огурцов Ю. Є. Застосування регуляторів росту рослин та мікродобрива при вирощуванні ячменю ярого на різних фонах мінерального живлення. Таврійський науковий вісник. 2014. № 88. С.160

15. Касаткіна Т. О., Гамаюнова В. В. Перспективи та особливості вирощування ячменю ярого на Півдні України. Наукові горизонти. 2018. № 7–8 С. 135.

References

1.Petrychenko V. F, Lykhochvor V. V. (2020) Roslynnytstvo. Novi tekhnolohii vyroshchuvannia polovykh kultur. Lviv: NVF "Ukrainski tekhnolohii".

2. Zinchenko O. I. (2016) Roslynnytstvo: pidruchnyk. Uman: Vydavets Sochinskyi M.M.

3. Haidenko O. M., Ishchenko V. A. ta. Kozelets H. M Efektyvne vyroshchuvannia yachmeniu yaroho: naukove doslidzhennia (2023) Rezhym dostupu http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni.html.

4. Ofitsiinyi sait Derzhavnoi sluzhby statystyky Ukrainy. (2023) URL: http://www.ukrstat.gov.ua.

5. Kaminskyi V. F (2013) Adaptyvni systemy zemlerobstva i suchasni ahrotekhnolohii – osnova ratsionalnoho zemlekorystuvannia, zberezhennia i vidtvorennia rodiuchosti gruntiv. Kyiv: V. P. "Edelveis".

6. Kaminskyi V. F (2012) Suchasni systemy zemlerobstva i tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur. Kyiv: V. P. "Edelveis".

7. Lykhochvor V.V., Petrychenko V.F.(2021) Fiziolohichna rol elementiv zhyvlennia ta systemy udobrennia polovykh kultur : pidruchnyk. 3-tie vyd.,. Lviv : Ukrainski tekhnolohii.

8. Saiko V. F, Boiko P. I. (2002) Sivozminy u zemlerobstvi Ukrainy. Kyiv: Ahrarna nauka.

9. Kaminskyi V. F.(2015) Sivozmina yak osnova staloho zemlekorystuvannia ta prodovolchoi bezpeky ukrainy. Zbirnyk naukovykh prats NNTs "Instytut zemlerobstva NAAN". Vyp. 2, S. 4.

10. Yurkevych Ye. O., Kovalenko N. P, Bakuma A. V. (2011)Ahrobiolohichni osnovy sivozmin Stepu Ukrainy: monohrafiia. Odesa: Odeske vyd-vo VMV. 237 s.

11. Melnyk S. I., Muliar O. D., Kochubei M. Y., Ivantsov P. D. (2010) Tekhnolohiia vyrobnytstva produktsii roslynnytstva. Kyiv: Navchalnyi posibnyk. Chastyna 1. 52 s.

12. Petrychenko V.F., Romaniuk V.I. (2019) Vplyv faktoriv intensyfikatsii na yakist zerna yachmeniu yaroho v umovakh lisostepu pravoberezhnoho. Tavriiskyi naukovyi visnyk. № 105. S. 133.

13. Ishchenko V. A. Vplyv (2021) mineralnoho zhyvlennia yachmeniu yaroho na produktyvnist ahrotsenozu pid chas sivby pislia riznykh poperednykiv v umovakh Stepu Ukrainy. Tavriiskyi naukovyi visnyk. № 119 S. 39-40. doi: 10.32851/2226-0099.2021.119.5

14. Ohurtsov Yu. Ye. (2014) Zastosuvannia rehuliatoriv rostu roslyn ta mikrodobryva pry vyroshchuvanni yachmeniu yaroho na riznykh fonakh mineralnoho zhyvlennia. Tavriiskyi naukovyi visnyk.. № 88. S.160

15. Kasatkina T. O., Hamaiunova V. V. 2018 Perspektyvy ta osoblyvosti vyroshchuvannia yachmeniu yaroho na Pivdni Ukrainy. Naukovi horyzonty.. № 7–8 S. 135.

OPTIMIZATION OF TECHNOLOGY ELEMENTS FOR SPRING BARLEY CULTIVATION IN THE NORTHERN PART OF THE RIGHT BANK FOREST-STEPPE

M. A. Porodko

Abstract. *Relevance. Barley remains a significant cereal crop in today's conditions. However, the technologies currently used in agricultural production do not fully exploit the genetic potential of modern spring barley varieties. Therefore, the search for measures to intensify cultivation technologies that will increase crop yield and product quality, stabilize grain production, and contribute to ensuring food security in Ukraine is of paramount importance. Goal - to determine the impact of using different rates of mineral fertilizers, growth stimulants in the context of various predecessors on the yield and grain quality of spring barley and to ascertain the economic efficiency of technological processes for cultivating the crop in the northern*

part of the Right-Bank Forest-Steppe. Methods. During the research, the following methods were used: field investigation method, visual method, weighing and weighing method, calculation method, and statistical-mathematical method, as well as chemical-analytical methods in accordance with the regulatory framework of Ukraine. Results. The research conducted during 2018-2020 on the dark-gray forest-steppe chernozem soil in the northern part of the Right-Bank Forest-Steppe revealed that the best conditions for maximizing the potential of modern spring barley varieties are achieved by cultivating the crop after maize grown with high agrofonds fertilization for grain. The high efficiency of using mineral fertilizers in the technology of cultivating spring barley has been established. On average, over the years of research, the highest crop yield for the crop was achieved by applying fertilizers at the rate of N(45+45)P90K90, in combination with the utilization of by-products from the predecessors at a rate ranging from 4.00 to 4.39 tons per hectare when grown after soybeans, and from 4.34 to 4.88 tons per hectare when grown after corn for grain, depending on the inclusion of the intensification factor such as the use of growth stimulants in the cultivation technology. The application of the specified fertilizer rate ensures an increase in crop yield ranging from 1.52-1.83 t/ha after soybean cultivation to 2.72-3.18 t/ha after corn cultivation for grain. Improved grain quality indicators for spring barley have been observed with the application of increased doses of mineral fertilizers. The technology model, which involves applying N(45+45)P90K90 alongside the by-products of predecessors and the use of growth stimulants, provides the highest protein and starch yield: 0.65 and 2.16 t/ha, respectively, after soybean cultivation, and 0.67 and 2.44 t/ha, respectively, after corn cultivation for grain. Calculations of economic efficiency confirm that this technology allows for a profit of 14206 UAH per hectare with a profitability of 94%. Prospects. Further research should be directed towards improving the elements of spring barley cultivation technology to pre-emptively mitigate the consequences of climate fluctuations, thus stabilizing grain production of this valuable crop, which significantly contributes to the country's food security during times of war and post-war recovery.

Key words: *fertilizers, economic efficiency, precursor, growth stimulator, productivity, grain quality, spring barley*

Безпалько О. О., Мачуський О. В., Виговська Л. М., Ушкалов В. О., Радзіховський М. Л., Ушкалов А. В., Данчук В. В.

ВИЗНАЧЕННЯ АНТАГОНІСТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА УТВОРЕННЯ БІОПЛІВОК У *BACILLUS SPP.* ТА *LACTOBACILLUS SPP.*

О. О. БЕЗПАЛЬКО[1],
E-mail: fotooyou@gmail.com
О. В. МАЧУСЬКИЙ[1], кандидат ветеринарних наук
E-mail: vetbio84@gmail.com
Л. М. ВИГОВСЬКА[1], доктор ветеринарних наук
E-mail: lnvygovska@gmail.com
В. О. УШКАЛОВ[1], доктор ветеринарних наук
E-mail: ushkalov63@gmail.com
М. Л. РАДЗІХОВСЬКИЙ[1], доктор ветеринарних наук, доцент
E-mail: nickvet@ukr.net
А. В. УШКАЛОВ[2],
E-mail: vetdocman@gmail.com
В. В. ДАНЧУК[1], доктор ветеринарних наук
E-mail: dan-vv1@ukr.net
[1]Національний університет біоресурсів і природокористування України
[2]Головне управління Держпродспоживслужби в Харківській області

https://doi.org/10.31548/dopovidi4(104).2023.007

Анотація. *Метою роботи було відбір культур Bacillus spp. та Lactobacillus spp. перспективних для використання у якості пробіотиків.*

Зразки курячого посліду (250 проб) для дослідження відбирали в період 2020 року від клінічно здорових курчат (вік 28-48 діб). в птахогосподарствах різного масштабу та методу утримання птиці (крупних господарствах промислового типу, фермерських та присадибних господарствах) в Вінницькій, Житомирській, Київській, Харківській, Черкаській, та Чернігівській областях.

За результатами бактеріологічних досліджень було виділено і ідентифіковано 94 культури роду Bacillus (B. subtilis, B. licheniformis, B. cereus, B. megaterium, B. pumilus) та 56 ізолятів роду Lactobacillus (L. delbrueckii, L. Lactis, L. Reuteri, L. casei, L. brevis).

Загалом, 32,1% досліджених ізолятів Lactobacillus spp. та 21,3% ізолятів Bacillus spp. були спроможними формувати in vitro біоплівки високої щільності. Результати визначення антагоністичних властивостей засвідчили, що середню і високу антагоністичну дію по відношенню до 17 тест-штамів мікроорганізмів виявили 98,4% і 91,5% ізолятів роду Lactobacillus та роду Bacillus відповідною.

Одержані результати стосовно спроможності досліджених ізолятів до формування біоплівки, антагоністичної дії, стійкості до агресивного середовища травного тракту (рівень pH, жовч) стали підставою для відбору перспективних культур роду Bacillus та Lactobacillus з метою розробки препарату з пробіотичною дією.

В подальшому дослідження будуть спрямовані на визначення стійкості відібраних ізолятів до протимікробних препаратів та, в подальшому, визначення ефективності відібраних ізолятів у складі комплексного пробіотика в експериментах на курчатах з метою та оцінки їх імунокоригуючої та антиоксидантної дії, а також попередження розвитку кишкових інфекцій як альтернативи застосування протимікробних препаратів.

Ключові слова: Bacillus *spp., Lactobacillus spp., біоплівка, антагонізм, пробіотики*

Результати досліджень низки авторів свідчать, що пробіотики є не лише безпечною альтернативою антибіотикам, але і доволі ефективним способом лікування низки захворювань: застосування пробіотиків підвищує антиоксидантну здатність, зменшує чисельність небезпечних бактерій, покращує продуктивність росту, пом'якшує запальні процеси (Al-Khalaifah, 2018, Wang et al., 2019 , 2021 ; Wu et al., 2019; Хелмі та ін., 2022).

За даними багатьох авторів перспективною стратегія застосування кормових добавок є використання пробіотиків (Barba-Vidal et al., 2019; Cameron, A., and McAllister, T. A., 2019; Neveling and Dicks, 2021; Jingyi Wang et al., 2023), частіше – представників родів *Bacillus* та *Lactobacillus*.

Пробіотичні мікроорганізми (*Lactobacillus, Bifidobacterium, Bacillus)*, визнані Управлінням з контролю за харчовими продуктами та ліками США (FDA) безпечними для використання за призначенням. Серед доволі широкого спектру видів мікроорганізмів, які використовуються як виробничі штами для виготовлення пробіотиків (FAO, 2006, Deniz et al., 2011), заслуговують на увагу бактерії із роду *Bacillus*, оскільки вони спроможні утворювати спори, що забезпечує їм стійкість до змін рівня pH, температури, що забезпечує їх розмноження і колонізацію у травній системі (Yu-Wei Chen, Yu-Hsiang Yu, 2023).

Як вказує Cutting, (2011), якраз спороутворення забезпечує життєздатність пробіотичних бактерій в процесі гранулювання та інших технологічних процесів виробництва кормів та подальшого їх зберігання. Мікроорганізми цього виду набули широкого використання у кормових добавках з метою покращення перетравності кормів і профілактики захворювань (J.X. Xiao et al., 2016, Gibson M. et al., 2017, C. J. Newbold et al., 2007). Крім того, відомо (Ding S. et al., 2021; Савітрі, 2021, Musiy, L. Y., et al., 2020), що застосування пробіотиків має регулюючий вплив на мікробіом кишечника. Так, автори (Gao et al., 2017) вказують, що деякі представники виду *Bacillus* можуть

пригнічувати розмноження шкідливих аеробних бактерій за рахунок утилізації кисню в кишечнику і, таким чином, сприяючи зростанню корисних анаеробних бактерій; інші – утворюють низку поживних речовин, зокрема вітаміни (Zhang et al., 2021, Li et al., 2019 ; Mun et al., 2021).

Застосування *Bacillus spp*, посилює місцеву адаптивну імунну відповідь, сприяє зниженню окислювального стресу у бройлерів та рівень смертності (на 6-8%), знижують рівень виникнення хвороб з симптомами ураження шлунково-кишкового тракту у сільськогосподарських тварин (на 30 %) та сприяють зростанню середньодобовим приростам ваги, тощо (Ban, Y., Guan, L.L., 2021; Lytvynenko V. et al.,2022; Bei Wan, et al.,2023, Бакун Ю. Ю., Улько Л. Г., Нечипоренко О. Л.., 2021).

В аквакультурі рід *Bacillus spp*. (*Bacillus subtilis, Bacillus licheniformis, B. Pumilus, B. amyloliquefaciens*) є одним із пробіотичних мікроорганізмів, який найчастіше використовується як харчова добавка, завдяки своїй здатності протистояти високим температурам, сприяти підвищенню рівня виживання, імунітету, стійкість до хвороб (вібріоз, тощо), конверсія корму, модулював мікробіоту кишечника, знижуючи присутність потенційно патогенних видів мікроорганізмів у нільській тілапії, смугастому сому, пангасіусу, креветках, тощо (Ho Thi Truong Thy et al., 2017; Sevdan Yilmaz et al., 2022; G. G. Santos, et al., 2023; Yu-Chu Wang, et al., 2019). Пробіотики в аквакультурі, як вказують (El-Saadony et al., 2021) утворюють декілька інгібіторних сполук, конкурують з патогенними мікроорганізмами, модулюють імунологічні функції господаря та підтримують кишковий мікробний баланс.

Важливими характеристиками пробіотиків, на думку Luise D, et al., 2022, є здатність виживати в шлунково-кишковому каналі (низький pH і жовчні кислоти), висока спроможність до адгезії на епітеліоцитах, колонізації слизової кишечника та конкуренція з патогенними бактеріями, а також бути доволі стійкими до впливу зовнішніх чинників - стійкими до процесів виробництва, транспортування та зберігання (FAO, 2016). Враховуючи те, що *Bacillus* spp. і *Clostridium* spp., здатні до спороутворення, їх можна знайти не лише в ШКТ, а й у ґрунті, воді, тощо (Mingmongkolchai S, Panbangred W., 2018). Тобто, спороутворюючі бактерії мають переваги перед іншими видами пробіотичних бактерій, оскільки вони стійкі до технологічних процесів кормовиробництва (гранулювання корму, ферментацію, заморожування, сушка, розморожування, регідратація, а також до специфічного впливу умов травного каналу, де вони

розмножуватися та колонізують епітелій), крім того, утворення спор є перевагою під час процесу виробництва. Тобто, перелічені властивості спороутворюючих пробіотиків обґрунтовують їх присутність у багатьох кормових добавках с пробіотичною дією (Cutting SM., 2011; Elisashvili V. et al., 2019).

Багато штамів деяких *Bacillus sp*. в даний час використовуються як пробіотичні дієтичні добавки до кормів для тварин. *Bacillus* — рід грампозитивних аеробних або факультативно анаеробних бактерій, що утворюють ендоспори. Здатність утворювати спори є корисною та дозволяє довгостроково зберігати без втрати життєздатності порівняно з неспороутворюючими бактеріями. Крім того, спори здатні виживати в суворому, низькому pH шлункового бар'єру і можуть досягати тонкої кишки, щоб проявити свої пробіотичні властивості (Mingmongkolchai S, Panbangred W., 2018). З усіх відомих *Bacillus* sp. лише деякі з них зазвичай використовуються як пробіотики у людей і тварин, до них відноситься *B. coagulans*, *B. clausii*, *B. cereus*, *B. Subtilis* and *B. licheniformis* (Cutting, 2011; Fijan, 2014).

Однією з визначальних характеристик штамів для виготовлення препаратів-пробіотиків є антибактеріальна активність, яка виявляється за рахунок синтезу органічних кислот, перекису водню та бактеріоцинів - низькомолекулярних пептидах, що синтезуються на рибосомах (Cavicchioli et al., 2017; Rita Rahmeh, et al., 2018, Musiy, L. Y. et al., 2020). Проникнення цих пептидів в клітини-мішені веде до деградації клітинної ДНК і пригнічення системи синтезу пептидоглікану (Wang & Liu, 2016; Ahn et al., 2017; Zhang et al., 2018), що проявляється в пригніченні функціонування патогенних мікроорганізмів. Безпосередній вплив *Bacillus spp.* на патогени може бути зумовлений продукцією антимікробних пептидів, інших метаболітів з антагоністичною дією щодо патогенних мікроорганізмів (Abriouel et al., 2011; Shengfa F. Liao, Martin Nyachoti, 2017).

Відбирати штами для виготовлення пробіотиків доцільно з врахуванням стабільності їх біологічних характеристик, відповідності технологічним вимогам, здатності до колонізації епітелію кишечника (Bajagai et al., 2016). Виробничі штами повинні мати широкий спектр антагоністичних властивостей відносно патогенної та умовно-патогенної мікрофлори, а також, відповідно, бути ідентифікованими за фенотипом і мати генетичний ідентифікатор (Musiy, L. Y. та ін., 2020, Cavicchioli et al., 2015). Перспективним напрямком удосконалення пробіотиків є розробка комплексних препаратів, до складу

яких входять різні види бактеріальних культур які б доповнювали специфіку діяльності та впливу один одного на патогенні та умовно-патогенні мікроорганізми (Fijan, 2016).

Ризики поширення стійких до дії антибіотиків (Shengnan Ma, 2023) патогенних мікроорганізмів визначають необхідність розробки альтеративних терапевтичних та профілактичних антибіотикам засобів. Враховуючи можливість використання антагонізму щодо небажаної (патогенної/умовно-патогенної) мікрофлори, здатність колонізувати відповідну біологічну нішу організму хазяїна, утворення корисних для макроорганізму цільових продуктів (вітамінів, антиоксидантів, тощо), препарати, що вміщують пробіотичні мікроорганізми мають перспективи для більш широкого застосування у ветеринарній медицині і тваринництві. Тобто, за вказаними ключовими ознаками (антагонізм щодо небажаної мікрофлори та колонізація певних біологічних ніш) доцільно проводити відбір промислово перспективних пробіотичних штамів мікроорганізмів.

Алгоритми відбору мікроорганізмів з метою визначення можливості їх використання в якості пробіотиків, наведені в «Керівництві щодо оцінки пробіотиків у продуктах харчування» (FAO/WHO, 2002.) та «Методичних рекомендаціях з конструювання пробіотиків та застосування їх у практиці ветеринарної медицини», (Скибицький та інш., 2013).

Метою цього дослідження було вивчення спроможності ізолятів *Bacillus spp.* та *Lactobacillus spp.*, виділених із посліду клінічно здорових курчат, до біоплівкоутворення та антагоністичної активності щодо мікроорганізмів з відомим потенціалом патогенності.

Матеріали і методи. Зразки курячого посліду (250 проб) для дослідження відбирали у 2020 році від клінічно здорових курчат (вік 28-48 діб). в птахогсподарствах різного масштабу та методу утримання птиці (крупних господарствах промислового типу, фермерських та присадибних господарствах) у Вінницькій, Житомирській, Київській, Харківській, Черкаській, та Чернігівській областях. Дослідження проводилося без порушення вказівок Директиви ЄС 2010/63/EU щодо захисту тварин, які використовуються в наукових цілях (Percie du Sert et al., 2020; Директива 2010/63/EU…, 2010).

Відібрані зразки транспортували в термоконтейнері за температури 2-8^{O}C. доставлені зразки досліджували шляхом посіву на загально вживані (м’ясо-пептонний бульйон та агар (МПА та МПБ) та селективні середовища (MRS бульйон та агар). Інкубацію здійснювали за температури 37^{O}C протягом 18-24

годин як вказано в «Методичних рекомендаціях з конструювання пробіотиків та застосування їх у практиці ветеринарної медицини», Київ, 2013, 40 с.

Виділення та ідентифікацію мікроорганізмів проводили шляхом виділення чистої культури, вивчення культуральних, морфологічних, тинкторіальних та біохімічних властивостей виділених культур. З метою виділення спороутворюючих бактерій проводили посіви на середовища: МПА. Висіви витримували 18-24 години за температури 37^{0}С, обліковували культурально-морфологічні властивості, виготовляли мазки, фарбували їх за Грамом і відбирали культури спороутворюючих бактерій для подальших досліджень. Для ідентифікації виділених мікроорганізмів вивчали їх морфологію, рухливість, тинкторіальні властивості, розміщення спор в середині клітини, форму колоній (колір, консистенцію, краї); при посіві на рідке поживне середовище звертали увагу на характер росту (у вигляді плівки, осаду, прозорість або мутність середовища).

Каталазну активність вивчали за загальноприйнятою методикою з перекисом водню. Кислотоутворюючі властивості вивчали культивуючи виділені мікроорганізми за температури 37^{O}С протягом 18-24 годин на агарі з додаванням карбонату кальцію. Ферментативні властивості вивчали шляхом культивування отриманих ізолятів за температури 37^{O}С протягом 18-24 годин в рідкому індикаторному середовищі з додаванням цукрів (арабінози, целобіози, галактози, лактози, ксилози, мальтози, маніту, маннози, мелізітози, мелібіози, раффінози, рібози, саліцину, сахарози та сорбіту).

Спроможність до утворення біоплівки проводили за способом описаним в роботах (Hall-Stoodley L, Costerton JW, Stoodley P., 2004; Кухтин М. Д., Крушельницька Н. В., 2914). З цією метою використовували стерильні полістирольні планшетки, в лунки вносять по 100 мкл серцево-мозкового бульйону та по 10 мкл суспензії 0,5 ОД МакФарланда добової культури досліджуваних штаму. Планшетки з лосліжуваним матеріалом культивують за оптимальних температурних режимів для кожного виду мікроорганізмів протягом 24 год. Після чого залишки живильного середовища видаляють; лунки промивають від планктонних форм мікроорганізмів фосфатним (KH_2PO_4•Na_2PO_4•H_2O) буферним (pH 7.2–7.4) розчином; планшетки висушують та вносять до лунок по 100 мкл 96 % етанолу з 10 хвилинною експозицією для фіксації утворених біоплівок; в подальшому фіксуючу рідину декантують і вносять фарбник (0,1 % спиртовий розчин кристалічного фіолетового – 10 хв),

після чого вміст лунок тричі відмивають фосфатним буферним розчином і висушують. Після чого в лунки вносять по 100 мкл 96 % етанолу і струшують 30 хв на шейкері. В подальшому спекторофотометрично при довжині хвилі 570 нм визначають оптичну густину суспензії що утворилася в лунках, тобто визначають щільність біоплівки яку утворює досліджуваний мікроорганізм. Облік результатів: показник оптичної густини менше λ 0,10 - вказує про не спроможність досліджуваної культури утворювати біоплівку; оптична густина в межах λ 0,50 до 1,0 відповідає середній щільності біоплівки; на високу здатність утворення біоплівки відповідають показники оптичної густини вище λ 1,0.

Визначення антагонізму у виділених ізолятів проводили по відношенню до мікроорганізми з відомим патогенним потенціалом та множинною стійкістю до антибіотиків. З цією метою в чашки Петрі вносять поживне середовище для культивування тест-культур мікроорганізмів з відомим патогенним потенціалом та множинною стійкістю до антибіотиків. А саме використовували штами *Salmonella gallinarum* SG-2019/3 згідно патенту № 139977, *Staphylococcus aureus* St 2017/1 згідно патенту № 141004, штам *Salmonella muenchen* Sm-2019/2 згідно патенту № 141082, штам *Escherichia coli Ec-2017/4* згідно патенту № 141067, штам *Salmonella virchow* Sv-2019/3 згідно патенту № 141080, *Salmonella spp* (F-67+) S-2019/4 згідно патенту № 141081, штам *Salmonella infantis* KD-1 згідно патенту № 122170, штам *Citrobacter freundii* KSM-1 згідно патенту № 122171, штам *Yersinia enterocolitica* PI-11/15 згідно патенту № 122172, штам *Escherichia coli* CTM-3 згідно патенту № 122173, штам *Klebsiella pneumoniae* SP-15 згідно патенту № 122174, штам *Staphylococcus epidermidis* T-7S згідно № 122175, а також епізоотичні ізоляти *Pseudomonas aeruginosa* 3/2018, *Proteus Mirabilis* 7/2018, *Staphylococcus Epidermidis* 5/2018, *Candida albicans* 8/2018 (вказані штами є патогенними, мають ознаки стійкості до декількох антибіотиків).

Вирощену біомасу тест-мікроорганізмів змивали фізіологічним розчином, доводили концентрацію бактеріальної суспензії до 10 млрд.м.к. в 1 $см^3$. Після чого 0,1 мл суспензії вносилии в чашки Петрі з поживним середовищем, розподіляють шпателем по поверхні агару, витримують в термостаті при 37^0С 20-30 хвилин і вирізували у поживному середовищі лунки діаметром 6 мм; в лунки вносили по 0,1 мл суспензії досліджуваної культури-кандидата в пробіотики, попередньо вирощеної на оптимальному для виду певного мікроорганізму поживного середовища. Чашки з

досліджуваними культурами вміщували у термостат і культивували при 37^{0}С 18-24 години, після чого визначали діаметр зони затримки росту навколо лунки з культурою досліджуваного штаму-кандидата в пробіотики. Облік результатів – зона затримки росту тест культури менше 10 мм вказує про низьку антагоністичну властивість; зони затримки в межах 10-15 мм свідчать про антагоністичну дію середньої інтенсивності; зони затримки більше 15 мм вказують на достатньо високу специфічну антагоністичну дію досліджуваного штаму по відношенню мікроорганізмів з відомим патогенним потенціалом та множинною стійкістю до антибіотиків. Облік антагоністичної дії визначають по відношенню кожного тест штаму, після чого обраховують середнє арифметичне значення антагоністичної активності по відношенню до мікроорганізмів з відомим патогенним потенціалом та множинною стійкістю до антибіотиків (Скибіцький В.Г. та інш., 2013)

Визначення спроможності виживання бактерій із родів *Bacillus* та *Lactobacillus* у середовищі з pH = 2 проводили шляхом внесення суспензії 0,5 МакФарланда досліджуваної культури (розведеної в 1000 раз) у відповідне поживне середовище з відповідним рівнем pH та з pH=7,2, витримуванням за 37^{0}С протягом 5 годин з подальшим висівом на щільні поживні середовища (24 години - 37^{0}С) та наступним підрахунком різниці кількості вегетуючих мікроорганізмів за показником КУО.

Визначення спроможності досліджуваних культур до вегетації в присутності жовчі (жовч, суха очищена Himedia) проводили за аналогічним алгоритмом, проводили висіви на поживні середовища (МПА, МРС) з 20% вмістом жовчі та без жовчі (F.A.M. Klaver, R. van der Meer, 1993).

Тестування ізолятів мікроорганізмів із родів *Bacillus* та *Lactobacillus* проводили у трьох повторах. Статистичну обробку даних проводили за допомогою програмного забезпечення Statistica 7.0 (StatSoft Inc., США).

Результати і обговорення. За культурально-морфологічними, тінкторіальними та біохімічними властивостями із 250 проб курячого посліду було ізольовано 94 культури із роду *Bacillus*, зокрема: до *B. subtilis* віднесено 24 культури, до *B. licheniformis* - 26 культур, до *B. cereus* - 18 культур, до *B. megaterium* - 20 культур, до *B. pumilus* - 6 культур. Серед 56 ізолятів роду *Lactobacillus* за культурально-морфологічними, тінкторіальними, біохімічними властивостями виділені культури віднесено до наступних видів: *L. delbrueckii* - 8 культур, *L. lactis* - 17 культур; *L. reuteri* - 9 культур, *L. casei*

- 13 культури; до *L. brevis* - 9 культури.

Результати визначення спроможності до утворення біоплівок ізолятами мікроорганізмів із родів *Bacillus spp.* та *Lactobacillus spp*. представлені в таблицях 1 і 2.

1. Спроможність до утворення біоплівок мікроорганізмами із роду *Lactobacillus* (56 ізолятів) за показником оптичної щільності біоплівок (M ± m, n = 3)

№ ізоляту	Оптична щільність λ 570 нм (M±m), n=3	№ ізоляту	Оптична щільність λ 570 нм (M±m), n=3
L. delbrueckii 1/1	0,81±0,2	*L. lactis* – 2/6	0,67±0,2
L. delbrueckii 1/2	**1,34±0,3**	*L. lactis* – 2/7	0,88±0,3
L. delbrueckii 1/3	**1,23±0,1**	*L. lactis* – 2/8	0,54±0,2
L. delbrueckii 1/4	0,87±0,2	*L. lactis* – 2/9	**1,32±0,2**
L. delbrueckii 1/5	**2,49±0,3**	*L. lactis* – 2/10	0,75±0,1
L. delbrueckii 1/6	0,87±0,2	*L. lactis* – 2/11	0,54±0,3
L. delbrueckii 1/7	0,55±0,3	*L. lactis* – 2/12	0,93±0,4
L. delbrueckii 1/8	0,67±0,2	*L. lactis* – 2/13	**1,54±0,3**
L. lactis – 2/1	0,88±0,2	*L. lactis* – 2/14	0,47±0,2
L. lactis – 2/2	**1,69±0,4**	*L. lactis* – 2/15	**1,12±0,1**
L. lactis – 2/3	**1,87±0,1**	*L. lactis* – 2/16	0,52±0,4
L. lactis – 2/4	0,52±0,3	*L. lactis* – 2/17	0,67±0,2
L. lactis – 2/5	0,67±0,1	*L. reuteri* – 3/5	0,35±0,1
L. reuteri – 3/1	0,98±0,3	*L. reuteri* – 3/6	**2,59±0,3**
L. reuteri – 3/2	0,76±0,4	*L. reuteri* – 3/7	0,99±0,2
L. reuteri – 3/3	**1,26±0,2**	*L. reuteri* – 3/8	**1,22±0,3**
L. reuteri – 3/4	0,94±0,5	*L. reuteri* – 3/9	0,32±0,1
L. casei – 4//1	**3,47±0,4**	*L. casei* – 4/7	0,75±0,4
L. casei – 4/2	0,45±0,1	*L. casei* – 4/8	0,73±0,3
L. casei – 4/3	0,92±0,4	*L. casei* – 4/9	**1,85±0,2**
L. casei – 4/4	**1,56±0,2**	*L. casei* – 4/10	0,54±0,3
L. casei – 4/5	**1,47±0,3**	*L. casei* – 4/11	0,93±0,4
L. casei – 4/6	**1,24±0,2**	*L. casei* – 4/12	**1,44±0,2**
L. casei – 4/13	0,85±0,3	*L. brevis* – 5/5	0,47±0,2
L. brevis – 5/1	0,75±0,2	*L. brevis* – 5/6	0,41±0,3
L. brevis – 5/2	0,59±0,3	*L. brevis* – 5/7	**2,61±0,4**
L. brevis – 5/3	**1,78±0,3**	*L. brevis* – 5/8	**1,37±0,1**
L. brevis – 5/4	0,63±0,1	*L. brevis* – 5/9	0,73±0,2

Одержані результати свідчать, що серед досліджених 8 ізолятів *L. delbrueckii* біоплівки з найвищою щільністю утворювали культури *L. delbrueckii* 1/2 (λ 1,34), *L. delbrueckii* 1/3 (λ 1,23), *L. Delbrueckii* 1/5 (λ 2,49). Серед досліджених ізолятів *L. lactis* 29,4% культур утворювали біоплівку з високою щільністю, а саме: *L. lactis* – 2/2 (λ 1,69), *L. lactis* – 2/3 (λ 1,87), *L. lactis* – 2/9 (λ 1,32), *L. lactis* – 2/13 (λ 1,54), *L. lactis* – 2/15 - (λ 1,12±0,1). В

групі ізолятів *L. reuteri* біоплівки з найвищою щільністю утворювали культури *L. reuteri* – 3/6 (λ 2,59), *L. reuteri* – 3/3 (λ 1,26), *L. reuteri* – 3/8 (λ 1,22). Серед 13 досліджених ізолятів *L. casei* біоплівку високої щільності утворювали культури *L. casei* – 4/1 (λ 3,47), *L. casei* – 4/4 (λ 1,56), *L. casei* – 4/5 (1,47±0,3), *L. casei* – 4/6(1,24±0,2), *L. casei* – 4/9 (λ 1,85), *L. casei* – 4/12 (1,44). В групі ізолятів *L. brevis* здатність до утворення біоплівки високої щільності мали культури *L. brevis* – 5/3 (λ 1,78) та *L. brevis* – 5/7 (λ 2,61), *L. brevis* – 5/8 (1,37±0,1). Загалом, **35,7** % (20) досліджених ізолятів *Lactobacillus spp.* були спроможними формувати in vitro біоплівки високої щільності.

2. Спроможність до утворення біоплівок ізолятами із роду Bacillus (94 ізоляти) за показником оптичної щільності біоплівок (M ± m, n = 3)

№ ізоляту	Оптична щільність λ 570 нм (M±m), n=3	№ ізоляту	Оптична щільність λ 570 нм (M±m), n=3
B. subtilis 1/1	0,32±0,2	*B. subtilis* 1/13	0,67±0,2
B. subtilis 1/2	0,43±0,3	*B. subtilis* 1/14	**2,33±0,3**
B. subtilis 1/3	0,23±0,1	*B. subtilis* 1/15	0,51±0,2
B. subtilis 1/4	0,63±0,2	*B. subtilis* 1/16	0,42±0,2
B. subtilis 1/5	**1,19±0,3**	*B. subtilis* 1/17	0,76±0,1
B. subtilis 1/6	0,87±0,2	*B. subtilis* 1/18	0,35±0,3
B. subtilis 1/7	**1,69±0,4**	*B. subtilis* 1/19	0,97±0,4
B. subtilis 1/8	0,67±0,2	*B. subtilis* 1/20	0,15±0,3
B. subtilis 1/9	0,88±0,2	*B. subtilis* 1/21	**2,47±0,3**
B. subtilis 1/10	0,68±0,4	*B. subtilis* 1/22	0,12±0,1
B. subtilis 1/11	**1,81±0,1**	*B. subtilis* 1/23	0,51±0,4
B. subtilis 1/12	0,52±0,3	*B. subtilis* 1/24	0,47±0,2
B. licheniformis 2/1	0,67±0,1	*B. licheniformis 2/14*	0,38±0,1
B. licheniformis 2/2	0,28±0,3	*B. licheniformis 2/15*	**2,59±0,3**
B. licheniformis 2/3	0,71±0,4	*B. licheniformis 2/16*	0,99±0,2
B. licheniformis 2/4	**1,20±0,2**	*B. licheniformis 2/17*	**1,22±0,3**
B. licheniformis 2/5	0,74±0,5	*B. licheniformis 2/18*	0,32±0,1
B. licheniformis 2/6	**3,51±0,6**	*B. licheniformis 2/19*	0,75±0,4
B. licheniformis 2/7	0,25±0,1	*B. licheniformis 2/20*	0,73±0,3
B. licheniformis 2/8	0,93±0,4	*B. licheniformis 2/21*	0,85±0,2
B. licheniformis 2/9	**1,26±0,2**	*B. licheniformis 2/22*	0,54±0,3
B. licheniformis 2/10	0,45±0,3	*B. licheniformis 2/23*	0,93±0,4
B. licheniformis 2/11	0,34±0,2	*B. licheniformis 2/24*	**1,44±0,2**
B. licheniformis 2/12	0,74±0,2	*B. licheniformis 2/25*	0,47±0,2
B. licheniformis 2/13	0,56±0,3	*B. licheniformis 2/26*	0,41±0,3
B. cereus – 3/1	0,23±0,1	*B. cereus* – 3/10	**1,03±0,1**
B. cereus – 3/2	0,19±0,1	*B. cereus* – 3/11	0,37±0,1
B. cereus – 3/3	0,98±0,3	*B. cereus* – 3/12	0,48±0,3
B. cereus – 3/4	0,56±0,4	*B. cereus* – 1/13	0,79±0,4
B. cereus – 3/5	**1,27±0,2**	*B. cereus* – 3/14	**2,03±0,2**
B. cereus – 3/6	0,37±0,5	*B. cereus* – 3/15	0,95±0,2
B. cereus – 3/7	0,47±0,4	*B. cereus* – 3/16	**3,47±0,4**

№ ізоляту	Оптична щільність λ 570 нм (M±m), n=3	№ ізоляту	Оптична щільність λ 570 нм (M±m), n=3
B. cereus – 3/8	0,42±0,3	*B. cereus* – 3/17	0,45±0,1
B. cereus – 3/9	0,92±0,4	*B. cereus* – 3/18	**1,97±0,4**
B. megaterium 4/1	**1,64±0,3**	*B. megaterium 4/11*	0,56±0,2
B. megaterium 4/2	0,17±0,3	*B. megaterium 4/12*	**1,47±0,3**
B. megaterium4/3	0,13±0,2	*B. megaterium 4/13*	0,24±0,2
B. megaterium 4/4	0,77±0,2	*B. megaterium 4/14*	0,35±0,1
B. megaterium 4/5	0,54±0,3	*B. megaterium 4/15*	0,69±0,3
B. megaterium 4/6	0,55±0,4	*B. megaterium 4/16*	0,66±0,4
B. megaterium 4/7	0,79±0,3	*B. megaterium 4/17*	**1,68±0,2**
B. megaterium 4/8	0,87±0,2	*B. megaterium 4/18*	0,69±0,2
B. megaterium 4/9	0,54±0,3	*B. megaterium 4/19*	0,87±0,1
B. megaterium 4/10	0,63±0,4	*B. megaterium 4/20*	0,77±0,3
B. pumilus 5/1	**1,43±0,3**	*B. pumilus* 5/4	**1,52±0,1**
B. pumilus 5/2	0,58±0,4	*B. pumilus 5/5*	0,17±0,2
B. pumilus 5/3	0,33±0,1	*B. pumilus 5/6*	0,22±0,2

Аналіз одержаних результатів свідчить про те, що 22,3% ізолятів *Bacillus spp.* були спроможними формувати in vitro біоплівки високої щільності. Так, серед ізолятів *B. subtilis* здатність утворювати біоплівки високої щільності виявили у 5 культур (20,8%), а саме: *B. subtilis* 1/5 (λ 1,19), *B. subtilis* 1/7 (λ 1,69), *B. subtilis* 1/11 (λ 1,81), *B. subtilis* 1/14 (λ 2,33), *B. subtilis* 1/21 (λ 2,47). Серед ізолятів *B. licheniformis* здатність утворення біоплівки високої щільності виявили у 6 досліджених культур (23,1%), а саме: *B. licheniformis 2/4* (λ 1,20), *B. licheniformis 2/6* (λ 3,51), *B. licheniformis 2/9* (λ 1,26), *B. licheniformis 2/15* (λ 2,59), *B. licheniformis 2/17* (λ 1,22), *B. licheniformis 2/24* (λ 1,44). Серед ізолятів *B. cereus* здатність утворення біоплівки високої щільності виявили 5 досліджені культури (27,8%), а саме: *B. cereus* 3/5 (λ 1,27), *B. cereus* 3/10 (λ 1,03), *B. cereus* 3/14 (2,03±0,2), *B. cereus* 3/16 (λ 3,47), *B. cereus* 3/18 (λ 1,97). Серед ізолятів *B. megaterium* здатність утворення біоплівки високої щільності виявили у 15 % досліджених культур, а саме: *B. megaterium* 4/1 (λ 1,64), *B. megaterium 4/12* (λ 1,47), *B. megaterium 4/17* (λ 1,68). Серед 6 культур віднесених до виду *B. pumilus* здатність утворення біоплівки високої щільності виявили у *B. pumilus* 5/1 (λ 1,43), *B. pumilus* 5/4 (λ 1,52).

На наступному етапі досліджень проводили вивчення антагоністичних властивостей у виділених ізолятів мікроорганізмів із родів *Lactobacillus* та *Bacillus*, тобто спроможності пригнічувати ріст і розвиток патогенних мікроорганізмів.

3. Антагоністична активність ізолятів із роду Lactobacillus (мм, M ± m, n = 3)

№ ізоляту	Тест-штами з відомим патогенним потенціалом																
	S. gallinarum SG-2019/3	*S. infantis* KD-1	*S. muenchen* Sm-2019/2	*S. spp* (F-67+) S2019/4	*S. virchow* Sv-2019/3	*C. freundii* KSM-1	*C. freundii 18/22*	*S. aureus* St 2017/1	*S. epidermidis* T-7S	*S. epidermidis* 5/2022	*E. coli* CTM-3	*E. coli Ec-2017/4* -	*K. pneumoniae* SP-15	*Y. enterocolitica* PI-11/15	*P.* mirabilis7/2018	*P. aeruginosa* 3/2018	*C. albicans* 8/2018
L. delbrueckii 1/1	11,8 ±0,2	11,1 ±0,1	13,6 ±0,2	12,4 ±0,3	11,1 ±0,2	**19,1 ±0,1**	**17,7 ±0,2**	14,1 ±0,2	14,3 ±0,3	**15,1 ±0,2**	9,1± 0,3	13,1 ±0,3	**15,1 ±0,4**	12,7 ±0,2	12,1 ±0,1	**15,8 ±0,2**	11,1 ±0,2
L. delbrueckii 1/2	11,7 ±0,1	13,1 ±0,2	11,3 ±0,1	**17,1 ±0,2**	**16,3 ±0,2**	13,8 ±0,2	14,9 ±0,1	**16,8 ±0,2**	13,1 ±0,2	**16,3 ±0,1**	**15,1 ±0,3**	11,1 ±0,3	**15,1 ±0,4**	12,7 ±0,2	12,1 ±0,1	**14,7 ±0,2**	**15,2 ±0,2**
L. delbrueckii 1/3	12,1 ±0,1	14,7 ±0,2	**15,2 ±0,2**	**17,1 ±0,2**	11,1 ±0,3	**16,9 ±0,2**	**16,7 ±0,2**	13,2 ±0,2	**15,3 ±0,2**	13,5 ±0,1	13,6 ±0,2	**17,5 ±0,2**	**15,1 ±0,2**	13,3 ±0,2	12,6 ±0,2	13,3 ±0,2	**15,2 ±0,1**
L. delbrueckii 1/4	**18,1 ±0,2**	13,7 ±0,1	**16,3 ±0,2**	14,4 ±0,2	13,6 ±0,2	13,1 ±0,2	13,3 ±0,2	14,1 ±0,2	14,2 ±0,1	**17,2 ±0,2**	**15,1 ±0,2**	**17,3 ±0,2**	**17,7 ±0,1**	11,2 ±0,1	**17,1 ±0,2**	**18,7 ±0,2**	**16,3 ±0,2**
L. delbrueckii 1/5	**18,1 ±0,2**	12,5 ±0,1	13,7 ±0,3	12,1 ±0,1	**18,7 ±0,2**	12,2 ±0,2	13,3 ±0,2	14,4 ±0,2	**15,6 ±0,2**	**15,3 ±0,2**	14,3 ±0,1	**16,3 ±0,2**	14,3 ±0,2	**17,8 ±0,1**	14,2 ±0,1	14,5 ±0,1	14,1 ±0,2
L. delbrueckii 1/6	**17,2 ±0,2**	**15,3 ±0,2**	12,8 ±0,3	11,6 ±0,2	12,8 ±0,2	12,1 ±0,2	**15,9 ±0,1**	**17,4 ±0,2**	11,7 ±0,2	12,2 ±0,2	**15,6 ±0,2**	**17,3 ±0,2**	14,3 ±0,1	13,5 ±0,2	13,7 ±0,3	13,3 ±0,1	**15,1 ±0,1**
L. delbrueckii 1/7	**15,5 ±0,2**	14,1 ±0,2	13,1 ±0,2	14,7 ±0,3	13,9 ±0,1	**17,5 ±0,2**	13,7 ±0,2	**15,9 ±0,1**	**17,5 ±0,1**	13,1 ±0,1	14,7 ±0,2	**15,5 ±0,2**	13,3 ±0,2	14,1 ±0,1	13,3 ±0,2	14,8 ±0,1	13,9 ±0,1
L. delbrueckii 1/8	10,6 ±0,1	11,1 ±0,3	10,1 ±0,4	12,7 ±0,2	12,1 ±0,1	14,7 ±0,2	14,2 ±0,2	13,1 ±0,3	**18,9 ±0,2**	13,7 ±0,2	13,2 ±0,2	**15,3 ±0,2**	13,5 ±0,2	13,1 ±0,2	11,3 ±0,1	14,1 ±0,2	11,1 ±0,4
L. lactis – 2/1	12,3 ±0,2	13,1 ±0,3	**15,2 ±0,1**	10,4 ±0,2	11,3 ±0,2	8,3± 0,2	14,7 ±0,2	10,3 ±0,2	**15,1 ±0,2**	14,3 ±0,2	**16,3 ±0,2**	10,3 ±0,2	10,5 ±0,1	12,1 ±0,1	14,7 ±0,2	12,2 ±0,2	12,5 ±0,1
L. lactis – 2/2	**17,1 ±0,3**	13,6 ±0,2	**16,3 ±0,2**	14,3 ±0,3	14,5 ±0,1	13,2 ±0,1	14,7 ±0,2	**16,1 ±0,2**	10,1 ±0,3	12,4 ±0,2	13,2 ±0,2	10,7 ±0,2	13,3 ±0,2	14,4 ±0,2	13,5 ±0,2	11,1 ±0,1	11,6 ±0,1

№ ізоляту	Тест-штами з відомим патогенним потенціалом																
	S. gallinarum SG-2019/3	*S. infantis* KD-1	*S. muenchen* Sm-2019/2	*S. spp* (F-67+) S2019/4	*S. virchow* Sv-2019/3	*C. freundii* KSM-1	*C. freundii 18/22*	*S. aureus* St 2017/1	*S. epidermidis* T-7S	*S. epidermidis* 5/2022	*E. coli* CTM-3	*E. coli Ec-2017/4* -	*K. pneumoniae* SP-15	*Y. enterocolitica* PI-11/15	*P.* mirabilis7/2018	*P. aeruginosa* 3/2018	*C. albicans* 8/2018
L. lactis – 2/3	14,3 ±0,2	12,7 ±0,2	**17,7 ±0,2**	14,4 ±0,2	**15,8 ±0,1**	13,3 ±0,1	11,1 ±0,3	12,4 ±0,3	**16,9 ±0,3**	14,6 ±0,1	14,7 ±0,2	**15,2 ±0,1**	13,8 ±0,2	13,8 ±0,2	**15,5 ±0,3**	13,7 ±0,3	14,1 ±0,3
L. lactis – 2/4	13,3 ±0,2	**17,1 ±0,2**	12,3 ±0,2	13,9 ±0,2	14,9 ±0,1	14,6 ±0,2	13,5 ±0,2	14,3 ±0,1	13,4 ±0,3	13,4 ±0,3	11,1 ±0,3	**15,6 ±0,4**	**15,7 ±0,2**	13,4 ±0,1	11,7 ±0,2	12,4 ±0,2	12,7 ±0,1
L. lactis – 2/5	13,8 ±0,2	14,9 ±0,1	13,8 ±0,2	13,1 ±0,2	14,6 ±0,1	**15,1 ±0,3**	12,8 ±0,3	**16,7 ±0,2**	13,7 ±0,2	14,8 ±0,1	11,3 ±0,2	10,7 ±0,2	13,2 ±0,2	12,3 ±0,2	13,5 ±0,1	13,6 ±0,2	14,5 ±0,2
L. lactis – 2/6	11,1 ±0,2	14,1 ±0,2	13,5 ±0,2	12,2 ±0,1	12,3 ±0,2	13,5 ±0,2	11,3 ±0,2	14,8 ±0,1	13,2 ±0,1	10,5 ±0,1	14,1 ±0,2	14,7 ±0,2	10,2 ±0,2	14,1 ±0,2	13,1 ±0,3	12,9 ±0,2	10,3 ±0,2
L. lactis – 2/7	**16,8 ±0,2**	14,4 ±0,1	13,2 ±0,1	**15,5 ±0,1**	14,1 ±0,2	14,3 ±0,2	12,8 ±0,2	14,9 ±0,1	14,8 ±0,2	13,4 ±0,2	14,4 ±0,1	10,1 ±0,3	**17,1 ±0,3**	13,1 ±0,1	14,7 ±0,2	13,5 ±0,2	10,3 ±0,2
L. lactis – 2/8	**16,3 ±0,2**	13,8 ±0,1	14,2 ±0,1	13,5 ±0,1	14,1 ±0,2	13,9 ±0,2	14,7 ±0,1	11,1 ±0,2	14,8 ±0,1	12,7 ±0,2	13,5 ±0,3	14,4 ±0,3	13,1 ±0,3	13,6 ±0,4	13,4 ±0,2	14,5 ±0,1	9,7± 0,1
L. lactis – 2/9	11,3 ±0,2	14,7 ±0,2	11,2 ±0,2	12,1 ±0,2	11,1 ±0,3	13,9 ±0,2	13,2 ±0,1	14,7 ±0,2	12,5 ±0,2	13,3 ±0,2	14,1 ±0,2	13,5 ±0,1	14,7 ±0,3	13,1 ±0,1	13,9 ±0,2	13,2 ±0,2	14,1 ±0,2
L. lactis – 2/10	10,4 ±0,3	13,4 ±0,3	11,1 ±0,3	**15,6 ±0,4**	12,1 ±0,2	14,9 ±0,1	13,4 ±0,2	14,7 ±0,2	12,2 ±0,2	13,6 ±0,2	14,3 ±0,2	14,9 ±0,1	12,8 ±0,2	13,8 ±0,2	11,6 ±0,1	**15,1 ±0,3**	13,8 ±0,3
L. lactis – 2/11	12,3 ±0,2	12,5 ±0,1	12,7 ±0,2	13,6 ±0,2	12,1 ±0,3	13,1 ±0,2	11,3 ±0,2	13,9 ±0,2	14,3 ±0,2	12,7 ±0,1	11,7 ±0,3	12,8 ±0,1	14,7 ±0,2	10,2 ±0,2	10,7 ±0,2	11,5 ±0,3	13,4 ±0,3
L. lactis – 2/12	14,1 ±0,2	**16,4 ±0,1**	**16,3 ±0,2**	**15,3 ±0,2**	**15,1 ±0,1**	13,4 ±0,2	14,7 ±0,2	13,2 ±0,2	14,6 ±0,2	13,1 ±0,2	13,3 ±0,1	12,5 ±0,2	13,7 ±0,2	12,4 ±0,2	**15,4 ±0,2**	**16,3 ±0,2**	13,9 ±0,2
L. lactis – 2/13	10,1 ±0,2	11,3 ±0,2	12,3 ±0,2	12,3 ±0,2	12,5 ±0,1	12,1 ±0,1	11,7 ±0,2	12,2 ±0,2	10,2 ±0,2	13±0 ,2	10,8 ±0,3	10,6 ±0,2	10,8 ±0,2	12,4 ±0,2	13,9 ±0,1	14,9 ±0,1	12,8 ±0,3
L. lactis – 2/14	14,3 ±0,2	**17,3 ±0,1**	13,5 ±0,2	**16,4 ±0,3**	13,3 ±0,1	**17,1 ±0,1**	14,9 ±0,1	14,9 ±0,2	**15,6 ±0,1**	14,8 ±0,2	13,3 ±0,2	12,4 ±0,1	13,2 ±0,1	11,9 ±0,1	14,3 ±0,2	14,3 ±0,2	14,4 ±0,2

№ ізоляту	Тест-штами з відомим патогенним потенціалом																
	S. gallinarum SG-2019/3	*S. infantis* KD-1	*S. muenchen* Sm-2019/2	*S. spp* (F-67+) S2019/4	*S. virchow* Sv-2019/3	*C. freundii* KSM-1	*C. freundii 18/22*	*S. aureus* St 2017/1	*S. epidermidis* T-7S	*S. epidermidis* 5/2022	*E. coli* CTM-3	*E. coli Ec-2017/4* -	*K. pneumoniae* SP-15	*Y. enterocolitica* PI-11/15	*P.* mirabilis7/2018	*P. aeruginosa* 3/2018	*C. albicans* 8/2018
L. lactis – 2/15	18,8 ±0,1	15,2 ±0,1	15,7 ±0,1	14,9 ±0,2	13,9 ±0,2	16,3 ±0,1	16,8 ±0,2	14,8 ±0,1	16,1 ±0,2	16,8 ±0,3	17,8 ±0,2	12,1 ±0,2	15,9 ±0,1	18,4 ±0,2	11,7 ±0,2	12,2 ±0,2	15,6 ±0,2
L. lactis – 2/16	12,2 ±0,2	**15,6 ±0,2**	11,3 ±0,2	14,3 ±0,1	13,5 ±0,2	**16,4 ±0,3**	13,3 ±0,1	14,1 ±0,1	11,7 ±0,1	13,1 ±0,2	11,3 ±0,1	14,1 ±0,2	**15,3 ±0,2**	**17,8 ±0,2**	14,9 ±0,1	12,4 ±0,3	**16,4 ±0,1**
L. lactis – 2/17	10,8 ±0,2	12,1 ±0,2	**15,9 ±0,1**	10,4 ±0,2	11,7 ±0,2	12,2 ±0,2	**15,6 ±0,2**	**17,8 ±0,1**	14,2 ±0,1	14,5 ±0,1	14,1 ±0,2	13,9 ±0,1	14,2 ±0,1	**16,1 ±0,2**	12,8 ±0,1	14,5 ±0,2	**16,6 ±0,3**
L. reuteri – 3/1	14,1 ±0,3	13,6 ±0,4	15,1 ±0,2	14,5 ±0,1	12,4 ±0,3	**16,9 ±0,3**	**16,3 ±0,2**	11,7 ±0,1	13,1 ±0,2	11,3 ±0,1	14,8 ±0,2	13,7 ±0,2	13,8 ±0,2	**15,9 ±0,1**	**15,1 ±0,2**	**16,1 ±0,1**	12,2 ±0,2
L. reuteri – 3/2	12,7 ±0,2	**15,7 ±0,2**	14,8 ±0,1	12,3 ±0,2	12,7 ±0,2	13,2 ±0,2	14,2 ±0,2	14,8 ±0,1	13,1 ±0,1	**18,4 ±0,2**	11,7 ±0,2	12,2 ±0,2	**15,6 ±0,2**	13,3 ±0,2	14,3 ±0,1	13,5 ±0,2	**15,4 ±0,3**
L. reuteri – 3/3	13,2 ±0,2	14,5 ±0,2	14,7 ±0,3	13,9 ±0,2	14,2 ±0,1	14,7 ±0,2	10,3 ±0,2	11,1 ±0,3	**15,2 ±0,1**	14,4 ±0,2	**15,3 ±0,2**	**15,3 ±0,2**	12,7 ±0,2	11,3 ±0,1	**16,3 ±0,2**	13,3 ±0,2	**15,9 ±0,1**
L. reuteri – 3/4	14,4 ±0,2	14,7 ±0,2	14,2 ±0,2	10,6 ±0,2	**17,3 ±0,2**	14,3 ±0,1	13,5 ±0,2	**17,4 ±0,3**	14,7 ±0,2	**17,1 ±0,2**	14,8 ±0,1	**16,1 ±0,2**	13,7 ±0,2	14,2 ±0,2	**15,2 ±0,1**	14,8 ±0,2	**15,1 ±0,2**
L. reuteri – 3/5	10,5 ±0,3	13,1 ±0,2	13,7 ±0,1	12,6 ±0,2	14,2 ±0,2	12,4 ±0,2	15,4 ±0,2	11,3 ±0,2	13,9 ±0,2	9,2± 0,2	11,5 ±0,1	12,6 ±0,2	11,9 ±0,3	14,2 ±0,2	8,3 ±0,1	13,7 ±0,3	13,9 ±0,2
L. reuteri – 3/6	12,4 ±0,2	13,3 ±0,2	10,3 ±0,2	14,3 ±0,1	13,5 ±0,2	**16,4 ±0,3**	13,3 ±0,1	**17,1 ±0,1**	11,7 ±0,1	13,1 ±0,2	11,3 ±0,1	14,1 ±0,2	12,1 ±0,2	11,9 ±0,1	10,3 ±0,2	11,7 ±0,2	**15,2 ±0,2**
L. reuteri – 3/7	14,2 ±0,2	16,3 ±0,1	13,3 ±0,3	**17,9 ±0,2**	**15,7 ±0,1**	14,4 ±0,2	**15,2 ±0,1**	12,1 ±0,3	13,2 ±0,3	13,5 ±0,1	**15,7 ±0,2**	14,5 ±0,3	13,4 ±0,1	13,6 ±0,3	10,5 ±0,1	14,7 ±0,2	8,6 ±0,2
L. reuteri – 3/8	14,4 ±0,3	13,3 ±0,1	**17,1 ±0,1**	12,9 ±0,1	14,9 ±0,2	15,6 ±0,1	14,8 ±0,2	**16,3 ±0,2**	**16,5 ±0,3**	13,1 ±0,1	**17,1 ±0,3**	13,7 ±0,1	**15,9 ±0,2**	**15,6 ±0,1**	14,8 ±0,2	10,3 ±0,2	13,7 ±0,3
L. reuteri – 3/9	**15,3 ±0,1**	**17,4 ±0,2**	12,6 ±0,2	11,8 ±0,1	13,1 ±0,2	13,2 ±0,2	12,4 ±0,3	13,6 ±0,2	10,8 ±0,1	14,5 ±0,2	12,1 ±0,3	14,0 ±0,2	13,2 ±0,2	13,7 ±0,1	**18,4 ±0,2**	**16,2 ±0,3**	12,6 ±0,1

№ ізоляту	Тест-штами з відомим патогенним потенціалом																
	S. gallinarum SG-2019/3	*S. infantis* KD-1	*S. muenchen* Sm-2019/2	*S. spp* (F-67+) S2019/4	*S. virchow* Sv-2019/3	*C. freundii* KSM-1	*C. freundii 18/22*	*S. aureus* St 2017/1	*S. epidermidis* T-7S	*S. epidermidis* 5/2022	*E. coli* CTM-3	*E. coli Ec-2017/4* -	*K. pneumoniae* SP-15	*Y. enterocolitica* PI-11/15	*P.* mirabilis7/2018	*P. aeruginosa* 3/2018	*C. albicans* 8/2018
L. casei – 4//1	11,1 ±0,1	12,5 ±0,2	9,3± 0,2	14,1 ±0,2	14,5 ±0,2	**15,3 ±0,2**	14,6 ±0,2	13,1 ±0,3	**15,3 ±0,2**	14,2 ±0,2	12,9 ±0,1	**16,1 ±0,1**	12,2 ±0,2	11,3 ±0,1	**17,3 ±0,2**	**15,1 ±0,2**	**15,7 ±0,1**
L. casei – 4/2	13,3 ±0,1	14,3 ±0,2	12,5 ±0,1	14,1 ±0,1	12,4 ±0,2	10,3 ±0,1	**17,3 ±0,2**	13,2 ±0,2	12,7 ±0,2	10,2 ±0,1	11,2 ±0,2	11,4 ±0,1	12,6 ±0,1	11,2 ±0,2	13,2 ±0,1	14,3 ±0,2	11,2 ±0,`
L. casei – 4/3	8,7 ±0,2	7,8 ±0,2	14,9 ±0,1	12,4 ±0,3	**15,8 ±0,1**	**15,1 ±0,1**	14,7 ±0,1	**15,3 ±0,2**	13,6 ±0,2	12,1 ±0,2	14,2 ±0,1	12,4 ±0,3	13,2 ±0,2	12,4 ±0,3	13,3 ±0,3	7,9 ±0,2	**15,7 ±0,1**
L. casei – 4/4	12,3 ±0,2	11,9 ±0,1	14,4 ±0,2	11,7 ±0,2	12,2 ±0,2	8,6 ±0,2	13,6 ±0,2	15,2 ±0,2	11,5 ±0,1	12,6 ±0,2	11,9 ±0,3	13,3 ±0,2	12,2 ±0,2	**15,6 ±0,2**	13,6 ±0,2	13,0 ±0,3	11,7 ±0,1
L. casei – 4/5	12,0 ±0,2	11,4 ±0,1	13,3 ±0,2	14,9 ±0,3	14,3 ±0,2	**15,1 ±0,2**	14,3 ±0,1	13,3 ±0,2	13,2 ±0,1	**15,3 ±0,2**	14,3 ±0,1	**16,1 ±0,1**	**16,3 ±0,2**	7,3 ±0,1	14,3 ±0,2	**15,4 ±0,3**	14,3 ±0,2
L. casei – 4/6	**15,5 ±0,1**	12,3 ±0,2	13,5 ±0,2	14,6 ±0,1	**16,5 ±0,1**	12,1 ±0,1	**18,7 ±0,2**	13,5 ±0,2	13,7 ±0,3	10,2 ±0,1	13,0 ±0,1	10,5 ±0,1	14,7 ±0,2	13,6 ±0,1	13,2 ±0,1	**17,1 ±0,2**	13,3 ±0,2
L. casei – 4/13	**15,2 ±0,1**	17,8 ±0,1	14,2 ±0,1	**15,5 ±0,1**	14,1 ±0,2	12,9 ±0,2	14,7 ±0,1	13,3 ±0,	13,6 ±0,2	**17,1 ±0,2**	14,2 ±0,1	12,4 ±0,3	**17,2 ±0,2**	13,3 ±0,2	11,3 ±0,1	12,1 ±0,1	**15,5 ±0,3**
L. casei – 4/7	12,6 ±0,2	14,1 ±0,2	11,2 ±0,1	**15,4 ±0,3**	**17,3 ±0,2**	14,7 ±0,1	**15,2 ±0,2**	12,1 ±0,2	11,1 ±0,3	10,7 ±0,2	14,2 ±0,1	**15,1** ±0,2	14,1 ±0,2	13,1 ±0,2	**18,1** ±0,2	13,5 ±0,1	12,2 ±0,2
L. casei – 4/8	14,2 ±0,1	12,4 ±0,2	14,5 ±0,1	13,7 ±0,1	12,3 ±0,2	11,6 ±0,2	**17,4 ±0,1**	14,2 ±0,1	**15,5 ±0,1**	11,1 ±0,2	13,9 ±0,2	14,6 ±0,2	14,5 ±0,1	13,6 ±0,2	11,9 ±0,3	13,3 ±0,3	11,4 ±0,2
L. casei – 4/9	12,8 ±0,1	13,5 ±0,2	14,5 ±0,3	10,4 ±0,2	**15,6 ±0,3**	13,8 ±0,1	14,7 ±0,1	**17,2 ±0,1**	13,4 ±0,2	13,7 ±0,1	**15,1 ±0,2**	14,2 ±0,1	12,4 ±0,3	13,8 ±0,1	14,1 ±0,1	**16,7 ±0,1**	**15,3 ±0,2**
L. casei – 4/10	13,3 ±0,2	12,1 ±0,2	14,3 ±0,3	11,7 ±0,2	13,8 ±0,1	14,5 ±0,2	11,1 ±0,3	12,4 ±0,2	14,3 ±0,2	10,3 ±0,2	11,3 ±0,2	**16,9 ±0,4**	**15,7 ±0,2**	13,8 ±0,1	**16,7 ±0,2**	8,9 ±0,2	**16,3 ±0,1**
L. casei – 4/11	8,1 ±0,2	12,8 ±0,1	11,5 ±0,2	13,6 ±0,3	14,5 ±0,1	11,9 ±0,2	13,2 ±0,2	12,3 ±0,2	**15,1 ±0,2**	15,3 ±0,1	15,9 ±0,3	14,6 ±0,2	14,1 ±0,2	7,4 ±0,2	13,4 ±0,2	13,7 ±0,2	9,3 ±0,2

№ ізоляту	Тест-штами з відомим патогенним потенціалом																
	S. gallinarum SG-2019/3	*S. infantis* KD-1	*S. muenchen* Sm-2019/2	*S. spp* (F-67+) S2019/4	*S. virchow* Sv-2019/3	*C. freundii* KSM-1	*C. freundii 18/22*	*S. aureus* St 2017/1	*S. epidermidis* T-7S	*S. epidermidis* 5/2022	*E. coli* CTM-3	*E. coli Ec-2017/4* -	*K. pneumoniae* SP-15	*Y. enterocolitica* PI-11/15	*P.* mirabilis7/2018	*P. aeruginosa* 3/2018	*C. albicans* 8/2018
L. casei – 4/12	11,5 ±0,2	12,9 ±0,2	13,4 ±0,2	14,5 ±0,1	14,7 ±0,3	12,1 ±0,1	14,4 ±0,1	13,2 ±0,2	12,6 ±0,3	11,5 ±0,2	11,7 ±0,3	12,2 ±0,1	13,0 ±0,1	**15,5 ±0,2**	**15,7 ±0,3**	**17,2 ±0,1**	13,0 ±0,1
L. casei – 4/13	12,2 ±0,1	12,4 ±0,2	11,5 ±0,1	10,7 ±0,1	11,3 ±0,2	11,8 ±0,2	10,9 ±0,1	13,7 ±0,1	12,5 ±0,1	14±0 ,2	13,5 ±0,2	14,1 ±0,2	12,5 ±0,1	13,6 ±0,2	11,9 ±0,3	11,3 ±0,3	10,4 ±0,2
L. brevis – 5/1	13,7 ±0,1	14,9 ±0,2	**17,7 ±0,2**	**16,8 ±0,3**	12,6 ±0,3	8,5 ±0,1	11,9 ±0,2	13,2 ±0,2	14,3 ±0,2	**19,5 ±0,2**	13,2 ±0,2	12,5 ±0,1	14,7 ±0,3	11,1 ±0,1	12,9 ±0,2	14,9 ±0,2	13,4 ±0,2
L. brevis – 5/2	9,4 ±0,2	7,1 ±0,3	12,3 ±0,2	13,4 ±0,1	14,8 ±0,1	**16,9 ±0,2**	11,9 ±0,2	13,3 ±0,1	**16,9 ±0,2**	12,6 ±0,2	14,7 ±0,2	12,8 ±0,2	**17,4 ±0,1**	**17,3 ±0,2**	8,9 ±0,2	**15,2 ±0,2**	**17,5 ±0,1**
L. brevis – 5/3	14,5 ±0,1	10,9 ±0,3	14,9 ±0,2	10,9 ±0,2	13,8 ±0,2	13,8 ±0,1	10,5 ±0,2	**16,9 ±0,3**	14,3 ±0,1	12,4 ±0,2	14,4 ±0,2	**16,3 ±0,2**	13,1 ±0,2	**15,3 ±0,2**	14,6 ±0,2	7,4 ±0,1	14,2 ±0,1
L. brevis – 5/4	**15,9 ±0,2**	**15,7 ±0,2**	10,7 ±0,1	13,3 ±0,2	14,6 ±0,2	14,4 ±0,1	14,2 ±0,1	**15,5** ±0,1	14,1 ±0,2	13,4 ±0,1	12,3 ±0,2	11,3 ±0,2	14,1 ±0,1	14,8 ±0,1	**15,6 ±0,2**	**16,2 ±0,1**	**16,5 ±0,2**
L. brevis – 5/5	12,6 ±0,2	14,2 ±0,2	12,4 ±0,2	**15,4 ±0,2**	**16,3 ±0,2**	13,9 ±0,2	**15,2 ±0,2**	11,5 ±0,1	**16,7 ±0,1**	14,3 ±0,2	12,6 ±0,2	13,4 ±0,1	14,2 ±0,1	**15,5 ±0,1**	13,5 ±0,2	**15,3 ±0,2**	12,7 ±0,1
L. brevis – 5/6	11,2 ±0,2	10,4 ±0,1	**15,6 ±0,2**	14,6 ±0,1	12,4 ±0,2	12,1 ±0,2	13,4 ±0,2	**16,2 ±0,1**	**16,5 ±0,2**	12,4 ±0,3	13,1 ±0,1	11,1 ±0,1	14,6 ±0,1	**15,2 ±0,1**	**16,9 ±0,1**	14,6 ±0,2	**15,7 ±0,3**
L. brevis – 5/7	9,2± 0,2	11,6 ±0,1	14,9 ±0,1	**15,9 ±0,1**	14,2 ±0,2	12,4 ±0,2	10,3 ±0,1	12,3 ±0,2	11,3 ±0,2	13,1 ±0,2	**15,9 ±0,2**	**16,9 ±0,2**	13,4 ±0,2	14,3 ±0,2	14,3 ±0,2	12,6 ±0,3	13,1 ±0,1
L. brevis – 5/8	12,3 ±0,2	14,4 ±0,2	14,6 ±0,2	13,3 ±0,2	14,3 ±0,1	**16,3 ±0,2**	**15,4 ±0,2**	14,1 ±0,1	14,2 ±0,1	13,7 ±0,1	12,7 ±0,3	10,3 ±0,2	14,6 ±0,2	7,4± 0,1	14,2 ±0,1	**15,5 ±0,1**	13,7 ±0,2
L. brevis – 5/9	**19,7 ±0,2**	**17,1 ±0,2**	14,1 ±0,3	**15,1 ±0,2**	11,1 ±0,3	13,1 ±0,3	**15,1 ±0,4**	12,7 ±0,2	12,1 ±0,1	**15,8 ±0,2**	13,6 ±0,2	**16,7 ±0,2**	12,2 ±0,2	**15,3 ±0,2**	**16,3 ±0,1**	14,3 ±0,2	11,4 ±0,2

4. Антагоністична активність ізолятів із роду Bacillus (мм, M ± m, n = 3)

№ ізоляту	Тест-штами з відомим патогенним потенціалом																
	S. gallinarum SG-2019/3	*S. infantis* KD-1	*S. muenchen* Sm-2019/2	*S. spp* (F-67+) S2019/4	*S. virchow* Sv-2019/3	*C. freundii* KSM-1	*C. freundii 18/22*	*S. aureus* St 2017/1	*S. epidermidis* T-7S	*S. epidermidis* 5/2022	*E. coli* CTM-3	*E. coli Ec-2017/4* -	*K. pneumoniae* SP-15	*Y. enterocolitica* PI-11/15	*P.* mirabilis7/2018	*P. aeruginosa* 3/2018	*C. albicans* 8/2018
B. subtilis 1/1	9,4± 0,1	13,6 ±0,2	12,5 ±0,2	**16,3 ±0,2**	13,1 ±0,1	14,4 ±0,2	10,9 ±0,2	13,2 ±0,2	**15,6 ±0,2**	11,1 ±0,2	14,3 ±0,1	14,5 ±0,2	13,7 ±0,2	**15,4 ±0,2**	13,2 ±0,2	14,4 ±0,2	13,6 ±0,2
B. subtilis 1/2	13,4 ±0,2	12,3 ±0,1	10,5 ±0,2	13,4 ±0,2	14,1 ±0,3	14,2 ±0,2	14,3 ±0,2	11,9 ±0,2	10,3 ±0,2	10,7 ±0,1	11,7 ±0,3	10,8 ±0,1	13,5 ±0,2	14,2 ±0,2	**16,1 ±0,2**	**15,2 ±0,3**	10,4 ±0,3
B. subtilis 1/3	**15,3 ±0,2**	11,5 ±0,1	**17,7 ±0,2**	13,6 ±0,2	12,6 ±0,2	14,1 ±0,2	**18,3 ±0,2**	13,9 ±0,2	7,3± 0,2	8,0± 0,1	14,4 ±0,3	12,5 ±0,1	5,7± 0,2	**16,5 ±0,2**	14,7 ±0,2	13,5 ±0,3	14,4 ±0,3
B. subtilis 1/4	7,7± 0,3	13,8 ±0,1	**17,3 ±0,1**	7,9± 0,1	14,5 ±0,2	**15,2 ±0,1**	14,3 ±0,2	13,3 ±0,2	13,5 ±0,3	13,4 ±0,1	**17,5 ±0,3**	14,7 ±0,1	11,0 ±0,2	10,2 ±0,1	13,8 ±0,2	10,2 ±0,2	13,4 ±0,1
B. subtilis 1/5	**18,0 ±0,2**	**16,2 ±0,3**	**15,7 ±0,1**	**15,4 ±0,2**	8,1± 0,1	6,3± 0,2	9,8± 0,1	**16,7 ±0,2**	**15,1 ±0,2**	13,3 ±0,2	13,7 ±0,2	9,7± 0,2	7,4± 0,1	13,1 ±0,1	11,7 ±0,2	12,5 ±0,2	13,6 ±0,1
B. subtilis 1/6	9,4± 0,1	17,2 ±0,2	11,3 ±0,2	14,7 ±0,1	14,1 ±0,1	**16,9 ±0,2**	11,9 ±0,2	13,3 ±0,1	8,7± 0,2	10,6 ±0,2	13,7 ±0,2	11,9 ±0,2	13,1 ±0,1	**18,3 ±0,2**	9,7± 0,2	10,4 ±0,1	14,5 ±0,1
B. subtilis 1/7	11,6 ±0,1	14,1 ±0,3	12,6 ±0,4	12,1 ±0,2	13,1 ±0,1	13,7 ±0,2	11,5 ±0,2	14,1 ±0,3	**17,7 ±0,2**	**18,1 ±0,2**	13,2 ±0,2	**15,3 ±0,2**	10,5 ±0,2	9,1± 0,2	13,3 ±0,1	7,1± 0,2	14,2 ±0,4
B. subtilis 1/8	8,5± 0,2	12,6 ±0,1	14,4 ±0,1	11,4 ±0,2	11,3 ±0,2	12,5 ±0,2	10,1 ±0,2	6,5± 0,2	7,8± 0,2	14,1 ±0,1	**15,2 ±0,2**	14,3 ±0,2	**16,1 ±0,1**	13,3 ±0,1	**17,6 ±0,2**	11,4 ±0,2	13,1 ±0,1
B. subtilis 1/9	12,3 ±0,1	13,3 ±0,2	14,1 ±0,1	9,2± 0,1	13,4 ±0,2	10,7 ±0,1	13,3 ±0,2	11,2 ±0,2	10,7 ±0,2	11,2 ±0,1	10,6 ±0,2	12,4 ±0,1	10,6 ±0,1	7,2± 0,2	12,3 ±0,1	14,7 ±0,2	10,9 ±0,1
B. subtilis 1/10	7,9± 0,2	8,8± 0,1	11,3 ±0,1	12,4 ±0,3	14,8 ±0,1	**15,3 ±0,1**	**17,5 ±0,1**	14,4 ±0,2	13,2 ±0,2	9,2± 0,2	13,2 ±0,1	12,7 ±0,3	8,2± 0,2	7,3± 0,3	9,1± 0,1	8,7± 0,2	12,1 ±0,1

№ ізоляту	Тест-штами з відомим патогенним потенціалом																
	S. gallinarum SG-2019/3	*S. infantis* KD-1	*S. muenchen* Sm-2019/2	*S. spp* (F-67+) S2019/4	*S. virchow* Sv-2019/3	*C. freundii* KSM-1	*C. freundii 18/22*	*S. aureus* St 2017/1	*S. epidermidis* T-7S	*S. epidermidis* 5/2022	*E. coli* CTM-3	*E. coli Ec-2017/4* -	*K. pneumoniae* SP-15	*Y. enterocolitica* PI-11/15	*P.* mirabilis7/2018	*P. aeruginosa* 3/2018	*C. albicans* 8/2018
B. subtilis 1/11	13,1 ±0,1	14,3 ±0,2	13,5 ±0,2	14,7 ±0,1	**16,8 ±0,1**	14,1 ±0,1	**16,6 ±0,2**	14,5 ±0,2	13,7 ±0,3	11,2 ±0,1	14,0 ±0,1	13,1 ±0,1	14,4 ±0,2	13,2 ±0,1	14,2 ±0,1	10,2 ±0,2	11,1 ±0,2
B. subtilis 1/12	14,2 ±0,1	8,5± 0,1	14,9 ±0,1	8,4± 0,1	14,3 ±0,2	14,9 ±0,2	13,7 ±0,1	9,3± 0,3	13,6 ±0,2	**17,3 ±0,2**	14,4 ±0,1	12,4 ±0,1	11,2 ±0,2	11,3 ±0,2	8,3± 0,1	12,2 ±0,1	7,1± 0,3
B. subtilis 1/13	14,2 ±0,2	15,6 ±0,1	17,4 ±0,2	13,3 ±0,1	13,6 ±0,2	16,1 ±0,3	13,8 ±0,1	17,6 ±0,1	12,3 ±0,1	15,1 ±0,2	**15,3 ±0,1**	**16,1 ±0,2**	**16,8 ±0,2**	7,1± 0,2	5,3± 0,1	11,2 ±0,3	**17,1 ±0,1**
B. subtilis 1/14	**17,3 ±0,2**	10,1 ±0,2	14,9 ±0,1	13,3 ±0,2	11,0 ±0,2	11,2 ±0,2	14,2 ±0,2	12,2 ±0,3	9,2± 0,1	15,1 ±0,1	12,1 ±0,2	13,9 ±0,1	14,2 ±0,1	8,1± 0,2	**16,8 ±0,1**	13,5 ±0,2	**15,5 ±0,3**
B. subtilis 1/15	11,1 ±0,2	13,3 ±0,1	12,6 ±0,1	**15,7 ±0,2**	**15,1 ±0,1**	10,2 ±0,3	11,3 ±0,1	**17,5 ±0,3**	**15,7 ±0,2**	14,6 ±0,1	11,2 ±0,2	12,3 ±0,2	**17,3 ±0,2**	13,3 ±0,2	9,3± 0,2	10,8 ±0,2	14,3 ±0,3
B. subtilis 1/16	12,6 ±0,2	12,3 ±0,2	12,1 ±0,2	9,3± 0,1	8,3± 0,2	**17,6 ±0,2**	11,1 ±0,2	9,2± 0,1	12,2 ±0,3	13,6 ±0,2	14,7 ±0,2	**16,8 ±0,1**	14,3 ±0,1	13,8 ±0,2	14,8 ±0,3	**15,1 ±0,1**	10,3 ±0,1
B. subtilis 1/17	**15,8 ±0,1**	12,7 ±0,2	**16,2 ±0,1**	10,0 ±0,2	**18,4 ±0,1**	14,5 ±0,1	11,5 ±0,1	12,7 ±0,2	14,0 ±0,2	12,3 ±0,2	14,4 ±0,2	12,6 ±0,2	15,3 ±0,2	14,3 ±0,1	12,3 ±0,2	11,4 ±0,2	12,1 ±0,1
B. subtilis 1/18	10,9 ±0,2	13,6 ±0,2	**16,7 ±0,2**	12,2 ±0,2	**15,3 ±0,2**	**16,3 ±0,1**	14,3 ±0,2	12,4 ±0,2	10,4 ±0,2	12,7 ±0,2	13,1 ±0,2	12,1 ±0,3	**15,1 ±0,2**	11,1 ±0,3	**18,1 ±0,3**	**15,1 ±0,4**	12,7 ±0,2
B. subtilis 1/19	14,9 ±0,2	11,6 ±0,1	14,8 ±0,2	14,2 ±0,1	13,9 ±0,1	14,3 ±0,2	14,9 ±0,2	13,9 ±0,2	6,3± 0,1	13,1 ±0,2	9,3± 0,2	7,8± 0,2	14,8 ±0,1	**16,1 ±0,2**	14,3 ±0,1	13,5 ±0,2	14,3 ±0,2
B. subtilis 1/20	**16,4 ±0,3**	13,3 ±0,1	11,1 ±0,1	13,9 ±0,1	11,7 ±0,1	13,1 ±0,2	11,3 ±0,1	13,5 ±0,2	**16,4 ±0,3**	11,6 ±0,2	13,3 ±0,2	**18,4 ±0,2**	11,7 ±0,2	10,4 ±0,2	12,8 ±0,2	12,1 ±0,2	12,2 ±0,2
B. subtilis 1/21	12,4 ±0,3	**16,9 ±0,1**	14,3 ±0,1	8,8± 0,1	**15,2 ±0,1**	10,7 ±0,1	10,3 ±0,2	12,2 ±0,2	5,9± 0,1	**16,8 ±0,3**	14,9 ±0,1	8,6± 0,2	13,3 ±0,1	7,1± 0,1	12,8 ±0,2	10,3 ±0,2	13,4 ±0,1

№ ізоляту	Тест-штами з відомим патогенним потенціалом																
	S. gallinarum SG-2019/3	*S. infantis* KD-1	*S. muenchen* Sm-2019/2	*S. spp* (F-67+) S2019/4	*S. virchow* Sv-2019/3	*C. freundii* KSM-1	*C. freundii 18/22*	*S. aureus* St 2017/1	*S. epidermidis* T-7S	*S. epidermidis* 5/2022	*E. coli* CTM-3	*E. coli Ec-2017/4* -	*K. pneumoniae* SP-15	*Y. enterocolitica* PI-11/15	*P.* mirabilis7/2018	*P. aeruginosa* 3/2018	*C. albicans* 8/2018
B. subtilis 1/22	12,4 ±0,2	11,7 ±0,1	11,1 ±0,2	11,2 ±0,1	12,4 ±0,3	10,5 ±0,1	11,9 ±0,2	13,2 ±0,2	12,3 ±0,2	14,8 ±0,3	**15,1 ±0,2**	14,1 ±0,2	12,4 ±0,2	10,3 ±0,2	11,3 ±0,2	14,5 ±0,4	13,3 ±0,2
B. subtilis 1/23	13,8 ±0,1	**15,7 ±0,2**	12,1 ±0,2	10,3 ±0,1	**16,4 ±0,2**	14,7 ±0,2	12,0 ±0,2	15,4 ±0,3	13,6 ±0,1	**15,4 ±0,2**	14,1 ±0,1	10,2 ±0,1	**16,3 ±0,2**	9,6 ±0,1	10,4 ±0,2	14,1 ±0,2	13,1 ±0,1
B. subtilis 1/24	13,8 ±0,1	14,5 ±0,2	**16,1 ±0,3**	12,4 ±0,2	14,3 ±0,2	10,8 ±0,1	13,1 ±0,1	**16,7 ±0,1**	**15,3 ±0,2**	12,1 ±0,2	12,8 ±0,2	13,5 ±0,2	14,6 ±0,3	10,3 ±0,2	13,1 ±0,2	14,1 ±0,3	13,2 ±0,2
B. licheniformis 2/1	5,3± 0,2	7,8± 0,3	6,6± 0,2	7,1± 0,2	12,4 ±0,2	5,9± 0,1	6,2± 0,1	14,1 ±0,3	14,7 ±0,3	**15,4 ±0,1**	14,3 ±0,2	14,3 ±0,2	13,1 ±0,1	**15,9 ±0,2**	14,6 ±0,2	**16,3 ±0,2**	11,3 ±0,2
B. licheniformis 2/2	12,6 ±0,2	14,5 ±0,2	**17,7 ±0,2**	14,5 ±0,2	12,1 ±0,2	13,3 ±0,1	12,2 ±0,2	13,4 ±0,2	**15,8 ±0,2**	6,7± 0,2	13,9 ±0,2	8,1± 0,2	**18,3 ±0,2**	14,1 ±0,1	13,1 ±0,2	12,4 ±0,3	11,3 ±0,1
B. licheniformis 2/3	13,5 ±0,1	13,1 ±0,1	12,7 ±0,2	12,2 ±0,2	14,2 ±0,2	**17,1 ±0,2**	11,6 ±0,1	14,0 ±0,1	14,9 ±0,2	13,3 ±0,2	14,1 ±0,2	**15,1 ±0,1**	**17,2 ±0,1**	9,1± 0,2	7,3± 0,1	14,1 ±0,2	13,3 ±0,2
B. licheniformis 2/4	12,3 ±0,2	13,3 ±0,2	14,1 ±0,1	**15,5 ±0,1**	13,2 ±0,3	14,2 ±0,3	**16,2 ±0,2**	**15,6 ±0,2**	14,1 ±0,2	12,2 ±0,1	**15,6 ±0,2**	**16,1 ±0,2**	14,4 ±0,2	13,7 ±0,1	13,4 ±0,2	11,3 ±0,2	
B. licheniformis 2/5	13,7 ±0,2	**15,8 ±0,2**	13,7 ±0,1	14,4 ±0,1	12,7 ±0,2	**16,9 ±0,1**	14,9 ±0,1	11,1 ±0,2	14,8 ±0,2	**15,8 ±0,1**	12,5 ±0,1	13,7 ±0,1	**15,1 ±0,2**	**16,1 ±0,2**	15,4 ±0,1	13,2 ±0,2	**15,1 ±0,1**
B. licheniformis 2/6	**15,2 ±0,2**	**16,3 ±0,1**	14,7 ±0,1	13,7 ±0,2	**16,5 ±0,3**	**16,3 ±0,1**	12,1 ±0,1	14,2 ±0,2	10,1 ±0,1	12,8 ±0,3	14,2 ±0,2	14,9 ±0,1	13,1 ±0,2	**16,2 ±0,1**	9,4± 0,2	13,8 ±0,1	12,7 ±0,3
B. licheniformis 2/7	10,2 ±0,1	13,2 ±0,3	11,3 ±0,2	13,9 ±0,1	11,7 ±0,2	10,1 ±0,3	13,3 ±0,1	**15,3 ±0,2**	**16,1 ±0,1**	**17,2 ±0,2**	8,2± 0,1	10,2 ±0,1	14,2 ±0,2	12,1 ±0,2	13,6 ±0,1	13,8 ±0,2	14,3 ±0,1
B. licheniformis 2/8	14,1 ±0,3	14,9 ±0,2	**15,7 ±0,2**	13,9 ±0,2	14,8 ±0,2	13,9 ±0,1	**16,1 ±0,2**	13,3 ±0,1	**16,1 ±0,2**	**16,4 ±0,2**	13,7 ±0,2	14,1 ±0,1	13,2 ±0,2	13,1 ±0,2	14,2 ±0,1	13,2 ±0,2	13,1 ±0,2

№ ізоляту	Тест-штами з відомим патогенним потенціалом																
	S. gallinarum SG-2019/3	*S. infantis* KD-1	*S. muenchen* Sm-2019/2	*S. spp* (F-67+) S2019/4	*S. virchow* Sv-2019/3	*C. freundii* KSM-1	*C. freundii 18/22*	*S. aureus* St 2017/1	*S. epidermidis* T-7S	*S. epidermidis* 5/2022	*E. coli* CTM-3	*E. coli Ec-2017/4* -	*K. pneumoniae* SP-15	*Y. enterocolitica* PI-11/15	*P.* mirabilis7/2018	*P. aeruginosa* 3/2018	*C. albicans* 8/2018
B. licheniformis 2/9	10,3 ±0,2	13,2 ±0,1	14,2 ±0,1	11,1 ±0,2	14,1 ±0,2	10,9 ±0,2	12,7 ±0,1	14,7 ±0,2	9,2± 0,2	7,1± 0,2	12,6 ±0,2	13,7 ±0,2	**17,2 ±0,1**	13,6 ±0,2	7,5± 0,2	8,1± 0,2	13,6 ±0,2
B. licheniformis 2/10	14,8 ±0,3	12,9 ±0,3	**15,7 ±0,4**	12,4 ±0,2	6,1± 0,3	7,1± 0,2	6,2± 0,2	13,7 ±0,1	13,2 ±0,2	11,9 ±0,1	14,1 ±0,2	6,5± 0,2	14,8 ±0,2	14,7 ±0,1	7,8± 0,2	**15,2 ±0,2**	6,3± 0,1
B. licheniformis 2/11	13,1 ±0,1	10,7 ±0,2	14,2 ±0,2	13,1 ±0,3	14,1 ±0,2	11,3 ±0,3	13,1 ±0,3	14,1 ±0,2	**16,1 ±0,1**	13,7 ±0,1	12,7 ±0,1	**15,7 ±0,2**	12,2 ±0,2	11,1 ±0,3	14,6 ±0,2	**15,4 ±0,3**	11,1 ±0,2
B. licheniformis 2/12	12,1 ±0,4	12,2 ±0,2	12,1 ±0,1	12,8 ±0,2	11,2 ±0,2	13,3 ±0,2	**16,3 ±0,2**	14,2 ±0,2	8,2± 0,2	**15,3 ±0,1**	14,3 ±0,1	13,3 ±0,2	14,3 ±0,2	10,8 ±0,1	14,2 ±0,1	9,5± 0,1	14,1 ±0,2
B. licheniformis 2/13	**15,9 ±0,1**	**16,4 ±0,2**	11,7 ±0,2	12,2 ±0,2	9,6± 0,2	**17,6 ±0,2**	14,3 ±0,1	13,4 ±0,2	8,4± 0,3	13,9 ±0,1	**16,1 ±0,1**	**17,7 ±0,2**	13,3 ±0,2	13,8 ±0,3	7,2± 0,2	**17,3 ±0,2**	12,1 ±0,2
B. licheniformis 2/14	11,3 ±0,1	12,4 ±0,2	11,3 ±0,2	7,8± 0,2	14,5 ±0,1	9,8± 0,2	13,1 ±0,2	14,3 ±0,1	**16,4 ±0,3**	11,3 ±0,3	10,1 ±0,4	12,7 ±0,2	12,1 ±0,1	9,7± 0,2	6,2± 0,2	11,7 ±0,1	13,2 ±0,2
B. licheniformis 2/15	12,9 ±0,2	13,7 ±0,1	13,2 ±0,3	**15,3 ±0,2**	14,5 ±0,1	11,6 ±0,2	14,5 ±0,2	**15,4 ±0,2**	13,4 ±0,2	12,1 ±0,1	14,7 ±0,2	11,2 ±0,2	**17,1 ±0,2**	13,1 ±0,3	12,6 ±0,2	13,3 ±0,2	12,2 ±0,1
B. licheniformis 2/16	13,2 ±0,1	13,2 ±0,2	14,1 ±0,2	11,3 ±0,2	11±0 ,1	11,2 ±0,1	12,1 ±0,2	13,7 ±0,2	13,3 ±0,2	13,1 ±0,2	13,7 ±0,1	12,3 ±0,2	13,4 ±0,2	13,6 ±0,2	13,1 ±0,2	13,3 ±0,2	15,1 ±0,2
B. licheniformis 2/17	14,1 ±0,2	13,2 ±0,2	12,4 ±0,3	13,6 ±0,2	14,8 ±0,1	14,5 ±0,2	**15,1 ±0,3**	**16,0 ±0,2**	9,2± 0,2	**15,3 ±0,1**	13,7 ±0,1	8,4± 0,2	13,2 ±0,3	14,4 ±0,2	12,6 ±0,2	**15,8 ±0,1**	12,6 ±0,1
B. licheniformis 2/18	13,1 ±0,3	15,3 ±0,2	14,2 ±0,2	12,9 ±0,1	**16,1 ±0,1**	12,2 ±0,2	11,3 ±0,1	13,3 ±0,2	10,1 ±0,2	14,7 ±0,1	11,1 ±0,1	12,5 ±0,2	13,3 ±0,2	14,1 ±0,2	14,5 ±0,2	15,3 ±0,2	14,6 ±0,2
B. licheniformis 2/19	12,5 ±0,1	14,1 ±0,1	12,4 ±0,2	10,3 ±0,1	**17,3 ±0,2**	13,2 ±0,2	12,7 ±0,2	13,3 ±0,1	14,3 ±0,2	12,6 ±0,1	11,2 ±0,2	13,2 ±0,1	14,3 ±0,2	11,2 ±0,`	10,2 ±0,1	11,2 ±0,2	11,4 ±0,1

№ ізоляту	Тест-штами з відомим патогенним потенціалом															
	S. gallinarum SG-2019/3	*S. infantis* KD-1	*S. muenchen* Sm-2019/2	*S. spp* (F-67+) S2019/4	*S. virchow* Sv-2019/3	*C. freundii* KSM-1	*C. freundii 18/22*	*S. aureus* St 2017/1	*S. epidermidis* T-7S	*S. epidermidis* 5/2022	*E. coli* CTM-3	*E. coli Ec-2017/4* -	*K. pneumoniae* SP-15	*Y. enterocolitica* PI-11/15	*P.* mirabilis7/2018	*P. aeruginosa* 3/2018	*C. albicans* 8/2018
B. licheniformis 2/20	8,4± 0,1	9,2± 0,2	13,4 ±0,2	14,1 ±0,2	14,7 ±0,1	12,6 ±0,3	13,2 ±0,2	12,4 ±0,3	14,5 ±0,1	12,4 ±0,3	**17,5 ±0,1**	14,6 ±0,1	**18,6 ±0,2**	10,8 ±0,2	13,3 ±0,3	**15,9 ±0,2**	14,7 ±0,1
B. licheniformis 2/21	12,2 ±0,2	12,9 ±0,3	13,1 ±0,2	12,3 ±0,2	14,2 ±0,2	13,2 ±0,2	13,1 ±0,3	11,5 ±0,1	13,7 ±0,2	13,5 ±0,2	8,4± 0,2	11,6 ±0,1	12,4 ±0,2	12,9 ±0,1	13,4 ±0,2	11,4 ±0,2	12,3 ±0,2
B. licheniformis 2/22	14,4 ±0,1	11,3 ±0,2	10,6 ±0,1	12,3 ±0,2	14,3 ±0,1	11,1 ±0,1	**16,3 ±0,1**	**15,1 ±0,1**	11,3 ±0,2	**15,2 ±0,1**	14,3 ±0,2	12,0 ±0,2	12,2 ±0,1	13,3 ±0,2	7,6± 0,3	9,5± 0,1	9,9± 0,2
B. licheniformis 2/23	12,2 ±0,2	14,7 ±0,3	**17,2 ±0,1**	13,0 ±0,2	13,5 ±0,1	14,7 ±0,2	13,6 ±0,1	13,2 ±0,1	11,6 ±0,1	10,5 ±0,1	12,8 ±0,1	**17,6 ±0,2**	14,1 ±0,1	13,4 ±0,1	13,5 ±0,2	12,3 ±0,3	12,5 ±0,1
B. licheniformis 2/24	14,5 ±0,1	10,3 ±0,3	13,5 ±0,2	12,1 ±0,2	14,7 ±0,1	13,4 ±0,3	14,2 ±0,2	13,9 ±0,2	11,3 ±0,1	12,7 ±0,1	14,3 ±0,3	13,2 ±0,1	**17,4 ±0,1**	13,2 ±0,1	**15,4 ±0,1**	14,2 ±0,2	12,4 ±0,2
B. licheniformis 2/25	14,5 ±0,1	11,3 ±0,2	11,1 ±0,2	12,1 ±0,2	13,5 ±0,2	13,1 ±0,1	12,9 ±0,2	12,4 ±0,3	13,3 ±0,2	12,7 ±0,1	11,2 ±0,2	**15,1 ±0,2**	**17,1 ±0,3**	13,7 ±0,2	12,1 ±0,2	14,7 ±0,2	11,9 ±0,1
B. licheniformis 2/26	14,7 ±0,2	14,4 ±0,2	**15,5 ±0,1**	13,1 ±0,2	11,3 ±0,3	11,3 ±0,2	11,2 ±0,2	**15,3 ±0,1**	**15,4 ±0,2**	13,1 ±0,1	12,2 ±0,1	10,3 ±0,1	9,4± 0,2	13,2 ±0,1	**15,1 ±0,2**	12,2 ±0,1	13,7 ±0,2
B. cereus – 3/1	**15,7 ±0,2**	14,5 ±0,1	13,4 ±0,3	14,8 ±0,1	10,1 ±0,1	14,7 ±0,1	11,2 ±0,2	13,2 ±0,1	12,7 ±0,1	13,2 ±0,1	13,2 ±0,2	13,1 ±0,1	**17,8 ±0,1**	14,5 ±0,2	9,5± 0,3	10,4 ±0,2	10,6 ±0,3
B. cereus – 3/2	11,3 ±0,1	11,7 ±0,2	13,5 ±0,2	**15,3 ±0,2**	13,1 ±0,2	13,5 ±0,1	14,3 ±0,3	12,3 ±0,2	13,7 ±0,2	13,2 ±0,2	11,1 ±0,2	13,9 ±0,1	10,3 ±0,2	**18,1 ±0,1**	**17,9 ±0,2**	13,2 ±0,2	13,1 ±0,2
B. cereus – 3/3	12,9 ±0,3	14,3 ±0,4	12,3 ±0,2	13,4 ±0,1	14,4 ±0,2	**17,3 ±0,2**	12,5 ±0,2	13,6 ±0,2	14,2 ±0,3	13,1 ±0,2	17,1 ±0,2	14,9 ±0,1	17,8 ±0,2	13,8 ±0,2	16,6 ±0,1	**15,1 ±0,3**	13,8 ±0,3
B. cereus – 3/4	9,1± 0,3	7,1± 0,2	7,1± 0,2	13,2 ±0,2	7,3± 0,2	13,7 ±0,1	14,7 ±0,3	12,8 ±0,1	8,7± 0,2	**16,2 ±0,2**	13,7 ±0,2	**15,5 ±0,3**	**15,4 ±0,3**	12,3 ±0,2	12,5 ±0,1	14,7 ±0,2	12,6 ±0,2

№ ізоляту	Тест-штами з відомим патогенним потенціалом																
	S. gallinarum SG-2019/3	*S. infantis* KD-1	*S. muenchen* Sm-2019/2	*S. spp* (F-67+) S2019/4	*S. virchow* Sv-2019/3	*C. freundii* KSM-1	*C. freundii 18/22*	*S. aureus* St 2017/1	*S. epidermidis* T-7S	*S. epidermidis* 5/2022	*E. coli* CTM-3	*E. coli Ec-2017/4* -	*K. pneumoniae* SP-15	*Y. enterocolitica* PI-11/15	*P.* mirabilis7/2018	*P. aeruginosa* 3/2018	*C. albicans* 8/2018
B. cereus – 3/5	13,9 ±0,1	11,3 ±0,2	13,8 ±0,1	13,3 ±0,1	12,5 ±0,2	13,7 ±0,2	12,4 ±0,2	**15,4 ±0,2**	**16,3 ±0,2**	13,9 ±0,2	14,1 ±0,2	9,4± 0,1	13,3 ±0,2	9,3± 0,2	12,1 ±0,1	**15,4 ±0,2**	**16,7 ±0,2**
B. cereus – 3/6	**16,2 ±0,2**	**17,5 ±0,1**	12,1 ±0,1	8,7± 0,2	12,2 ±0,2	7,2± 0,2	9,3± 0,2	12,8 ±0,3	8,1± 0,2	14,8 ±0,2	12,3 ±0,2	**15,7 ±0,1**	**16,3 ±0,1**	14,3 ±0,3	14,6 ±0,2	13,3 ±0,2	12,4 ±0,2
B. cereus – 3/7	14,3 ±0,2	15,2 ±0,1	14,4 ±0,2	13,3 ±0,2	14,4 ±0,1	**15,2 ±0,1**	14,9 ±0,1	14,5 ±0,2	14,4 ±0,2	**15,4 ±0,2**	**15,2 ±0,2**	14,3 ±0,1	13,5 ±0,2	**15,4 ±0,3**	13,3 ±0,1	**15,1 ±0,1**	12,1 ±0,1
B. cereus – 3/8	11,2 ±0,3	11,9 ±0,1	**17,5 ±0,3**	**15,2 ±0,2**	14,2 ±0,1	11,2 ±0,2	12,3 ±0,2	**15,7 ±0,2**	**15,1 ±0,1**	**17,3 ±0,2**	13,3 ±0,1	**16,3 ±0,2**	**15,8 ±0,1**	14,3 ±0,1	11,1 ±0,2	13,3 ±0,1	12,6 ±0,1
B. cereus – 3/9	13,6 ±0,2	**17,1 ±0,2**	11,3 ±0,1	12,3 ±0,2	**17,6 ±0,2**	**19,1 ±0,2**	14,2 ±0,1	14,7 ±0,2	**16,8 ±0,1**	14,3 ±0,1	13,8 ±0,2	14,8 ±0,3	9,3± 0,1	13,3 ±0,1	**15,6 ±0,2**	14,3 ±0,2	14,2 ±0,3
B. cereus – 3/10	14,3 ±0,2	14,4 ±0,2	10,6 ±0,2	12,3 ±0,2	14,3 ±0,1	13,3 ±0,2	13,2 ±0,1	14,2 ±0,2	12,4 ±0,1	14,5 ±0,1	11,5 ±0,1	9,7± 0,2	14,0 ±0,2	9,4± 0,2	13,1 ±0,1	8,3± 0,1	12,2 ±0,2
B. cereus – 3/11	12,2 ±0,2	15,3 ±0,2	16,3 ±0,1	14,3 ±0,2	12,5 ±0,2	15,3 ±0,2	13,7 ±0,2	**17,2 ±0,2**	**15,1 ±0,3**	**15,3 ±0,2**	11,7 ±0,3	13,1 ±0,3	14,9 ±0,2	13,2 ±0,2	13,7 ±0,2	12,3 ±0,4	12,2 ±0,2
B. cereus – 3/12	**15,1 ±0,2**	14,3 ±0,2	**15,9 ±0,2**	7,3± 0,1	9,1± 0,2	12,3 ±0,2	12,8 ±0,2	14,8 ±0,1	11,1 ±0,2	14,3 ±0,1	13,5 ±0,2	14,3 ±0,2	12,3 ±0,2	14,1 ±0,1	14,2 ±0,2	12,2 ±0,1	13,2 ±0,1
B. cereus – 1/13	13,5 ±0,2	11,4 ±0,3	11,6 ±0,2	13,3 ±0,2	14,4 ±0,2	11,7 ±0,2	14,5 ±0,2	13,8 ±0,2	12,1 ±0,2	12,2 ±0,2	11,4 ±0,3	13,5 ±0,1	11,7 ±0,1	14,2 ±0,1	11,3 ±0,1	13,4 ±0,2	11,7 ±0,1
B. cereus – 3/14	**15,1 ±0,**2	14,1 ±0,2	12,4 ±0,2	10,3 ±0,2	11,3 ±0,2	14,5 ±0,4	13,3 ±0,2	12,4 ±0,3	**16,9 ±0,1**	14,3 ±0,1	**18,8 ±0,1**	9,2± 0,1	10,7 ±0,1	13,3 ±0,2	10,2 ±0,2	**15,3 ±0,1**	14,1 ±0,3
B. cereus – 3/15	11,2 ±0,1	12,4 ±0,3	10,5 ±0,1	11,9 ±0,2	13,2 ±0,2	12,3 ±0,2	14,2 ±0,3	14,3 ±0,1	12,1 ±0,2	13,3 ±0,1	11,1 ±0,1	13,8 ±0,2	**16,3 ±0,2**	13,4 ±0,1	12,4 ±0,2	11,7 ±0,1	11,1 ±0,2

№ ізоляту	Тест-штами з відомим патогенним потенціалом															
	S. gallinarum SG-2019/3	*S. infantis* KD-1	*S. muenchen* Sm-2019/2	*S. spp* (F-67+) S2019/4	*S. virchow* Sv-2019/3	*C. freundii* KSM-1	*C. freundii 18/22*	*S. aureus* St 2017/1	*S. epidermidis* T-7S	*S. epidermidis* 5/2022	*E. coli* CTM-3	*E. coli Ec-2017/4* -	*K. pneumoniae* SP-15	*Y. enterocolitica* PI-11/15	*P.* mirabilis7/2018	*P. aeruginosa* 3/2018	*C. albicans* 8/2018
B. cereus – 3/16	12,2 ±0,2	14,1 ±0,2	11,5 ±0,1	13,1 ±0,2	**15,5 ±0,2**	13,1 ±0,2	**16,1 ±0,1**	14,1 ±0,3	12,5 ±0,2	13,4 ±0,2	8,2± 0,2	12,2 ±0,2	13,5 ±0,1	14,3 ±0,2	11,8 ±0,1	12,3 ±0,2	11,7 ±0,2
B. cereus – 3/17	14,2 ±0,1	13,5 ±0,1	14,1 ±0,2	14,7 ±0,2	10,2 ±0,2	13,1 ±0,2	10,3 ±0,3	**16,5 ±0,2**	14,7 ±0,1	**15,2 ±0,2**	13,5 ±0,2	14,1 ±0,2	14,4 ±0,1	13,1 ±0,2	13,3 ±0,2	9,2± 0,2	10,3 ±0,1
B. cereus – 3/18	14,7 ±0,2	13,3 ±0,1	13,2 ±0,1	14,3 ±0,1	11,9 ±0,2	13,4 ±0,1	**15,4 ±0,1**	14,1 ±0,3	14,8 ±0,2	**15,4 ±0,1**	**15,2 ±0,1**	13,5 ±0,1	10,1 ±0,3	13,1 ±0,1	12,7 ±0,2	11,5 ±0,1	10,3 ±0,1
B. megaterium 4/1	14,7 ±0,1	12,1 ±0,2	14,3 ±0,1	13,3 ±0,2	12,3 ±0,3	13,1 ±0,3	13,7 ±0,3	13,9 ±0,4	14,2 ±0,2	13,3 ±0,1	13,7 ±0,1	8,3± 0,2	**15,1 ±0,1**	7,2± 0,1	11,5 ±0,1	11,1 ±0,2	10,3 ±0,2
B. megaterium 4/2	13,2 ±0,1	14,7 ±0,2	13,3 ±0,1	14,3 ±0,1	**15,1 ±0,2**	**16,3 ±0,1**	14,7 ±0,1	8,2± 0,1	7,1± 0,1	6,1± 0,3	5,4± 0,2	13,5 ±0,1	13,3 ±0,2	6,1± 0,1	6,5± 0,2	**15,2 ±0,1**	14,1 ±0,2
B. megaterium4/3	7,7± 0,2	8,2± 0,1	10,1 ±0,2	11,3 ±0,3	14,0 ±0,1	12,3 ±0,2	13,3 ±0,2	12,6 ±0,1	11,1 ±0,3	13,2 ±0,2	12,4 ±0,3	13,4 ±0,3	11,1 ±0,1	12,2 ±0,2	12,7 ±0,2	10,9 ±0,1	13,4 ±0,2
B. megaterium 4/4	13,6 ±0,2	**16,3 ±0,3**	14,1 ±0,2	**15,3 ±0,2**	13,9 ±0,2	**17,3 ±0,2**	13,7 ±0,1	12,7 ±0,3	9,2± 0,2	10,7 ±0,2	13,1 ±0,3	8,4± 0,3	12,3 ±0,2	12,2 ±0,1	13,7 ±0,2	12,8 ±0,1	13,3 ±0,2
B. megaterium 4/5	12,3 ±0,2	14,7 ±0,2	13,2 ±0,2	**15,6 ±0,2**	**17,1 ±0,2**	13,3 ±0,1	12,5 ±0,2	13,7 ±0,2	12,4 ±0,2	**15,4 ±0,2**	**16,3 ±0,2**	13,9 ±0,2	14,1 ±0,2	**16,1 ±0,1**	13,5 ±0,2	13,3 ±0,2	11,1 ±0,1
B. megaterium 4/6	14,6 ±0,2	**16,3 ±0,2**	**16,3 ±0,2**	12,5 ±0,1	12,1 ±0,1	**16,7 ±0,2**	12,2 ±0,2	13,2 ±0,2	12,3 ±0,2	10,8 ±0,3	13,6 ±0,2	13,8 ±0,2	12,3 ±0,2	**15,6 ±0,1**	10,9 ±0,1	13,5 ±0,3	12,1 ±0,2
B. megaterium 4/7	**15,7 ±0,1**	**15,8 ±0,1**	14,1 ±0,1	12,6 ±0,2	14,5 ±0,2	13,7 ±0,3	11,2 ±0,1	**16,0 ±0,1**	12,1 ±0,1	12,4 ±0,2	13,2 ±0,1	14,2 ±0,1	12,2 ±0,2	13,1 ±0,1	14,2 ±0,2	12,5 ±0,2	11,2 ±0,2
B. megaterium 4/8	14,1 ±0,1	**15,4 ±0,1**	14,3 ±0,2	14,9 ±0,2	13,7 ±0,1	**15,3 ±0,**	13,6 ±0,2	**17,1 ±0,2**	14,4 ±0,1	12,4 ±0,1	11,2 ±0,2	11,3 ±0,2	**15,3 ±0,1**	13,2 ±0,1	**15,1 ±0,3**	12,2 ±0,1	10,5 ±0,1

№ ізоляту	Тест-штами з відомим патогенним потенціалом															
	S. gallinarum SG-2019/3	*S. infantis* KD-1	*S. muenchen* Sm-2019/2	*S. spp* (F-67+) S2019/4	*S. virchow* Sv-2019/3	*C. freundii* KSM-1	*C. freundii 18/22*	*S. aureus* St 2017/1	*S. epidermidis* T-7S	*S. epidermidis* 5/2022	*E. coli* CTM-3	*E. coli Ec-2017/4* -	*K. pneumoniae* SP-15	*Y. enterocolitica* PI-11/15	*P.* mirabilis7/2018	*P. aeruginosa* 3/2018	*C. albicans* 8/2018
B. megaterium 4/9	11,2 ±0,1	**15,1 ±0,1**	12,1 ±0,2	13,9 ±0,1	14,2 ±0,1	**18,1 ±0,2**	**16,8 ±0,1**	13,5 ±0,2	**15,5 ±0,3**	9,3± 0,2	10,1 ±0,2	14,9 ±0,1	**16,3 ±0**,2	11,0 ±0,2	11,2 ±0,2	13,2 ±0,2	11,2 ±0,1
B. megaterium 4/10	13,1 ±0,1	13,2 ±0,2	14,1 ±0,1	8,3± 0,1	13,2 ±0,1	14,2 ±0,2	**15,6 ±0,1**	12,4 ±0,2	**15,1 ±0,2**	11,3 ±0,1	13,1 ±0,2	13,3 ±0,2	13,1 ±0,2	**15,2 ±0,1**	14,1 ±0,1	11,2 ±0,3	12,3 ±0,1
B. megaterium 4/11	11,2 ±0,2	12,3 ±0,2	8,3± 0,2	13,3 ±0,2	9,3± 0,2	**15,8 ±0,2**	14,3 ±0,3	12,2 ±0,1	**17,2 ±0,3**	13,6 ±0,2	14,7 ±0,2	**16,8 ±0,1**	14,3 ±0,1	11,8 ±0,2	6,2± 0,3	**15,3 ±0,1**	12,3 ±0,1
B. megaterium 4/12	12,6 ±0,1	11,7 ±0,2	12,1 ±0,1	10,2 ±0,3	11,3 ±0,1	**17,5 ±0,3**	**15,7 ±0,2**	14,6 ±0,1	11,1 ±0,2	13,3 ±0,1	13,6 ±0,2	10,3 ±0,2	**17,1 ±0,2**	9,3± 0,1	12,1 ±0,2	12,6 ±0,1	**15,1 ±0,2**
B. megaterium 4/13	13,3 ±0,1	12,2 ±0,2	**15,3 ±0,1**	14,8 ±0,1	**15,4 ±0,2**	**15,5 ±0,1**	**15,3 ±0,1**	14,3 ±0,3	14,1 ±0,2	12,3 ±0,2	12,2 ±0,2	14,2 ±0,2	13,5 ±0,1	12,1 ±0,1	**15,7 ±0,2**	12,2 ±0,2	13,2 ±0,2
B. megaterium 4/14	13,2 ±0,2	13,4 ±0,2	14,4 ±0,1	15,2 ±0,1	14,9 ±0,1	14,5 ±0,2	14,4 ±0,2	15,4 ±0,2	15,2 ±0,2	10,3 ±0,1	13,5 ±0,2	10,4 ±0,3	13,3 ±0,1	11,1 ±0,1	12,1 ±0,1	11,3 ±0,2	10,2 ±0,1
B. megaterium 4/15	9,2± 0,2	14,2 ±0,1	8,2± 0,2	12,3 ±0,2	13,7 ±0,2	14,1 ±0,1	13,3 ±0,2	13,3 ±0,1	12,3 ±0,2	11,2 ±0,3	11,0 ±0,1	11,5 ±0,3	11,8 ±0,1	12,3 ±0,1	11,1 ±0,2	11,3 ±0,1	11,6 ±0,1
B. megaterium 4/16	13,2 ±0,1	13,7 ±0,2	13,4 ±0,1	14,3 ±0,1	10,8 ±0,2	10,8 ±0,1	11,3 ±0,1	11,3 ±0,1	12,6 ±0,2	14,3 ±0,2	13,2 ±0,3	13,6 ±0,2	11,1 ±0,2	11,3 ±0,1	12,3 ±0,2	10,6 ±0,2	10,1 ±0,2
B. megaterium 4/17	13,2 ±0,2	13,1 ±0,2	14,2 ±0,1	**15,2 ±0,2**	13,1 ±0,2	14,1 ±0,3	14,9 ±0,2	**15,7 ±0,2**	13,9 ±0,2	**15,8 ±0,2**	6,9± 0,1	13,1 ±0,2	13,7 ±0,1	8,5± 0,2	12,2 ±0,2	12,2 ±0,2	13,1 ±0,1
B. megaterium 4/18	13,9 ±0,2	12,7 ±0,1	**15,2 ±0,2**	14,2 ±0,2	**17,0 0,2**	12,6 ±0,2	13,7 ±0,2	10,2 ±0,1	13,6 ±0,1	**15,3 ±0,2**	13,2 ±0,1	10,7 ±0,1	**15,5 ±0,2**	**15,5 ±0,2**	11,6 ±0,2	12,1 ±0,2	**15,1 ±0,2**
B. megaterium 4/19	12,9 ±0,3	**15,0 ±0,4**	14,4 ±0,2	**16,3 ±0,3**	14,1 ±0,2	10,2 ±0,2	13,5 ±0,1	13,2 ±0,2	11,3 ±0,1	14,1 ±0,2	**16,5 ±0,2**	13,8 ±0,2	12,7 ±0,1	10,8 ±0,1	11,2 ±0,2	12,3 ±0,1	11,8 ±0,1

№ ізоляту	Тест-штами з відомим патогенним потенціалом															
	S. gallinarum SG-2019/3	*S. infantis* KD-1	*S. muenchen* Sm-2019/2	*S. spp* (F-67+) S2019/4	*S. virchow* Sv-2019/3	*C. freundii* KSM-1	*C. freundii 18/22*	*S. aureus* St 2017/1	*S. epidermidis* T-7S	*S. epidermidis* 5/2022	*E. coli* CTM-3	*E. coli Ec-2017/4* -	*K. pneumoniae* SP-15	*Y. enterocolitica* PI-11/15	*P.* mirabilis7/2018	*P. aeruginosa* 3/2018	*C. albicans* 8/2018
B. megaterium 4/20	13,5 ±0,3	**15,1 ±0,2**	11,3 ±0,3	11,1 ±0,3	11,1 ±0,2	12,1 ±0,1	13,2 ±0,1	13,7 ±0,1	**15,7 ±0,2**	12,7 ±0,2	11,3 ±0,3	14,2 ±0,2	12,4 ±0,3	11,8 ±0,2	13,9 ±0,1	12,7 ±0,2	13,2 ±0,1
B. pumilus 5/1	12,2 ±0,2	**15,3 ±0,1**	13,3 ±0,1	**16,3 ±0,2**	13,3 ±0,2	8,8± 0,1	13,2 ±0,1	**15,0 ±0,1**	13,1 ±0,2	12,4 ±0,4	**17,2 ±0,2**	12,6 ±0,1	13,8 ±0,2	7,2± 0,2	12,3 ±0,2	11,3 ±0,2	11,2 ±0,1
B. pumilus 5/2	12,7 ±0,3	13,6 ±0,1	13,6 ±0,1	13,2 ±0,1	11,2 ±0,1	14,6 ±0,2	13,3 ±0,1	6,2± 0,2	**15,4 ±0,3**	10,6 ±0,2	14,3 ±0,2	14,4 ±0,2	11,0 ±0,2	**16,4 ±0,1**	7,8± 0,2	**15,1 ±0,2**	12,1 ±0,2
B. pumilus 5/3	**15,9 ±0,3**	14,1 ±0,1	7,8± 0,1	14,1 ±0,1	**15,3 ±0,1**	13,4 ±0,1	**16,3 ±0,2**	12,7 ±0,2	6,9± 0,1	12,8 ±0,3	14,0 ±0,1	13,6 ±0,2	12,3 ±0,1	13,1 ±0,1	9,5± 0,2	13,3 ±0,2	**15,4 ±0,1**
B. pumilus 5/4	7,4± 0,2	12,1 ±0,1	12,1 ±0,2	**15,2 ±0,1**	9,4± 0,3	12,4 ±0,1	13,9 ±0,2	14,5 ±0,2	14,3 ±0,2	13,8 ±0,3	**15,1 ±0,2**	13,1 ±0,2	12,4 ±0,2	10,3 ±0,2	11,3 ±0,2	12,5 ±0,4	11,3 ±0,2
B. pumilus 5/5	12,8 ±0,1	12,5 ±0,2	13,2 ±0,2	13,7 ±0,1	**15,4 ±0,2**	8,3± 0,2	12,0 ±0,2	13,6 ±0,3	6,6± 0,1	10,4 ±0,2	12,1 ±0,1	**15,2 ±0,1**	**15,3 ±0,2**	12,6 ±0,1	12,4 ±0,2	13,1 ±0,2	11,1 ±0,1
B. pumilus 5/6	12,5 ±0,1	11,3 ±0,2	8,1± 0,2	12,5 ±0,2	12,1 ±0,2	14,3 ±0,1	11,1 ±0,1	13,1 ±0,1	12,3 ±0,2	7,1± 0,2	12,5 ±0,2	**15,5 ±0,2**	12,6 ±0,3	14,3 ±0,2	9,1± 0,2	11,1 ±0,3	15,2 ±0,2

Визначення антагоністичних властивостей виділених ізолятів *Lactobacillus і Bacillus*, проводили по відношенню до 17 штамів мікроорганізмів з визначеними в попередніх дослідженнях ознаками патогенності, а саме патогенності для лабораторних тварин, стійкості до антимікробних препаратів, спроможності до утворення біоплівки, продукції токсинів, утворення гемолізинів, коагуляції плазми, тощо. Метою цієї частини досліджень був скринінг ізолятів лактобактерій та бацилюсів з високою антагоністичною дією по відношенню до визначених представників патогенних мікроорганізмів різних видів і родів.

Результати визначення антагоністичних властивостей у і мікроорганізмів роду *Lactobacillus* (табл. 3) показали, що серед досліджених 56 ізолятів *Lactobacillus* середню (10 мм і більше) і високу (15 мм і більше) антагоністичну дію по відношенню до 17 тест-штамів виявили у 98,4 % випадках. Проте жоден із досліджених ізолятів *Lactobacillus* не проявляв високу антагоністичну дію по відношенню до всіх тест-штамів. Так, серед культур *L. delbrueckii* висока антагоністична активність виявлялась по відношенню 36,8 % тест-штамів; серед культур *L. lactis* висока антагоністична активність виявлялась по відношенню 14,5 % тест-штамів; серед культур *L. reuteri* висока антагоністична активність виявлялась по відношенню 24,1 % тест-штамів; серед культур *L. casei* висока антагоністична активність виявлялась по відношенню 23,0 % тест-штамів; серед культур *L. brevis* висока антагоністична активність виявлялась по відношенню 28,8 % тест-штамів.

Необхідно відзначити, що деякі із досліджених ізолятів лактобактерій проявляли високу антагоністичну дію по відношенню до 5-9 тест-штамів (до 5 тест штамів: *L. delbrueckii* 1/1, *L. delbrueckii* 1/7, *L. lactis* – 2/16, *L. lactis* – 2/17, *L. reuteri* – 3/1, *L. casei* – 4/5, *L. casei* – 4/6, *L. casei* – 4/13, *L. casei* – 4/7, *L. casei* – 4/9; до 6 тест штамів: *L. delbrueckii* 1/5, *L. reuteri* – ¾, *L. reuteri* – 3/8, *L. casei* – 4//1, *L. brevis* – 5/2, *L. brevis* – 5/4, *L. brevis* – 5/5, *L. brevis* – 5/6; до 7 тест штамів: *L. delbrueckii* 1/6; до 8 тест штамів: *L. delbrueckii* 1/2, *L. delbrueckii* 1/3; до 9 тест штамів: *L. delbrueckii* 1/4).

Результати визначення антагоністичних властивостей у 94 ізолятів мікроорганізмів роду *Bacillus* (табл. 4) показали, що середню (10 мм і більше) і високу (15 мм і більше) антагоністичну дію дослідні культури по відношенню 17 тест-штамів виявили у 91,5 % випадках. Проте жоден із досліджених ізолятів *Bacillus* не проявляв високу антагоністичну дію по відношенню до всіх тест-штамів. Так, серед культур *B. subtilis* висока антагоністична активність

виявлялась по відношенню 15,9 % тест-штамів; серед культур *B. licheniformis* висока антагоністична активність виявлялась по відношенню 16,1 % тест-штамів; серед культур *B. cereus* висока антагоністична активність виявлялась по відношенню 16,9% тест-штамів; серед культур *B. megaterium* висока антагоністична активність виявлялась по відношенню 17,3 % тест-штамів; серед культур *B. pumilus* висока антагоністична активність виявлялась по відношенню 16,6 % тест-штамів.

Серед досліджених ізолятів із роду *Bacillus* проявляли високу антагоністичну дію по відношенню до 5-6 тест-штамів (до 5 тест штамів: *B. subtilis* 1/15, *B. licheniformis 2/4, B. licheniformis 2/6, B. cereus* – 3/7, *B. cereus* – 3/9, *B. megaterium 4/5, B. megaterium 4/8, B. megaterium 4/9, B. megaterium 4/13;* до 6 тест штамів: *B. subtilis* 1/5, *B. licheniformis 2/5, B. licheniformis 2/13, B. megaterium 4/18*).

Аналіз одержаних даних показав, що в групі лактобактерій високу антагоністичну дію по відношенню до 5 видів бактерій із роду сальмонел мали (в середньому) 22,1 % досліджені культури; високу антагоністичну дію по відношенню до 2 видів бактерій із роду цитробактер мали (в середньому) 22,4 % досліджені культури; високу антагоністичну дію по відношенню до 3 штамів бактерій із роду *Staphylococcus* мали (в середньому) 20,2 % досліджених культур; високу антагоністичну дію по відношенню до 2 штамів бактерій із виду *E. coli* мали (в середньому) 16,9 % досліджених культур; високу антагоністичну дію по відношенню до штаму із роду *K. pneumoniae* мали (в середньому) 21,4 % досліджені культури; високу антагоністичну дію по відношенню до штаму із роду *Y. enterocolitica* мали (в середньому) 23,2 % досліджені культури; високу антагоністичну дію по відношенню до штаму із роду *P.mirabilis* мали (в середньому) 26,8 % досліджені культури; високу антагоністичну дію по відношенню до штаму із роду *P.aeruginosa* мали (в середньому) 26,8 % досліджені культури; високу антагоністичну дію по відношенню до штаму із роду *C. albicans* мали (в середньому) 30,3 % досліджені культури.

Результати аналізу засвідчив про те, що в групі мікроорганізмів із роду *Bacillus* високу антагоністичну дію по відношенню до 5 видів бактерій із роду сальмонел мали (в середньому) 15,9 % досліджених культур; високу антагоністичну дію по відношенню до 2 видів бактерій із роду цитробактер мали (в середньому) 18,6 % досліджених культур; високу антагоністичну дію по відношенню до 3 штамів бактерій із роду *Staphylococcus* мали (в середньому) 17,8 % досліджених культур; високу антагоністичну дію по відношенню до 2 штамів бактерій із виду *E. coli* мали

(в середньому) 16,9 % досліджених культур; високу антагоністичну дію по відношенню до штаму із роду *K. pneumoniae* мали (в середньому) 24,5 % досліджених культур; високу антагоністичну дію по відношенню до штаму із роду *Y. enterocolitica* мали (в середньому) 14,9 % досліджених культур; високу антагоністичну дію по відношенню до штаму із роду *P.mirabilis* мали (в середньому) 10,6 % досліджені культури; високу антагоністичну дію по відношенню до штаму із роду *P.aeruginosa* мали (в середньому) 17,1 % досліджених культур; високу антагоністичну дію по відношенню до штаму із роду *C.albicans* мали (в середньому) 7,4 % досліджених культур.

На наступному етапі досліджень у 21 ізолят бактерій із роду *Bacillus* та 20 ізолятів *Lactobacillus* (у яких виявили спроможність до утворення біоплівки високої щільності *in vitro*), проводили визначення стійкості до дії несприятливих умов шлункового-кишкового каналу (низький рівень pH, дія жовчі). За результатами досліджень встановлено, що стійкими до умов кислого середовища виявилося 13 ізолятів із роду *Bacillus* (в межах 75,3-82,5 % по відношенню до контроля) і 11 ізолятів *Lactobacillus* (в межах 68,1-76,2 % по відношенню до контроля). Стійкість до дії жовчних кислот ізолятів із роду *Bacillus* коливалася в межах 78,7 % - 89,3 %, а серед ізолятів *Lactobacillus* (в межах 74,5-83,2 %.

Одержані результати стосовно спроможності досліджених ізолятів до формування біоплівки, антагоністичної дії, стійкості до агресивного середовища травного тракту стали підставою для відбору перспективних культур роду *Bacillus* та *Lactobacillus* з метою розробки препарату з пробіотичною дією.

Дані літератури свідчать про те, що для виділення штамів-пробіотиків використовуються різні джерела, зокрема - грудне молоко (Zhang et al., 2022), зерно (Romero-Luna et al., 2020), ферментовані продукти (Menezes et al., 2020, Valencia-Franco, E., et al., 2022, Ana Florencia Moretti et al., 2022), фекалії та вміст кишечника (Vale Pereira et al., 2017; Romero-Luna, H.E., et al., 2019; Moturi, J., et al., 2021). Проте на цей час більшість пробіотиків виділено від ссавців. Враховуюче ці дані, ми зосередились на дослідженнях ізолятів *Bacillus* та *Lactobacillus* виділених із фекалій курчат.

Одержані нами дані в основному узгоджуються з даними інших дослідників (Mingmongkolchai S, Panbangred W., 2018; Luise D, et al., 2022; Yeong Ji Oh, Dong Sun Jung, 2015; Chidre Prabhurajeshwar, Revanasiddappa Kelmani Chandrakanth. 2017; Zhang B, et al., 2016; Jacobsen CN, et al., 1999; Wenqing Zhang et al., 2022; Sumitra Nath et al., 2022; Lee J, et al., 2023)

стосовно рівня виявлення антагоністичної дії при скринінгу мікроорганізмів кандидатів у пробіотики. Зокрема, Y.B. Xu, et al., 2023, вказують, що при вивченні 10 штамів лактобацил виділених від курчат-бройлерів з метою оцінки пробіотичних властивостей визначали стійкість до шлунково-кишкового вмісту та високої температури, антимікробну активність та здатність до адгезії епітеліоцитів, поверхневу гідрофобність та аутоагрегацію, антиоксидантну активність та імуномодулюючу дію на курячі макрофаги; досліджені ізоляти (*Limosilactobacillus reuteri, Lactobacillus johnsonii, Ligilactobacillus salivarius*), зокрема, демонстрували антимікробну активність проти 4 індикаторних штамів - *Escherichia coli, Salmonella typhimurium, Klebsiella pneumoniae ma Proteus mirabilis*; *Limosilactobacillus reuteri* 21 продемонстрував стійкість до термічної обробки, властивість до аутоагрегації, гідрофобності та здатності до адгезії до клітин Caco-2; *Lactobacillus johnsonii* 20 мав високу властивість поглинання вільних радикалів. Деякі культури проявляли антиоксидантні властивості та сприяли експресії прозапальних генів у макрофагах.

Таким чином, багатьма дослідниками доведено, що використання мікробів з пробіотичними властивостями, є екологічно чистою, специфічною, ефективною, безпечною та дешевою стратегією, яка використовується у кормовій та харчовій промисловості та тваринництві.

Необхідно відзначити ще один, відносно новий напрямок використання мікроорганізмів-пробіотиків, це використання консорціуму бактерій з метою дезактивації мікотоксинів (Guan et al., 2021). Було продемонстровано суттєве зниження вмісту мікотоксинів в експериментах in vitro (а саме - дезоксиніваленолу, зеараленону, охратоксину А, афлатоксину В1, афлатоксину В2, афлатоксину G1, афлатоксину G2) під дією *Bacillus subtilis, Bacillus licheniformis, Bacillus coagulans, Bifidobacterium bifidum* (Mohammad Amir Karimi Torshizi, Asghar Sedaghat, 2023). Також було продемонстровано (Haskard et al., 2001, Nasrin Rashidi et al., 2020) що молочнокислі бактерії (у складі пробіотика *Streptococcus salivarius* spp. *Thermophilus, Lactobacillus delbrueckii* subsp. bulgaricus, *Lactobacillus acidophilus, Lactobacillus plantarum, Lactobacillus rhamnosus, Bifidobacterium bifidum, Enterococcus faecium, Candida pintolopesii, Aspergillus oryzae)* пригнічують розвиток мікроскопічних грибів і зв'язують афлотоксин В. Механізми утилізації мікотоксинів знаходяться в процесі

вивчення: розглядаються механізми деградації, поглинання через клітинну стінку бактерій, зв'язування з метаболітами мікроорганізмів, які утворюються на першій фазі росту.

Висновок

Із зразків посліду клінічно здорових курчат було ізольовано культури із роду *Bacillus* (*B. subtilis*, *B. licheniformis*, *B. cereus*, *B. megaterium*, *B. pumilus*) та роду *Lactobacillus* (*L. delbrueckii*, *L. Lactis*, *L. reuteri*, *L. casei*, *L. brevis*). Досліджені ізоляти виявили спроможність до утворення біоплівок високої щільності та виявили певний рівень антибактеріальних властивостей. Одержані результати стосовно спроможності досліджених ізолятів до формування біоплівки, антагоністичної дії, стійкості до агресивного середовища травного тракту стали підставою для відбору перспективних культур роду *Bacillus* та *Lactobacillus* з метою розробки препарату з пробіотичною дією.

Перспективи досліджень.

У подальшому дослідження будуть спрямовані на визначення стійкості виділених ізолятів до протимікробних препаратів та, в подальшому, визначення ефективності відібраних ізолятів у складі комплексного пробіотика в експериментах на курчатах з метою та оцінки їх імунокоригуючої та антиоксидантної дії, а також попередження розвитку кишкових інфекцій як альтернативи застосування протимікробних препаратів.

Подяки. Дослідження виконані в межах виконання науково-дослідних робіт, що фінансуються Міністерством освіти і науки України (НДР 110/16 - пр - 2020, НДР 110/9- пр- 2022).

References

1. Abriouel H, Franz CM, Ben Omar N, Gálvez A. Diversity and applications of Bacillus bacteriocins. FEMS Microbiol Rev. 2011 Jan;35(1):201-32. doi: 10.1111/j.1574-6976.2010.00244.x. PMID: 20695901.

2. Ana Florencia Moretti, María Candela Moure, Florencia Quiñoy, Fiorella Esposito, Nicolás Simonelli, Micaela Medrano, Ángela León-Peláez, Water kefir, a fermented beverage containing probiotic microorganisms: From ancient and artisanal manufacture to industrialized and regulated commercialization, Future Foods, Volume 5, 2022, 100123, https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100123.

3. Ban, Y., Guan, L.L. Implication and challenges of direct-fed microbial supplementation to improve ruminant production and health. J Animal Sci Biotechnol 12, 109 (2021). https://doi.org/10.1186/s40104-021-00630-x.

4. Bei Wan, Qiong Wu, Shengzu Yu, Qi Lu, Xuan Lv, Miao Zhang, Ying Kang, Siqiang Wang, Yingqi Zhu, Guijun Wang, Qing Wang. Bacillus spp. as probiotic supplements to improve broiler growth. Poultry breeding, Volume 102 Issue 1, January 2023, 102240.

5. Cameron, A., and McAllister, T. A. (2019). Could probiotics be the panacea alternative to the use of antimicrobials in livestock diets? *Benef. Microbes* 10, 773–799. doi: 10.3920/BM2019.0059

6. Chidre Prabhurajeshwar, Revanasiddappa Kelmani Chandrakanth. Probiotic potential of Lactobacilli with antagonistic activity against pathogenic strains: An in vitro validation for the production of inhibitory substances, Biomedical Journal,

Volume 40, Issue 5, 2017, Pages 270-283, https://doi.org/10.1016/j.bj.2017.06.008.

7. Choi AR, Patra JK, Kim WJ, and Kang SS (2018) Antagonistic Activity and Probiotic Potential of Lactic Acid Bacteria Derived from Plant Fermented Food. Front. microbiol. 9:1963. doi: 10.3389/fmicb.2018.01963.

8. Cutting SM. Bacillus probiotics. Food Microbiol. 2011 Apr;28(2):214-20. doi: 10.1016/j.fm.2010.03.007. Epub 2010 Mar 24. PMID: 21315976.

9. Cutting SM. Bacillus probiotics. Food Microbiol. 2011 Apr;28(2):214-20. doi: 10.1016/j.fm.2010.03.007. Epub 2010 Mar 24. PMID: 21315976.

10. Elisashvili V., Kachlishvili E., Chikindas M.L. Recent Advances in the Physiology of Spore Formation for *Bacillus* Probiotic Production. *Probiotics Antimicrob. Proteins.* 2019;11:731–747. doi: 10.1007/s12602-018-9492-x.

11. FAO. 2016. Probiotics in animal nutrition – Production, impact and regulation by Yadav S. Bajagai, Athol V. Klieve, Peter J. Dart and Wayne L. Bryden. Editor Harinder P.S. Makkar. FAO Animal Production and Health Paper No. 179. Rome.

12. G. G. Santos, MCM Libanori,S. A. Pereira, JVS Ferrarezi, M. B. Ferreira, T. A. Soligo, E.Yamashita, M. L. Martins, JLPMourinho. Probiotic mixture of Bacillus spp. and organic benzoic acid as a growth promoter against Streptococcus agalactiae in Nile tilapia. Aquaculture, Volume 566, March 15, 2023 739212.

13. Guidelines for evaluation of probiotics in food. Report of joint FAO/WHO working group on drafting guidelines for the evaluation of probiotics in food. London, Ontario, Canada. April 30 and May 1, 2002.

14. H S Al-Khalaifah. Benefits of probiotics and/or prebiotics for antibiotic-reduced poultry, Poultry Science, Volume 97, Issue 11, 2018, Pages 3807-3815, https://doi.org/10.3382/ps/pey160.

15. Hall-Stoodley L, Costerton JW, Stoodley P. Bacterial biofilms: from the natural environment to infectious diseases. Nat Rev Microbiol. 2004 Feb;2(2):95-108. doi: 10.1038/nrmicro821. PMID: 15040259.

16. Ho Thi Truong Thy, Nguyen Nhu Tri, Ong Moc Quy, Ravi Fotedar, Korntip Kannika, Sasimanas Unajak, Nontawith Areechon. Effects of the dietary supplementation of mixed probiotic spores of Bacillus amyloliquefaciens 54A, and Bacillus pumilus 47B on growth, innate immunity and stress responses of striped catfish (Pangasianodon hypophthalmus), Fish & Shellfish Immunology, Volume 60, January 2017, Pages 391-399.

17. Jacobsen CN, Rosenfeldt Nielsen V, Hayford AE, Møller PL, Michaelsen KF, Paerregaard A, Sandström B, Tvede M, Jakobsen M. Screening of probiotic activities of forty-seven strains of Lactobacillus spp. by in vitro techniques and evaluation of the colonization ability of five selected strains in humans. Appl Environ Microbiol. 1999 Nov;65(11):4949-56. doi: 10.1128/AEM.65.11.4949-4956.1999. PMID: 10543808; PMCID: PMC91666.

18. Jingyi Wang, Lan Yao, Jun Su, Runran Fan, Jiaqi Zheng, Yuzhu Han,Effects of Lactobacillus plantarum and its fermentation products on growth performance, immune function, intestinal pH, and cecal microorganisms of Lingnan yellow chicken,Poultry Science, Volume 102, Issue 6, 2023, 102610, https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102610).

19. Klaver FA, van der Meer R. The assumed assimilation of cholesterol by Lactobacilli and Bifidobacterium bifidum is due to their bile salt-deconjugating activity. Appl Environ Microbiol. 1993 Apr;59(4):1120-4. doi: 10.1128/aem.59.4.1120-1124.1993. PMID: 8489229; PMCID: PMC202248.

20. Lee J, Kim S, Kang CH. Screening and probiotic properties of lactic acid bacteria with potential immunostimulatory activity isolated from kimchi. Fermentation . 2023; 9 (1):4. https://doi.org/10.3390/fermentation9010004.

21. Luise D, Bosi P, Raff L, Amatucci L, Virdis S, Trevisi P. *Bacillus* spp. Probiotic Strains as a Potential Tool for Limiting the Use of Antibiotics, and Improving the Growth and Health of Pigs and Chickens. Front Microbiol. 2022 Feb 7;13:801827. doi:

10.3389/fmicb.2022.801827. PMID: 35197953; PMCID: PMC8859173.

22. Luise D, Bosi P, Raff L, Amatucci L, Virdis S, Trevisi P. *Bacillus* spp. Probiotic Strains as a Potential Tool for Limiting the Use of Antibiotics, and Improving the Growth and Health of Pigs and Chickens. Front Microbiol. 2022 Feb 7;13:801827. doi: 10.3389/fmicb.2022.801827. PMID: 35197953; PMCID: PMC8859173.

23. Luise D, Bosi P, Raff L, Amatucci L, Virdis S, Trevisi P. *Bacillus* spp. Probiotic Strains as a Potential Tool for Limiting the Use of Antibiotics, and Improving the Growth and Health of Pigs and Chickens. Front Microbiol. 2022 Feb 7;13:801827. doi: 10.3389/fmicb.2022.801827. PMID: 35197953; PMCID: PMC8859173.

24. Lytvynenko V., Ushkalov V., Romanko M, Melnyk V. & Orobchenko O. Clinical and biochemical assessment of a probiotic feed supplement application on calves, Bulgarian Journal of Veterinary Medicine, 2022 ONLINE FIRST ISSN 1311-1477; DOI: 10.15547/bjvm.2444; DOI: 10.15547/bjvm.2444.

25. Mingmongkolchai S, Panbangred W. Bacillus probiotics: an alternative to antibiotics for livestock production. J Appl Microbiol. 2018 Jun;124(6):1334-1346. doi: 10.1111/jam.13690. Epub 2018 Feb 8. PMID: 29316021.

26. Mingmongkolchai S, Panbangred W. Bacillus probiotics: an alternative to antibiotics for livestock production. J Appl Microbiol. 2018 Jun;124(6):1334-1346. doi: 10.1111/jam.13690. Epub 2018 Feb 8. PMID: 29316021.

27. Mingmongkolchai S, Panbangred W. Bacillus probiotics: an alternative to antibiotics for livestock production. J Appl Microbiol. 2018 Jun;124(6):1334-1346. doi: 10.1111/jam.13690. Epub 2018 Feb 8. PMID: 29316021.

28. Mingmongkolchai S, Panbangred W. Bacillus probiotics: an alternative to antibiotics for livestock production. J Appl Microbiol. 2018 Jun;124(6):1334-1346. doi: 10.1111/jam.13690. Epub 2018 Feb 8. PMID: 29316021.

29. Mohamed T. El-Saadoni, Mahmud Alagavani, Amlan K. Patra, Indrajit Kar , Ruchi Tiwari, Mahmoud AO Dawood, Kuldeep Dhama, Hani MR Abdel-Latif. Functionality of probiotics in aquaculture: a review.Immunology of fish and molluscs, Volume 117, October 2021, Pages 36-52.

30. Mohammad Amir Karimi Torshizi, Asghar Sedaghat, A consortium of detoxifying bacteria mitigates the aflatoxin B1 toxicosis on performance, health, and blood constituents of laying hens, Poultry Science, Volume 102, Issue 5, 2023, 102601, https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102601.

31. Moro-García MA, Alonso-Arias R, Baltadjieva M, Fernández Benítez C, Fernández Barrial MA, Díaz Ruisánchez E, Alonso Santos R, Alvarez Sánchez M, Saavedra Miján J, López-Larrea C. Oral supplementation with Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus 8481 enhances systemic immunity in elderly subjects. Age (Dordr). 2013 Aug;35(4):1311-26. doi: 10.1007/s11357-012-9434-6. Epub 2012 May 30. PMID: 22645023; PMCID: PMC3705123.

32. Moturi, J., Kim, K.Y., Hosseindoust, A. *et al.* Effects of *Lactobacillus salivarius* isolated from feces of fast-growing pigs on intestinal microbiota and morphology of suckling piglets. *Sci Rep* **11**, 6757 (2021). https://doi.org/10.1038/s41598-021-85630-7.

33. Musiy, L. Y., Tsisaryk, O. Y., Slyvka, I. M., & Kushnir, I. I. (2020). Antagonistic activity of strains of lactic acid bacteria isolated from Carpathian cheese. Regulatory Mechanisms in Biosystems, 11(4), 572–578. doi:10.15421/022089.

34. Nasrin Rashidi, Ali Khatibjoo, Kamran Taherpour, Mohammad Akbari-Gharaei,, Hassan Shirzadi, Effects of licorice extract, probiotic, toxin binder and poultry litter biochar on performance, immune function, blood indices and liver histopathology of broilers exposed to aflatoxin-B1, Poultry Science, Volume 99, Issue 11, 2020, Pages 5896-5906, https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.08.034.

35. Rashidi N, Khatibjoo A, Taherpour K, Akbari-Gharaei M, Shirzadi H. Effects of licorice extract, probiotic, toxin binder and poultry litter biochar on performance, immune

function, blood indices and liver histopathology of broilers exposed to aflatoxin-B_1. Poult Sci. 2020 Nov;99(11):5896-5906. doi: 10.1016/j.psj.2020.08.034. Epub 2020 Aug 31. PMID: 33142507; PMCID: PMC7647870.

36. Razmgah N, Torshizi MAK, Sanjabi MR, Mojgani N. Anti-mycotoxigenic properties of probiotic Bacillus spp. in Japanese quails. Trop Anim Health Prod. 2020 Nov;52(6):2863-2872. doi: 10.1007/s11250-020-02223-8. Epub 2020 Sep 18. PMID: 32946023.

37. Rita Rahmeh,1 Abrar Akbar, Mohamed Kishk, Thanyan Al Onaizi, Aisha Al-Shatti, Anisha Shajan, Batool Akbar, Salwa Al-Mutairi, and Awatef Yateem. Characterization of semipurified enterocins produced by Enterococcus faecium strains isolated from raw camel milk. J. Dairy Sci. 101:4944–4952 https://doi.org/10.3168/jds.2017-13996 American Dairy Science Association®, 2018.

38. Romero-Luna, H.E., Hernández-Sánchez, H., Ribas-Aparicio, R.M. *et al.* Evaluation of the Probiotic Potential of *Saccharomyces cerevisiae* Strain (C41) Isolated from Tibicos by In Vitro Studies. *Probiotics & Antimicro. Prot.* **11**, 794–800 (2019). https://doi.org/10.1007/s12602-018-9471-2.

39. Romero-Luna, HE, Hernández-Sánchez, H. & Dávila-Ortiz, G. Traditional fermented beverages from Mexico as a potential source of probiotics. Ann Microbiol 67 , 577–586 (2017). https://doi.org/10.1007/s13213-017-1290-2.

40. Ruirui Guan, Quyet Van Le, Han Yang, Dangquan Zhang, Haiping Gu, Yafeng Yang, Christian Sonne, Su Shiung Lam, Jiateng Zhong, Zhu Jianguang, Runqiang Liu, Wanxi Peng, A review of dietary phytochemicals and their relation to oxidative stress and human diseases, Chemosphere, Volume 271, 2021, 129499, https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129499.

41. Saba Azeem, Syed Inayatullah Agha, Neelam Jamil, Bushra Tabassum, Shan Ahmed, Asif Raheem, Nusrat Jahan, Niaz Ali, Anwar Khan. Characterization and survival of broad-spectrum biocontrol agents against phytopathogenic fungi. Revista Argentina de Microbiología. Vol. 54. Núm. 3. páginas 233-242 (Julio - Septiembre 2022).

42. Sevdan Yilmaz, Ebru Yilmaz, Mahmoud A.O. Dawood, Einar Ringø, Ehsan Ahmadifar, Hany M.R. Abdel-Latif. Probiotics, prebiotics, and synbiotics used to control vibriosis in fish: A review. Aquaculture, Volume 547, 30 January 2022, 737514.

43. Shengfa F. Liao, Martin Nyachoti, Using probiotics to improve swine gut health and nutrient utilization, Animal Nutrition, Volume 3, Issue 4, 2017, Pages 331-343, https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.06.007.

44. Shengnan Ma, Jiaxing Shen, Yakun Xu, Pengyun Ding, Xiao Gao, Yushan Pan, Hua Wu, Gongzheng Hu, Dandan He/ Epidemic characteristics of the SXT/R391 integrated conjugative elements in multidrug-resistant Proteus mirabilis isolated from chicken farm, Poultry Science, Volume 102, Issue 6, 2023, 102640, https://doi.org./10.1016/j.psj.2023.102640.

45. Sumitra Nath, Jibalok Sikidar , Monisha Roy , Bibhas Deb. In vitro screening of probiotic properties of Lactobacillus plantarum isolated from a fermented milk product Food Quality and Safety , Volume 4, Issue 4, December 2020, Pages 213-223, https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyaa026.

46. Valencia-Franco, E., Crosby-Galván, M. M., Galicia-Juárez, L., Hernández-Sánchez, . D., Pérez-Sato, M., García y González, E. C., & Ponce Covarrubias, J. L. (2022). Isolation of bacteria from pulque with probiotic potential. *Agro Productividad*. https://doi.org/10.32854/agrop.v15i5.2181.

47. Wenqing Zhang, Shiji Lai, Ziyao Zhou, Jinpeng Yang, Haifeng Liu1, Zhijun Zhong, Hualin Fu, Zhihua Ren, Liuhong Shen, Suizhong Cao, Lei Deng, and Guangneng Peng. Screening and evaluation of lactic acid bacteria with probiotic potential from local Holstein raw milk. Front. Microbiol., 01 August 2022, Sec. Food Microbiology. Volume 13 - 2022 | https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.918774.

48. Y.B. Xu, D.L. Li, X.Q. Ding, Y.Y. Wang, S. Liang, L.Y. Xie, Y.F. Zhang, A.K. Fu, W.Q. Yu, X.A. Zhan, Probiotic characterization

and comparison of broiler-derived lactobacillus strains based on technique for order preference by similarity to ideal solution analysis, Poultry Science, Volume 102, Issue 5, 2023, 102564, https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102564.

49. Yadav Sharma Bajagai, A. V. Klieve, Peter J. Dart, Wayne L. Bryden. Probiotics in animal nutrition: production, impacts and regulation, July 2016, Publisher: Food and Agriculture Organisation of the United Nations.

50. Yeong Ji Oh, Dong Sun Jung, Evaluation of probiotic properties of Lactobacillus and Pediococcus strains isolated from Omegisool, a traditionally fermented millet alcoholic beverage in Korea, LWT - Food Science and Technology, Volume 63, Issue 1, 2015, Pages 437-444, https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.005.

51. Yeong Ji Oh, Dong Sun Jung, Evaluation of probiotic properties of Lactobacillus and Pediococcus strains isolated from Omegisool, a traditionally fermented millet alcoholic beverage in Korea, LWT - Food Science and Technology, Volume 63, Issue 1, 2015, Pages 437-444, https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.005.

52. Yu-Chu Wang, Shao-Yang Hu, Chiu-Shia Chiu, Chun Liu. Multi-strain probiotics are more effective in improving the growth and health status of the white shrimp Litopenaeus vannamei than single probiotic strains. Immunology of fish and molluscs, Volume 84, January 2019 , pages 1050-1058.

53. Yu-Wei Chen, Yu-Hsiang Yu, Differential effects of Bacillus subtilis– and Bacillus licheniformis–fermented products on growth performance, intestinal morphology, intestinal antioxidant and barrier function gene expression, cecal microbiota community, and microbial carbohydrate-active enzyme composition in broilers, Poultry Science, Volume 102, Issue 6, 2023, 102670, https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102670).

54. Zhang B, Wang Y, Tan Z, Li Z, Jiao Z, Huang Q. Screening of Probiotic Activities of Lactobacilli Strains Isolated from Traditional Tibetan Qula, A Raw Yak Milk Cheese. Asian-Australas J Anim Sci. 2016 Oct;29(10):1490-9. doi: 10.5713/ajas.15.0849. Epub 2016 Jan 18. PMID: 26954218; PMCID: PMC5003976.

55. Bakun, Y., Ulko, L., & Nechiporenko, O. (2021). Effect of probiotics Bacillus coagulans and Bacillus megaterium on intestinal microbiota of piglets. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences, 23(104), 136-140. https://doi.org/10.32718/nvlvet10422

56. Kukhty1 M.D., Krushelnytska N.V (2014). Forming of biofilms of microorganisms obtained from milking equipment The Animal Biology 16(1). 95-103

57. Skibytsky V.G. Kozlovska G.V., Ibatullina F.Zh., Volosyanko O.V., Melnyk M.V., Stolyuk V.V., Postoi V.V., Ushkalov V.O., Akymenko L.I. Vyunyk O. S (2013). Methodical recommendations for the design of probiotics and their use in the practice of veterinary medicine. Kyiv, 40 p.

DETERMINATION OF ANTAGONISTIC PROPERTIES AND BIOFILM FORMATION IN *BACILLUS SPP.* AND *LACTOBACILLUS SPP.*

O. O. Bezpalko, O. V. Machuskyi, L. M. Vygovska, V. O. Ushkalov, M. L. Radzihovsky, A. V. Ushkalov, V. V. Danchuk

Abstract. *The aim of the work was the selection of cultures of Bacillus spp. and Lactobacillus spp. promising for use as probiotics.*

Samples of chicken droppings (250 samples) for research were collected in the period of 2020 from clinically healthy chickens (age 28-48 days). in poultry farms of various scales and methods of keeping poultry (large-scale industrial farms, farms and homestead farms) in Vinnytsia, Zhytomyr, Kyiv, Kharkiv, Cherkasy, and Chernihiv

regions.

According to the results of bacteriological studies, 94 cultures of the genus Bacillus (B. subtilis, B. licheniformis, B. cereus, B. megaterium, B. pumilus) and 56 isolates of the genus Lactobacillus (L. delbrueckii, L. Lactis, L. Reuteri, L. casei, L. brevis).

In general, 32.1 % of the studied isolates of Lactobacillus spp. and 21.3% of isolates of Bacillus spp. were able to form high-density biofilms in vitro. The results of determining the antagonistic properties showed that 98.4% and 91.5% of isolates of the genus Lactobacillus and the genus Bacillus respectively showed medium and high antagonistic activity against 17 test strains of microorganisms.

The obtained results regarding the ability of the studied isolates to form a biofilm, antagonistic action, resistance to the aggressive environment of the digestive tract (pH level, bile) became the basis for the selection of promising cultures of the genus Bacillus and Lactobacillus for the purpose of developing a preparation with probiotic action.

Further research will be aimed at determining the resistance of selected isolates to antimicrobial drugs and, subsequently, determining the effectiveness of selected isolates as part of a complex probiotic in experiments on chickens with the aim of evaluating their immunocorrective and antioxidant effects, as well as preventing the development of intestinal infections as an alternative to the use of antimicrobials drugs.

Key words: *Bacillus spp., Lactobacillus spp., biofilm, antagonism, probiotics*

УДК 636.22

ОСОБЛИВОСТІ ВУГЛЕВОДНО-ЛІПІДНОГО ОБМІНУ В ОРГАНІЗМІ СОБАК З РІЗНИМ ТИПОМ ВИЩОЇ НЕРВОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

В. Ю. ГРИГОР'ЄВ, аспірант кафедри фізіології, патофізіології та біохімії, https://orcid.org/0000-0001-7795-963X

E-mail: vadimirko1101@gmail.com

Одеський державний аграрний університет

О. В. ДАНЧУК, доктор ветеринарних наук, професор, заступник директора з наукової роботи, https://orcid.org/0000-0002-9226-1499

E-mail: olexdanchuk@gmail.com

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН України

https://doi.org/10.31548/dopovidi4(104).2023.008

Анотація. *Актуальність дослідження зумовлена відсутністю даних щодо кортикальних механізмів регуляції обміну вуглеводів та ліпідів в організмі собак. У зв'язку з цим дана стаття спрямована на розкриття питання щодо особливостей обміну ліпідів та вуглеводів у собак з різними типами вищої нервової діяльності за впливу короткотермінової харчової депривації. Показано, що вплив короткотермінової харчової депривації характеризується змінами метаболізму в організмі собак, які лімітовані станом нервової системи цих тварин. За інтактного стану вміст глюкози в крові собак з різними типами вищої нервової діяльності достовірно не відрізняється, тоді, як вміст лактату у крові собак з слабким типом вищої нервової діяльності більше на 16,2% (P < 0,01), а пірувату менше на 6,3% (P < 0,001) від показників собак з сильним врівноваженим рухливим типом. Протягом доби після початку харчової депривації вміст глюкози в крові собак зменшується залежно від типу нервової діяльності на 4,6–8,2% (P < 0,05–0,01). Протягом доби після початку депривації показник відношення вмісту лактату до піруват в крові собак залежно від типу вищої нервової діяльності зростає на 19,1–36,0% (P < 0,01), зменшується вміст загального холестеролу та триацилгліцеролів в плазмі крові на 3,5–12,9 % та істотно змінюється співвідношення ліпідів різної щільності. Зокрема, в плазмі крові собак сильного врівноваженого рухливого типу вищої нервової діяльності вміст холестеролу ліпопротеїдів високої щільності зменшення протягом доби на 7,1% (P < 0,05). Завдяки проведеним дослідженням вдалось отримати фундаментальні знання з кортикальних механізмів регуляції вуглеводів та ліпідів в організмі собак, що ляжуть в основу розробки нових, сучасних методів корекції обміну речовин з урахуванням типу вищої нервової діяльності. Перспективи подальших досліджень полягають у розробці нових методів корекції обміну речовин на основі застосування наноаквахелатів біогенних металів з урахуванням індивідуальних особливостей організму собак.*

Ключові слова: *собаки, вища нервова діяльність, депривація, метаболізм, жири, вуглеводи*

Актуальність. Собаки (Canis familiaris) були першими одомашненими тваринами і сьогодні вони є невід'ємною частиною нашого суспільства, виконуючи надзвичайно широкий спектр робіт. Однак успіх у цих ролях, які вимагають від собак відповідності складним критеріям поведінки та проходження тривалого навчання, далеко не гарантований (Bray et al., 2021). Під час одомашнення собаки зазнали істотного відбору за темпераментом, поведінкою та когнітивними здібностями. Однак генетична основа цих здібностей до кінця ще не вивчена (Tonoike et al., 2022). Вища нервова діяльність лімітована індивідуальними особливостями нервових процесів і визначає відмінності в реактивності та адаптогенності організму до мінливих факторів навколишнього середовища (EI, 2022). Встановлено зв'язок між типом вищої нервової діяльності, деякими біохімічними показниками та реактивністю на лікарські засоби (Netter, 2018).

Незважаючи на велику кількість публікацій з питань харчової депривації у тварин і людей (Khoo et al., 2019; Pointer et al., 2013; Schupp & Renner, 2011), питання впливу короткотривалої харчової депривації на метаболізм у організмі собак залишилось поза увагою дослідників. Тому, актуальним напрямом наукових досліджень э вивчення показників обміну ліпідів та вуглеводів у крові собак з різни типом нервової діяльності, як в інтактному стані, так і за дії стресового фактору.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Вплив харчової депривації на біохімічні зміни в організмі собак добре досліджено, зокрема встановлені зміни метаболізму за різної тривалості голодування. Метаболізм у собак змінюється уже через добу без споживання їжі (Duckett et al., 2021). Найвищим пріоритетом метаболічних процесів собаки стає необхідність підтримувати концентрацію глюкози в крові на нормальному рівні. При цьому зазнають змін як обмін ліпідів так і білка (Khoo et al., 2019).

Проявом вищої нервової діяльності є поведінка собак яка залежить від когнітивних функцій головного мозку. Наявна значна кількість оглядів щодо когнітивних здібностей собак (Arden et al., 2016; Barber et al., 2020; Bensky et al., 2013; Byosiere et al., 2018; Lea & Osthaus, 2018), візуальних здібностей (Barber et al., 2020; Byosiere et al., 2018), а також спілкування собаки та людини (Siniscalchi et al., 2018), включаючи увагу до вказівних жестів (Huber, 2016). Також описується про відчуття емоцій у собак (Kujala, 2017).

Індивідуальні відмінності темпераменту собак також можуть варіювати залежно від онтогенезу, віку, статі, породи (Casey et al., 2014; Fratkin et al., 2013; Hsu & Sun, 2010; Riemer et al., 2014; Sherman et al., 1996). Встановлено залежність індивідуальних характеристик темпераменту, таких, як грайливість, комунікабельність, цікавість і агресивність від віку і статі собак (Asp et al., 2015; Sundman et al., 2016) та від породи (van den Berg et al., 2010). Дослідники припускають, що обставини навколишнього середовища є визначальним фактором агресивної поведінки собак, а не їх темперамент (Davis et al., 2012).

Мета дослідження – встановити вплив короткотермінової харчової депривації на вміст метаболітів обміну вуглеводів та білків у крові собак з різними типами вищої нервової діяльності.

Матеріали і методи дослідження. Всього для експерименту використано 20 собак (*Canis familiaris*, або *Canis lupus familiaris*) породи бігль (англ. beagle). Собаки-аналоги за віком (1-1,5 роки) для експерименту були підібрані з розплідників, так і у приватних господарів. Розплідники, в яких проводились дослідження, під час виконання дисертаційної роботи були вільними від заразних захворювань. Стан здоров'я собак оцінювали за загальним клінічним оглядом та лабораторними дослідженнями. Досліди проводились виключно на клінічно здорових тваринах. Лабораторні дослідження проводились в Багатопрофільній лабораторії ветеринарної медицини ОДАУ, м. Одеса, ветеринарних клініках «ВІТАВЕТ» та «Bravo Vet» м. Кам'янець-Подільський.

Силу, врівноваженість та рухливість нервових процесів у собак визначали авторською модифікованою методикою. На підставі експерименту сформовано 4 групи тварин, по 5 голів у кожній: I група – сильний врівноважений рухливий тип (СВР); II група – сильний врівноважений інертний тип (СВІ); III група – сильний неврівноважений тип ВНД (СН); IV групи – слабкий тип вищої нервової діяльності (С). Харчову депривацію проводили упродовж 36 годин, доступ до води у тварин був вільний. Матеріалом для досліджень були відібрані зразки крові отримані до харчової депривації та через одну та три доби після початку депривації.

Оцінку метаболізму ліпідів проводили за визначенням: вмісту загального холестеролу ферментативно-фотометричним методом (Chol-DAC.Lq, Spectro Med, Молдова), триацилгліцеролів– ферментативно-фотометричним методом (TG-DAC.Lq); вміст холестеролу ліпопротеїдів високої щільності (ХС ЛПВЩ) преципітаційно/ферментативно-фотометричним методом (набір Chol

HDL-DAC.Lq); вміст холестеролу ліпопротеїдів низької щільності (ХС ЛПНЩ) розраховували за формулою Фридвальда - ХСЛПНЩ=ЗХ–ХСЛПВЩ–ТАГ/5 (Friedewald et al., 1972); вміст холестеролу ліпопротеїдів наднизької щільності (ХС ЛПННЩ) визначали епрямим розрахунковим методом за формуою – ТГ*0,46 (Cooper et al., 1991).

Стан вуглеводневого обміну в організмі собак оцінювали за вмістом: глюкози – глюкозооксидазним методом (Christensen, 1967); лактату – за принципом накопиченням лактату заліза, який утворюється при взаємодії лактат-іонів з $FeCl_3$ (Rattu et al., 2021) (Rattu et al., 2021); пірувату – за модифікованим методом Умбрайта (Горячковский, 2005); розрахунковим методом визначали відношення лактату до пірувату.

Усі експериментальні дослідження проведені із дотримання вимог Закону України № 3447-IV від 21.02.06 р. «Про захист тварин від жорстокого поводження» та узгоджуються з основними принципами «Європейської конвенції з захисту хребетних тварин, що використовуються для експериментальних та наукових цілей» (Страсбург, 1986), декларації «Про гуманне ставлення до тварин» (Гельсінкі, 2000).

Результати дослідження та їх обговорення. Вміст глюкози в плазмі крові собак з різними типами ВНД протягом усього періоду досліджень достовірно не відрізнявся і знаходився у фізіологічних межах (табл. 1). Протягом доби після початку харчової депривації вміст глюкози в крові собак зменшується залежно від типу ВНД тварин, зокрема у собак СВР, СВІ, СН та слабкого типу ВНД відповідно на 4,8 %, 4,8 %, 4,6 % ($P < 0,05$) та 8,2 % ($P < 0,01$). З першої до третьої доби експерименту вміст глюкози в крові собак СВР, СВІ, СН та слабкого типу ВНД зростає відповідно на 5,7 %, 5,8 %, 5,3 % ($P < 0,05$) та 13,8 % ($P < 0,05$) і перестає достовірно відрізнятись від показників тварин до початку експерименту.

Вміст молочної кислоти (лактат) в плазмі крові собак СВР, СВІ та СН типом ВНД до дії стресового фактору достовірно не відрізнявся. Однак у собак з слабким типом ВНД вміст даного метаболіту в плазмі крові достовірно більше від показників тварин з СВР, СВІ та СН типом ВНД відповідно на 16,2 % ($P < 0,01$), 20,3 % ($P < 0,01$) та 10,5 % ($P < 0,05$). Протягом доби після початку харчової депривації вміст лактату в крові собак СВР, СВІ, СН та слабкого типу ВНД збільшується відповідно на 15,7 % ($P < 0,001$), 14,6 % ($P < 0,001$), 15,6 % ($P < 0,001$) та 16,2 % ($P < 0,05$).

1. Вміст глюкози, лактату та піровату в плазмі крові собак з різним типом вищої нервової діяльності , ммоль/л (M ± m, n = 5)

Тип ВНД	Період досліджень		
	До дії подразника	Через добу	Через 3 доби
Вміст глюкози			
СВР	3,96±0,08	3,77±0,07	3,99±0,10
СВІ	4,06±0,04	3,87±0,06*	4,09±0,09
СН	4,05±0,05	3,86±0,06*	4,07±0,08*
Слабкий	3,95±0,07	3,63±0,05**	4,13±0,22*
Вміст лактату			
СВР	0,704±0,017	0,814±0,010	0,714±0,013
СВІ	0,680±0,009	0,779±0,008	0,705±0,026
СН	0,740±0,019	0,855±0,019	0,764±0,014*
Слабкий	0,818±0,032**	0,951±0,035**	0,868±0,017***
Вміст піровату			
СВР	81,4±0,8	72,0±1,0	80,2±1,0
СВІ	76,2±0,7***	73,5±2,3	75,4±1,3**
СН	79,3±2,1	71,2±2,2	80,7±3,3
Слабкий	76,4±1,2**	65,9±2,7*	73,4±3,5
Лактат/Піруват			
СВР	8,65±0,18	11,31±0,19	8,90±0,18
СВІ	8,92±0,19	10,63±0,32	9,35±0,28
СН	9,34±0,20*	12,05±0,43	9,53±0,40
Слабкий	10,71±0,47**	14,57±1,10*	11,92±0,73**

Примітка. Достовірні різниці з СВР типом ВНД: $^{*}P < 0,05$; $^{**}P < 0,01$; $^{***}P < 0,001$.

Через добу після початку досліджень вміст лактату в плазмі крові собак з слабким типом ВНД стає меншим на 16,8 % ($P < 0,01$) відповідно до показників тварин з СВР типом ВНД. З першої до третьої доби експерименту вміст лактату в крові собак СВР, СВІ, СН та слабкого типу ВНД зменшується відповідно на 12,3 % ($P < 0,001$), 9,5 % ($P < 0,05$), 10,6 % ($P < 0,01$) та 8,7 % ($P < 0,05$). Так, через три доби після початку досліджень вміст лактату в плазмі крові собак з слабким типом ВНД більше на 21,6 % ($P < 0,001$) від показників тварин з СВР типом.

Вміст піровиноградної кислоти (піруват) в плазмі крові тварин з СВР та СН типом ВНД до початку харчової депривації достовірно не відрізнявся, тоді, як у собак з СВІ та слабким типом ВНД менше відповідно на 6,3 % ($P < 0,001$) та 6,1 % ($P < 0,01$) від показників тварин з СВР типом ВНД. Протягом доби після початку досліджень вміст піровату в крові собак СВР, СВІ, СН та слабкого типу ВНД зменшується відповідно на 11,5 % ($P < 0,001$), 3,5 %, 10,2 % ($P < 0,05$) та 13,8 % ($P < 0,01$). Через добу після початку досліджень вміст піровату в плазмі крові собак з сильними нервовими процесами достовірно не відрізняється, тоді, як у тварин з слабким типом ВНД меншим на 8,5 %

(P < 0,05) відповідно до показників тварин з СВР типом. З першої до третьої доби експерименту вміст пірувату в крові собак СВР, СВІ, СН та слабкого типу ВНД збільшується відповідно на 11,4% (P < 0,001), 2,5 %, 13,3 % (P < 0,05) та 11,4 %. Через три доби після початку досліджень вміст пірувату в плазмі крові собак з СВІ та слабким типом ВНД менше на відповідно 6,1 % (P < 0,01) та 8,5 % від показників тварин з СВР типом.

Динамічні зміни вмісту лактату і пірувату в крові собак за дії харчової депривації мали своє відображення на співвідношенні лактату до пірувату в сироватці крові цих тварин. Так, протягом доби після початку досліджень показник відношення вмісту лактату до пірувату в крові собак СВР, СВІ, СН та слабкого типу ВНД зростає відповідно на 30,8 % (P < 0,001), 19,1 % (P < 0,001), 29,0 % (P < 0,001) та 36,0 % (P < 0,01). Через добу після початку досліджень даний показник у тварин з сильними нервовими процесами достовірно не відрізняється, тоді, як у тварин з слабким типом ВНД більший на 28,8% (P < 0,05) відповідно до показників тварин з СВР типом. З першої до третьої доби експерименту показник відношення вмісту лактату до пірувату в крові собак СВР, СВІ, СН та слабкого типу ВНД збільшується відповідно на 21,3 % (P < 0,001), 12,0 % (P < 0,01), 21,0 % (P < 0,001) та 18,2 %. Через три доби після початку досліджень цей показник у собак з слабким типом ВНД більше на 34,0 % (P < 0,01 від показника тварин з СВР типом.

Вміст загального холестеролу (ЗХ) в плазмі крові собак з різними типами ВНД до дії стресового фактору достовірно не відрізнявся (табл. 2). Протягом доби після початку харчової депривації вміст ЗХ в плазмі крові собак залежно від типу ВНД зменшується на 3,5–5,4 %. Однак наділі, до третьої доби експерименту вміст ЗХ в крові собак СВР, СВІ та СН типу ВНД збільшується відповідно на 6,6 % (P < 0,05), 3,6 % та 5,5 %. Відмітимо, що, через три доби після початку досліджень вміст загального холестеролу в плазмі крові собак з слабким типом ВНД менше на 10,2% (P < 0,05) від показників тварин з СВР типом.

Динаміка вмісту триацилгліцеровів в плазмі крові собак з різними типами ВНД була подібна до такої вмісту загального холестеролу. Так, за впливу харчової депривації вміст ТАГ в плазмі крові зменшується залежно від типу ВНД на 9,9–12,9 %, однак лише у собак з слабким типом ВНД цей показник достовірний (на 10,9 %; P < 0,01). До третьої доби експерименту вміст даного метаболіту у собак збільшується на 9,3-13,4 %. Через три доби після дії стресового фактору вміст ТАГ в плазмі крові собак слабкого типу ВНД менше на 13,6 %

(P < 0,05) від показників собак СВР типу ВНД.

2. Вміст загального холестеролу та триацилгліцеролів в плазмі крові собак з різним типом вищої нервової діяльності, ммоль/л (M ± m, n = 5)

Тип ВНД	Період досліджень		
	До дії подразника	Через добу	Через 3 доби
Вміст загального холестеролу, ммоль/л			
СВР	4,48±0,12	4,24±0,04	4,52±0,09
СВІ	4,41±0,08	4,23±0,12	4,38±0,11
СН	4,30±0,11	4,09±0,12	4,31±0,10
Слабкий	4,24±0,18	4,09±0,15	4,06±0,05***
Вміст триацилгліцеролів, ммоль/л			
СВР	0,73±0,04	0,66±0,04	0,75±0,04
СВІ	0,71±0,04	0,64±0,04	0,71±0,02
СН	0,72±0,05	0,63±0,04	0,69±0,03
Слабкий	0,64±0,02*	0,57±0,02	0,62±0,01*

Примітка. Достовірні різниці з СВР типом ВНД: $^{*}P < 0,05$; $^{**}P < 0,01$; $^{***}P < 0,001$.

Ліпідограма крові собак з різними типами ВНД за впливу короткотривалої харчової депривації характеризується динамічними змінами вмісту холестеролу ліпопротеїдів високої (ХС ЛПВЩ), низької (ХС ЛПНЩ) та наднизької щільності (ХС ЛПННЩ). Слід відмітити, що вміст ХС ЛПВЩ у крові собак з сильними нервовими процесами достовірно не відрізняється (табл. 3). Тоді, як у собак слабкого типу ВНД менше на 6,6 % (P < 0,05) від показників тварин СВР типу ВНД.

Упродовж доби після початку харчової депривації вміст ХС ЛПВЩ в плазмі крові собак СВР типу ВНД зменшується на 7,1% (P < 0,05), тоді, як у тварин СВІ, СН та слабкого типу зменшується в межах тенденції (на 4,6–5,6 %). Наділі, до третьої доби експерименту вміст ХС ЛПВЩ в плазмі крові собак СВР типу зростає на 9,2% (P < 0,01), відповідна тенденція встановлена і у тварин СВІ, СН та слабкого типу ВНД (на 4,6–5,6 %). Відмітимо, що, через три доби після початку досліджень ЗХ ЛПВЩ в плазмі крові собак з слабким типом ВНД менше на 11,7% (P < 0,001) від показників тварин з СВР типом.

Вміст ХС ЛПНЩ у крові собак з різними типами ВНД протягом усього періоду досліджень достовірно не відрізняється. Крім цього відсутні достовірні зміни цього показника в плазмі крові тварин за впливу харчової депривації.

3. Вміст холестеролу ліпопротеїдів різної щільності в плазмі крові собак за харчової депривації, ммоль/л (M ± m, n = 5)

Тип ВНД	Період досліджень		
	До дії подразника	Через добу	Через 3 доби
ХС ЛПВЩ, ммоль/л			
СВР	3,47±0,07	3,22±0,09	3,52±0,04
СВІ	3,34±0,10	3,19±0,10	3,37±0,06
СН	3,26±0,12	3,11±0,12	3,30±0,11
Слабкий	3,24±0,08*	3,06±0,09	3,11±0,04***
ХС ЛПНЩ, ммоль/л			
СВР	0,866±0,119	0,887±0,102	0,853±0,07
СВІ	0,930±0,094	0,911±0,124	0,868±0,131
СН	0,896±0,099	0,854±0,103	0,877±0,109
Слабкий	0,872±0,173	0,919±0,106	0,828±0,071
ХС ЛПННЩ, ммоль/л			
СВР	0,337±0,019	0,303±0,019	0,344±0,019
СВІ	0,328±0,018	0,294±0,018	0,327±0,010
СН	0,330±0,021	0,288±0,017	0,318±0,016
Слабкий	0,294±0,007*	0,262±0,008	0,287±0,007*

Примітка. Достовірні різниці з СВР типом ВНД: $^{*}P < 0,05$; $^{**}P < 0,01$; $^{***}P < 0,001$.

Вміст ХС ЛПННЩ у крові собак з сильними нервовими процесами протягом усього періоду досліджень достовірно не відрізняється. У собак слабкого типу ВНД даний показник до дії стресового фактору менше на 12,6 % ($P < 0,05$) від показників тварин СВР типу ВНД. Протягом доби після початку харчової депривації вміст ХС ЛПННЩ в плазмі крові собак СВР, СВІ та СН типу ВНД зменшується в межах тенденції (на 9,9–12,9 %), тоді, як у собак слабкого типу ВНД зменшується достовірно на 10,9 % ($P < 0,01$). З першої до третьої доби після початку досліджень вміст ХС ЛПННЩ в плазмі крові собак сильних типів ВНД зростає на 10,5-13,4 %, а у крові собак з слабким типом ВНД на 9,3 % ($P < 0,05$).

Висновки і перспективи. За інтактного стану вміст глюкози в крові собак з різними типами ВНД достовірно не відрізняється, тоді, як вміст лактату у крові собак з слабким типом ВНД більше на 16,2 % ($P < 0,01$), а пірувату менше на 6,3 % ($P < 0,001$) від показників собак з СВР типом ВНД. Протягом доби після початку харчової депривації вміст глюкози в крові собак зменшується залежно від типу ВНД на 4,6–8,2 % ($P < 0,05$–$0,01$). Динаміка вмісту лактату, пірувату, загального холестеролу і триацилгліцеролів в плазмі крові собак за дії харчової депривації залежать від типологічних особливостей нервової системи собак.

Протягом доби після початку депривації показник відношення вмісту лактату до пірувату в крові собак залежно від типу ВНД зростає на 19,1–36,0 % ($P < 0,01$), зменшується вміст ЗХ та ТАГ в плазмі крові на 3,5–12,9 % та істотно змінюється співвідношення ліпідів різної щільності. Зокрема, в плазмі крові собак СВР типу ВНД вміст ХС ЛПВЩ зменшення протягом доби на 7,1 % ($P < 0,05$).

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці нових методів корекції обміну речових на основі застосування наноаквахелатів біогенних металів з урахуванням індивідуальних особливостей організму собак.

References

1. Arden, R., Bensky, M. K., & Adams, M. J. (2016). A review of cognitive abilities in dogs, 1911 through 2016: more individual differences, please! Current Directions in Psychological Science, 25(5), 307–312.

2. Asp, H. E., Fikse, W. F., Nilsson, K., & Strandberg, E. (2015). Breed differences in everyday behaviour of dogs. Applied Animal Behaviour Science, 169, 69–77.

3. Barber, A. L. A., Mills, D. S., Montealegre-Z, F., Ratcliffe, V. F., Guo, K., & Wilkinson, A. (2020). Functional performance of the visual system in dogs and humans: A comparative perspective. Comparative Cognition & Behavior Reviews, 15, 1–44.

4. Bensky, M. K., Gosling, S. D., & Sinn, D. L. (2013). The world from a dog's point of view: a review and synthesis of dog cognition research. Advances in the Study of Behavior, 45, 209–406.

5. Bray, E. E., Otto, C. M., Udell, M. A. R., Hall, N. J., Johnston, A. M., & MacLean, E. L. (2021). Enhancing the Selection and Performance of Working Dogs. Frontiers in Veterinary Science, 8, 644431. https://doi.org/10.3389/fvets.2021.644431

6. Byosiere, S.-E., Chouinard, P. A., Howell, T. J., & Bennett, P. C. (2018). What do dogs (Canis familiaris) see? A review of vision in dogs and implications for cognition research. Psychonomic Bulletin & Review, 25, 1798–1813.

7. Casey, R. A., Loftus, B., Bolster, C., Richards, G. J., & Blackwell, E. J. (2014). Human directed aggression in domestic dogs (Canis familiaris): Occurrence in different contexts and risk factors. Applied Animal Behaviour Science, 152, 52–63.

8. Christensen, N. J. (1967). Notes on the glucose oxidase method. Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation, 19(4), 379–384.

9. Cooper, G. R., Henderson, L. O., Smith, S. J., & Hannon, W. H. (1991). Clinical applications and standardization of apolipoprotein measurements in the diagnostic workup of lipid disorders. Clinical Chemistry, 37(5), 619–620.

10. Davis, A. L., Schwebel, D. C., Morrongiello, B. A., Stewart, J., & Bell, M. (2012). Dog Bite Risk: An Assessment of Child Temperament and Child-Dog Interactions. International Journal of Environmental Research and Public Health, 9(8), 3002. https://doi.org/10.3390/IJERPH9083002

11. Duckett, M. E., Curran, K. M., Leeper, H. J., Ruby, C. E., & Bracha, S. (2021). Fasting reduces the incidence of vincristine-associated adverse events in dogs. Veterinary and Comparative Oncology, 19(1), 61–68. https://doi.org/10.1111/vco.12638

12. EI, B. (2022). Fundamentals of Pathophysiology of Higher Nervous Activity - Literature Review. Cytology & Histology International Journal, 6(1), 1–11. https://doi.org/10.23880/chij-16000137

13. Fratkin, J. L., Sinn, D. L., Patall, E. A., & Gosling, S. D. (2013). Personality consistency in dogs: a meta-analysis. PloS One, 8(1), e54907.

14. Friedewald, W. T., Levy, R. I., & Fredrickson, D. S. (1972). Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the

preparative ultracentrifuge. Clinical Chemistry, 18(6), 499–502.

15. Hsu, Y., & Sun, L. (2010). Factors associated with aggressive responses in pet dogs. Applied Animal Behaviour Science, 123(3–4), 108–123.

16. Huber, L. (2016). How dogs perceive and understand us. Current Directions in Psychological Science, 25(5), 339–344.

17. Khoo, A. W. S., Taylor, S. M., & Owens, T. J. (2019). Successful management and recovery following severe prolonged starvation in a dog. In Journal of veterinary emergency and critical care (San Antonio, Tex. : 2001) (Vol. 29, Issue 5, pp. 542–548). https://doi.org/10.1111/vec.12878

18. Kujala, M. V. (2017). Canine emotions as seen through human social cognition. Animal Sentience, 2(14), 1.

19. Lea, S. E. G., & Osthaus, B. (2018). In what sense are dogs special? Canine cognition in comparative context. Learning & Behavior, 46(4), 335–363.

20. Netter, P. (2018). Benefits and limitations of drug studies in temperament research: biochemical responses as indicators of temperament. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 373(1744). https://doi.org/10.1098/RSTB.2017.0165

21. Pointer, E., Reisman, R., Windham, R., & Murray, L. (2013). Starvation and the clinicopathologic abnormalities associated with starved dogs: a review of 152 cases. Journal of the American Animal Hospital Association, 49(2), 101–107. https://doi.org/10.5326/JAAHA-MS-5762

22. Rattu, G., Khansili, N., Maurya, V. K., & Krishna, P. M. (2021). Lactate detection sensors for food, clinical and biological applications: A review. Environmental Chemistry Letters, 19, 1135–1152.

23. Riemer, S., Müller, C., Virányi, Z., Huber, L., & Range, F. (2014). The predictive value of early behavioural assessments in pet dogs–a longitudinal study from neonates to adults. PloS One, 9(7), e101237.

24. Schupp, H. T., & Renner, B. (2011). Food Deprivation: A neuroscientific perspective BT - Handbook of Behavior, Food and Nutrition (V. R. Preedy, R. R. Watson, & C. R. Martin (eds.); pp. 2239–2257). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-0-387-92271-3_142

25. Sherman, C. K., Reisner, I. R., Taliaferro, L. A., & Houpt, K. A. (1996). Characteristics, treatment, and outcome of 99 cases of aggression between dogs. Applied Animal Behaviour Science, 47(1–2), 91–108.

26. Siniscalchi, M., d'Ingeo, S., Fornelli, S., & Quaranta, A. (2018). Lateralized behavior and cardiac activity of dogs in response to human emotional vocalizations. Scientific Reports, 8(1), 77.

27. Sundman, A., Johnsson, M., Wright, D., & Jensen, P. (2016). Similar recent selection criteria associated with different behavioural effects in two dog breeds. Genes, Brain and Behavior, 15(8), 750–756.

28. Tonoike, A., Otaki, K.-I., Terauchi, G., Ogawa, M., Katayama, M., Sakata, H., Miyasako, F., Mogi, K., Kikusui, T., & Nagasawa, M. (2022). Identification of genes associated with human-canine communication in canine evolution. Scientific Reports, 12(1), 6950. https://doi.org/10.1038/s41598-022-11130-x

29. van den Berg, S. M., Heuven, H. C. M., van den Berg, L., Duffy, D. L., & Serpell, J. A. (2010). Evaluation of the C-BARQ as a measure of stranger-directed aggression in three common dog breeds. Applied Animal Behaviour Science, 124(3–4), 136–141.

FEATURES OF CARBOHYDRATE-LIPID METABOLISM IN DOGS WITH DIFFERENT TYPES OF HIGHER NERVOUS ACTIVITY

V. Yu. Hrygoriev, O. V. Danchuk

Abstract. *The relevance of the study is due to the lack of data on the cortical mechanisms of regulation of carbohydrate and lipid metabolism in the body of dogs. In this regard, this article is aimed at revealing the issue of lipid and carbohydrate metabolism in dogs with various types of higher nervous activity under the influence*

of short-term food deprivation. It is shown that the effect of short-term food deprivation is characterized by changes in metabolism in the body of dogs, which are limited by the state of the nervous system of these animals. In the intact state, the glucose content in the blood of dogs with different types of higher nervous activity does not reliably differ, while the lactate content in the blood of dogs with a weak type of higher nervous activity is higher by 16.2 % (P < 0.01), and pyruvate is lower by 6.3 % (P < 0.001) from the indicators of dogs with a strong balanced mobile type. Within a day after the beginning of food deprivation, the glucose content in the blood of dogs decreases by 4.6–8.2 % depending on the type of nervous activity (P < 0.05–0.01). During the day after the beginning of deprivation, the ratio of lactate to pyruvate in the blood of dogs, depending on the type of higher nervous activity, increases by 19.1–36.0 % (P < 0.01), the content of total cholesterol and triacylglycerols in the blood plasma decreases by 3, 5–12.9 % and the ratio of lipids of different densities changes significantly. In particular, in the blood plasma of dogs of a strong balanced mobile type of higher nervous activity, the cholesterol content of high-density lipoproteins decreased during the day by 7.1% (P < 0.05). Thanks to the conducted research, it was possible to obtain fundamental knowledge of the cortical mechanisms of regulation of carbohydrates and lipids in the body of dogs, which will form the basis of the development of new, modern methods of correction of metabolism, taking into account the type of higher nervous activity. Prospects for further research consist in the development of new methods of correction of metabolism based on the use of nanoaquachelates of biogenic metals, taking into account the individual characteristics of the body of dogs.

Key words: *dogs, higher nervous activity, deprivation, metabolism, fats, carbohydrates*

Туяхов М. Ф.

УДК: 636.7:636.09: 579.6

ВИЗНАЧЕННЯ ЧУТЛИВОСТІ ДЕЯКИХ МІКРОБНИХ ІЗОЛЯТІВ ЗА ОТИТУ У СОБАК

М. Ф. ТУЯХОВ, лікар ветеринарної медицини, здобувач
E-mail: vetmeddpss@ukr.net
Національний університет біоресурсів і природокористування України
https://doi.org/10.31548/dopovidi4(104).2023.009

Анотація. *У статті наведені результати вивчення чутливості деяких ізолятів мікрофлори шкіри собак до антибіотиків за отиту.*

Дослідження чутливості ізолятів Malassezia pachydermatis на щільних середовищах за отиту у собак показало, що позаконазол виявився найбільш ефективним інгібітором росту Malassezia, про що свідчать отримані значення $МІК_{50}$ *і* $МІК_{90}$.

Визначення чутливості до антибіотиків представників роду Pseudomonas показало, що найбільш виразне пригнічення росту мікроорганізмів даної групи спостерігалося під дією таких антибіотиків: тобраміцин, цефтазидим, марбофлоксацин. Високочутливими представники даної групи мікроорганізмів виявилися і до препарату з групи пеніцилінів – тікарциліну, фторхінолонів норфлоксацину та офлоксацину та аміноглікозідів амікацину і гентаміцину.

Ключові слова: *собаки, мікробіологічні дослідження, живильні середовища, мікрофлора шкіри, мікробні ізоляти, отит, стафілококи*

Зовнішній отит – запальне захворювання зовнішнього слухового проходу, в тому числі вушної раковини. Зовнішній отит може бути гострим і хронічним (персистуючий або рецидивуючий отит, що триває три місяці і довше) . Зміни, які відбуваються у зовнішньому слуховому проході у відповідь на хронічне запалення, можуть включати гіперплазію залоз, розширення залоз, гіперплазію епітелію та гіперкератоз. Ці зміни зазвичай призводять до збільшення продукції сірки у зовнішньому слуховому каналі, що сприяє підвищенню локальної вологості та pH зовнішнього слухового проходу, таким чином сприяючи розвитку вторинної інфекції (Scott DW, Miller WH, 2005).

Бактерії, які найчастіше виділяють із вушних проходів собак, уражених отитом – це Staphylococcus spp., Pseudomonas, Proteus, Enterococcus, Streptococcus і Corynebacterium (Hnilica K.A., 2011). Деякі бактерії, такі як Staphylococcus і Pseudomonas, можуть утворювати біоплівку, що може призвести до персистенції інфекції, незважаючи на адекватну терапію. Дріжджі Malassezia є ще одним поширеним компонентом зовнішнього отиту у собак. У деяких собак можливий розвиток алергійної реакції на Malassezia spp., що призводить до значного дискомфорту

та свербежу (Paterson S., Matyskiewicz W., 2018).

Зважаючи на значну розповсюдженість отитів, що поряд з піодермією складають основну частку серед інфекцій шкіри собак, а також прояви антибіотикорезистентності, проблема вивчення чутливості мікрофлори вуха до антибіотиків залишається актуальним напрямком досліджень.

Мета даного **дослідження** полягала у вивченні чутливості ізолятів *Ps. aeruginosa* зі шкіри собак із діагнозом бактеріальний отит до антибіотиків та ізолятів *Malassezia pachydermatis* до протигрибкових препаратів з метою розробки ефективних схем комбінованої терапії у собак за отитів бактеріальної чи змішаної етіології.

Матеріали і методи. У рамках дослідження було обстежено 30 собак віком від до 10 років, обох статевих груп. За період з жовтня 2020 року по січень 2021 було досліджено 30 собак різних порід, обох статевих груп, із симптомами отиту. Дослідження проводили на базі ветеринарних клінік Київської області «Здоров'я тварин» та «V елемент», на базі кафедри епізоотології, мікробіології і вірусології НУБіП України.

Для дослідження відбирали собак з діагнозом «клінічний зовнішній отит», у тварин реєстрували такі клінічні ознаки, як трясіння головою, почервоніння шкіри зовнішнього вушного каналу, набряк, проліферативні зміни шкіри, і/або наявність ексудату у вушному каналі. У дослідження не включали тварин, яким впродовж попередніх 5 днів застосовували кортикостероїди короткотривалої дії, антибіотики і/або протигрибкові препарати, системні кортикостероїди пролонгованої дії протягом попередніх 4 тижнів, або системні протимікробні чи протигрибкові препарати протягом попереднього тижня.

Після реєстрації тварини, ретельного збору анамнезу життя та хвороби, проводили загальноклінічне дослідження, а також мікробіологічні, біохімічні, цитологічні, рентгенологічні, за потреби – паразитологічні, гематологічні і біохімічні дослідження крові, УЗД тощо.

Діагноз «зовнішній отит» ставили на підставі вивченого симптомокомплексу та результатів досліджень.

Відбір проб для досліджень проводили за допомогою стерильного тампону – з уражених ділянок шкіри відбирали ексудат у спеціальні мікробіологічні транспортні контейнери із середовищем КЕРІ-Блейр 4012872 та середовищем Еймса.

За потребою проводили аспірацію ексудату у стерильні шприци. Десквамований епітелій у вигляді кірочок і лусочок, волосся відбирали у стерильні сухі культуральні пробірки та чашки Петрі одноразового застосування.

Виготовлення мазків-відбитків із ексудату і зіскоби шкіри проводили за

стандартною методикою. Фарбували мазки за Грамом та за методом Романовського-Гімза, досліджували з використанням імерсійної системи світлового мікроскопу Vetscan HD Microscope.

Висіви проводили в стерильних умовах на тверді та рідкі живильні середовища: МПА, кров'яний МПА, МПБ, МПЖ, агар Ендо і агар Сабуро у стерильні пластикові чашки Петрі та культуральні пробірки. Крім того, застосовували селективні середовища (кров'яний МПА із 8-10 % хлористого натрію і 3,5 % МПА із кристалічним фіолетовим). Культивування проводили за різних температурних режимів (25-37ºС) у термостаті. Виділення чистих культур проводили на МПА за методом Дригальського та шляхом штрихового посіву. Культури проглядали через із періодичністю 12-24 годин. При появі колоній виготовляли мазки, які фарбували вказаними вище методами (Korbelik J., Singh A., 2019).

Результати власних досліджень. Як показали результати досліджень, серед Грам-негативних мікроорганізмів частка Pseudomonas aeruginosa складала 16,7 %. При перегляді мазків Pseudomonas aeruginosa (синьогнійні палички) розташовувалися поодиноко чи короткими ланцюжками. На МПА збудник утворював невеликі плоскі колонії. Середовище згодом набувало синьо-зеленого забарвлення, внаслідок продукції піоціаніну. На МПА і середовищі Ендо спостерігалося утворення слизистих або точкових плоских колоній неправильної форми. Ізольовані мікроорганізми виявляли каталазну активність, здатність до розрідження желатини, на кров'яному МПА зумовлювали виразний β-гемоліз.

Серед представників дріжджових грибів найчастіше виділяли *Malassezia pachydermatis* – 9 випадків (18,8 %). На середовищі Сабуро ріст випуклих гладеньких кремового кольору колоній спостерігався на 5-7 добу культивування при 30°С. Починаючи з 10 – 12 доби культивування спостерігалося їх ослизнення, поява колоній жовтувато-оранжевого кольору, вростання у середовище. При мікроскопічному дослідженні зіскобів шкіри відзначалася наявність дріжджоподібних клітин, а у матеріалі із колоній - дріжджоподібні клітини еліпсоїдної форми.

Представники *Candida albicans* були виділені лише у 1 випадку (2,1 %). У мазках з ексудату, знаходили клітини овальної форми, елементи псевдоміцелію. На середовищі Сабуро при 30° С вони формували на 4-6 добу сірувато-кремові колонії з злегка шорохуватою поверхнею. При мікроскопії препаратів з колоній відзначали присутність септованих фрагментів міцелію.

Отримані на 5-7-у добу на агарі Сабуро культури мали гладеньку поверхню, були випуклими, ламкими. При фарбуванні за Грамом у мазку

виявляли численні еліпсовидні Грам-позитивні дріжджові клітини.

У результаті визначення МІК Malassezia pachydermatis, при висіві матеріалу на агар Сабуро і інкубуванні при 32°С, встановлено, що позаконазол виявився найбільш ефективним інгібітором росту *Malassezia* (табл.1).

1. Показники $МІК_{50}$ (мкг/мл) деяких протигрибкових засобів щодо *Malassezia pachydermatis* на щільних середовищах за отиту у собак

	Ністатин	**Позаконазол**	**Міконазол**	**Клотримазол**
Кількість досліджених ізолятів	62	62	62	62
$МІК_{50}$ (мкг/мл)	> 32	0,25	8	16
$МІК_{90}$ (мкг/мл)	> 32	1	16	32

Як видно з таблиці 1, показники $МІК_{50}$ і $МІК_{90}$ позаконазолу були суттєво ($p < 0,001$) нижчими за аналогічні показники ністатину, міконазолу та клотримазолу, що свідчить про надзвичайно високу активність позаконазолу in vitro щодо *Malassezia pachydermatis.*

У результаті визначення МІК Malassezia pachydermatis, при висіві матеріалу на агар Сабуро і інкубуванні при 32°С, встановлено, що позаконазол виявився найбільш ефективним інгібітором росту *Malassezia*, про що свідчать отримані значення $МІК_{50}$ і $МІК_{90}$.

Визначення чутливості до антибіотиків представників роду Pseudomonas показало, що найбільш виразне пригнічення росту мікроорганізмів даної групи спостерігалося під дією таких антибіотиків: *тобраміцин* – зона пригнічення складала 34,7 ± 3,16 мм, *цефтазидим* – 33,6 ± 2,67 мм, *марбофлоксацин* – 32,3 ± 1,29 мм (табл. 2). Високочутливими представники даної групи мікроорганізмів виявилися і до препарату з групи пеніцилінів – *тікарциліну*, фторхінолонів *норфлоксацину* та *офлоксацину* та аміноглікозідів *амікацину* і *гентаміцину*; зони пригнічення росту відповідно становили 29,0 ± 3,94; 26,3 ± 3,11; 26,3 ± 4,52; 28,5 ± 2,15 і 28,1 ± 2,31.

Антибіотики стрептоміцин, цефотаксим, ампіцилін та цефуроксим не впливали на ріст збудника.

Серед досліджених ізолятів до тобраміцину високочутливими і чутливими виявилися 100 %, до марбофлоксацину 97,3 %, а до цефтазидиму – 95,3 % (табл. 2.).

До норфлоксацину, амікацину і гентаміцину виявилися високочутливими і чутливими 91,5-92,8 % ізолятів. Офлоксацин також виявився активним щодо пригнічення росту Ps. aeruginosa – 93,5 % ізолятів були чутливими. Тікарцилін та гентаміцин, які можуть

застосовуватися для лікування піодермій у собак, також показали високу ефективність (чутливими виявилися 86,0 та 73,2 % відповідно). Менш ефективними були іміпенем, меропенем та енрофлоксацин (62,1-71,5 %).

2. Чутливість ізолятів Ps. aeruginosa до антибіотиків

Антибіотик	Діаметр зони затримки росту, мм M ± m, n = 20
Тобраміцин	34,7 ± 3,16
Цефтазидим	33,6 ± 2,67
Марбофлоксацин	32,3 ± 1,29
Тікарцилін	29,3 ± 3,11
Офлоксацин	29,0 ± 3,94
Амікацин	28,5 ± 2,15
Гентаміцин	28,1 ± 2,31
Норфлоксацин	26,3 ± 4,52
Іміпенем	24,4 ± 1,07
Меропенем	21,4 ± 2,15
Карбенціцилін	19,8 ± 3,45
Цефтриаксон	19,0 ± 3,10
Цефоперазон	13,2 ± 3,12
Енрофлоксацин	15,8 ± 1,12
Стрептоміцин	13 ± 4,73
Цефотаксим	11,7 ± 2,55
Ампіцилін	11,7 ± 2,07
Цефуроксим	-
Триметоприм+сульфаметоксазол	-

До норфлоксацину, амікацину і гентаміцину виявилися високочутливими і чутливими 91,5-92,8 % ізолятів. Офлоксацин також виявився активним щодо пригнічення росту Ps. aeruginosa – 93,5 % ізолятів були чутливими. Тікарцилін та гентаміцин, які часто застосовуються для лікування піодермій у собак, також показали високу ефективність (чутливими виявилися 86,0 та 73,2 % відповідно). Дещо менш ефективними були іміпенем, меропенем та енрофлоксацин (62,1-71,5 %).

Висновки

Дослідження чутливості ізолятів *Malassezia pachydermatis* на щільних середовищах за отиту у собак у собак показало, що що позаконазол виявився найбільш ефективним інгібітором росту *Malassezia*, про що свідчать отримані значення $МІК_{50}$ і $МІК_{90}$, що збігається із рядом подібних повідомлень (Chen T, Hill PB., 2005).

Визначення чутливості до антибіотиків представників роду Pseudomonas показало, що найбільш виразне пригнічення росту мікроорганізмів даної групи спостерігалося під дією таких антибіотиків: тобраміцин, цефтазидим, марбофлоксацин (табл. 2).

Високочутливими представники даної групи мікроорганізмів виявилися і

до препарату з групи пеніцилінів – тікарциліну, фторхінолонів норфлоксацину та офлоксацину та аміноглікозідів амікацину і гентаміцину.

Перспективи досліджень. Подальше вивчення чутливості мікробних ізолятів шкіри до антибіотиків, зокрема збудників групи коків, з подальшим удосконаленням антибіотикотерапії тварин, хворих на отити, особливо за наявності асоціацій збудників бактерійної та грибкової природи.

References

1. Angus JC. (2004). Otic cytology in health and disease. *Veterinary Clinics of North America-Small Animal Practice* 34: 411-24.

2. Scott DW, Miller WH, Griffin CE. (2001). External ear diseases. In: *Small Animal Dermatology*, 6th edn. Philadelphia, PA: W.B. Saunders, 1203-35.

3. Paterson S, Matyskiewicz W. (2018). A study to evaluate the primary causes associated with *Pseudomonas* otitis in 60 dogs. *J Small Anim Pract*. 59(4):238-242.

4. Chen T, Hill PB. (2005). The biology of *Malassezia* organisms and their ability to induce immune responses and skin disease. *Vet Dermatol*. 16(1):4-26.

5. Borriello G, Paradiso R, Catozzi C, et al. (2020). Cerumen microbial community shifts between healthy and otitis affected dogs. *PLoS ONE*. 15(11):e0241447.

6. Tsuprun, V., Cureoglu, S., Schachern, P. A., Ferrieri, P., Briles, D. E., Paparella, M. M., & Juhn, S. K. (2008). Role of pneumococcal proteins in sensorineural hearing loss due to otitis media. Otology & Neurotology, 29(8), 1056-1060.

7. Buckley, L. M., McEwan, N. A., & Nuttall, T. (2013). Tris–EDTA significantly enhances antibiotic efficacy against multidrug-resistant P seudomonas aeruginosa in vitro. Veterinary Dermatology, 24(5), 519-e122.

8. Glaze, M. (2013). Diseases of eyelids, claws, anal sacs, and ears. Muller and Kirk's Small animal dermatology, 741-773.

9. Swales N, Foster A, Barnard N. (2018). Retrospective study of the presentation, diagnosis and management of 16 cats with otitis media not due to nasopharyngeal polyp. *J Feline Med Surg*. 20(12):1082-1086.

10. Korbelik J, Singh A, Rousseau J, Weese JS. (2019). Characterization of the otic bacterial microbiota in dogs with otitis externa compared to healthy individuals. *Vet Dermatol*. 30(3):228-e70.

11. Hnilica KA. (2011). *Otitis Externa Small Animal Dermatology: A Color Atlas and Therapeutic Guide.* 3rd ed. St. Louis, Missouri: Elsevier Saunders; pp. 395-398.

12. Boyd M, Santoro D, Gram D. (2019). In vitro antimicrobial activity of topical otological antimicrobials and Tris-EDTA against resistant Staphylococcus pseudintermedius and Pseudomonas aeruginosa isolates from dogs. *Vet Dermatol.* 30(2):139-e40.

INVESTIGATION OF THE SENSITIVITY OF SOME MICROBIAL ISOLATES IN DOGS WITH OTITIS

M. F. Tuyakhov

Abstract. *Introduction.The article presents the results of the study of antimicrobial sensitivity of some isolates of the skin microflora of dogs with otitis.*

Methods. Methods of investigation included isolation of microbioal and fungal cultures, investigation of microbiological and biochemical features of isolates and investigation of their sensitivity to antimicrobials and antifungals.

Results. A study of the sensitivity of Malassezia pachydermatis isolates on dense nutrient media showed that posaconazole was the most effective inhibitor of Malassezia growth, as evidenced by the obtained MIC_{50} and MIC_{90} values.

Determination of sensitivity to antibiotics of representatives of the genus Pseudomonas showed that the most pronounced inhibition of the growth of microorganisms of this group was observed under the action of the following antibiotics: tobramycin, ceftazidime, marbofloxacin.

Representatives of this group of microorganisms were also highly sensitive to penicillin group - ticarcillin, fluoroquinolones norfloxacin and ofloxacin, either to aminoglycosides amikacin or gentamicin.

Discussion. Prospects of research are that further study of the sensitivity of microbial isolates of the skin to antibiotics, in particular causative agents of the cocci group, with further improvement of antibiotic therapy of animals suffering from otitis, especially in the presence of associations of causative agents of bacterial and fungal etiology.

Key words: *dogs, microbiological research, nutrient media, skin microflora, microbial isolates, otitis, staphylococci, pseudomonas, malassezia*

УДК: 635.941

УДОСКОНАЛЕННЯ АГРОТЕХНІКИ ВИРОЩУВАННЯ САДИВНОГО МАТЕРІАЛУ *BUXUS SEMPERVIRENS* L. В УМОВАХ ПОДІЛЛЯ

Р. О. М'ЯЛКОВСЬКИЙ, доктор сільськогосподарських наук, професор
ЗВО «Подільський державний університет»
Г. В. ПАНЦИРЕВА, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, провідний науковий співробітник
Вінницький національний аграрний університет
E-mail: apantsyreva@ukr.net
П. В. БЕЗВІКОННИЙ, кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Ю. В. ПОТАПСЬКИЙ, кандидат сільськогосподарських наук, доцент
О. І. ПЕТРИЩЕ, кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Ю. В. ЛОБУНЬКО, кандидат економічних наук, асистент
ЗВО «Подільський державний університет»

https://doi.org/10.31548/dopovidi4(104).2023.010

Анотація. *Проведено експериментальні дослідження з вивчення перспектив використання Buxus Sempervirens* L. *в умовах Поділля, із доведеним їх екологічним значенням для сучасного зеленого будівництва. Імплементація досліджень спрямована на створення зелених насаджень, що характеризуються значною екологічною, соціальною та економічною перспективою. Одним із ключових пріоритетів є удосконалення агротехніки вирощування садивного матеріалу задля забезпечення видової різноманітності урболандшафтів, а також розробка алгоритмів спостережень за рослинами і покращення процедур подальшого догляду за ними задля планування заходів, які спрямовані на підвищення стійкості та збільшення видової різноманітності зелених насаджень. Здійснено системний літературних аналіз джерел та узагальнено відомості про поширення, морфо-біологічні особливості самшиту вічнозеленого в Україні та світі. На основі одержаних даних розроблено наукові основи введення в культуру Buxus Sempervirens* L. *та особливостей розмноження, встановлено їх продуктивний потенціал, а також запропоновано шляхи практичного використання в озелененні Поділля. Доведено перспективність використання самшиту вічнозеленого в озелененні зони Поділля. Розроблено рекомендації щодо їх культивування, встановлено оптимальні строки і способи розмноження та використання в озелененні вищих навчальних закладів. В умовах Поділля вперше розроблено біолого-екологічні основи вирощування самшиту вічнозеленого внаслідок, чого збагачено видове різноманіття культурфітоценозів та розширено асортимент нових декоративних рослин за рахунок їх введення у культури.*

Ключові слова: *Buxus Sempervirens* L., *вегетативне розмноження, живці, озеленення, варіанти використання, ландшафтний дизайн*

Актуальність. Зусилля фахівців лісового та садово-паркового господарства, які спрямовані на створення зелених насаджень, характеризуються значною екологічною, соціальною та економічною перспективою. Проте, в умовах урболандшафтів, які є неприродним та стресовим середовищем для рослин, зелені насадження часто стикаються з деякими труднощами функціонування та адаптації до міської екосистеми [1-3].

Buxus Sempervirens L. є однією з найдавніших декоративних рослин, яку використовують для озеленення та в декоративному садівництві. Її цінують за екологічну пластичність, декоративні якості (форма та архітектоніка крони, морфологія листя та інше), що дає можливість створювати з них зелені ландшафти в умовах урбофітоценозів [4-5].

У даному контексті, дослідження технологічних аспектів агротехніки вирощування садивного матеріалу самшити вічнозеленого в умовах міського середовища здійснюють задля отримання важливого досвіду покращення стійкості урболандшафтів. Одним із ключових пріоритетів для сучасної ботанічної науки є також удосконалення процесу забезпечення видової різноманітності урболандшафтів, розроблення алгоритмів захисту рослин та покращення процедур подальшого догляду за ними за результатами досліджень для подальшого планування заходів, які спрямовані на підвищення стійкості та збільшення видової різноманітності зелених насаджень.

Тому вивчення особливостей агротехніки вирощування садивного матеріалу [6] самшиту вічнозеленого є актуальним питанням для озеленення населених місць.

Матеріал і методи досліджень. Науково-експериментальні дослідження проводили упродовж 2020-2022 рр. на базі архітектурно-експозиційної ділянки кафедри лісового, садово-паркового господарства, садівництва та виноградарства факультету агрономії та лісівництва Вінницького національного аграрного університету. Стеблові живці відбирали із 7-8-річних рослин самшиту вічнозеленого, які ростуть на території Вінницького національного аграрного університету. Для проведення досліджень використовували пагони самшиту вічнозеленого довжиною 10-15 см із відрізком дворічної деревини (п'яткою). Заготівлю стеблових живців здійснювали у першій декаді червня. Обробку стимуляторами росту здійснювали відповідно інструктивних рекомендацій виробників, контроль обробляли водою. Регенераційну здатність та ефективність досліджуваних препаратів визначали за такими критеріями: відсоток вкорінених

рослин, тривалість вкорінення, ступінь розвитку утворених коренів та надземної частини пагонів.

Мета роботи полягала в удосконаленні агротехніки вирощування високоякісного садивного матеріалу *Buxus sempervirens* L. в умовах Поділля. Простежити особливості вегетативного розмноження самшиту вічнозеленого із використанням стимуляторів росту.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

- провести аналіз літературних джерел та узагальнити відомості про поширення, морфо-біологічні особливості *Buxus sempervirens* L.;

- розробити наукові основи введення в культуру *Buxus sempervirens* L. та особливості розмноження, встановити їх продуктивний потенціал, запропонувати шляхи практичного використання у сучасному зеленому будівництві.

Предметом дослідження була коренеутворювальна здатність живців *Buxus sempervirens* L. залежно від використання стимуляторів росту.

Об'єкт дослідження – вічнозелені види чагарників *Buxus sempervirens* L.

Результати досліджень та їх обговорення. На сьогодні екологічні умови урбанізованих територій, особливо великих міст, є вкрай несприятливими [7]. Створити більш комфортні умови можливо у разі використання різноманітних технологічних прийомів вирощування високоякісного садивного матеріалу. Для успішного вирішення питань озеленення територій важливе значення має якість садивного матеріалу, що забезпечує швидке пристосування рослин до умов після пересаджування і їх повноцінну життєдіяльність в стресових умовах урбанізованого середовища [7-9].

Тому актуальною є розробка елементів технологій вирощування кущових декоративних рослин з використанням сучасних, екологічно безпечних і ефективних агрохімікатів, що дозволяє отримувати підвищений вихід якісного та стійкого садивного матеріалу.

Процес коренеутворення живців залежить від багатьох чинників, а саме: сезону та місця взяття вихідного матеріалу, способу заготівлі та обробки живців, складу субстрату, мікроклімату, в якому проходить процес коренеутворення, догляду за висадженими живцями та біологічних особливостей виду який розмножується живцюванням.

Порівняльний аналіз даних дослідження показав, що різні стимулятори росту по-різному впливають на процес укорінення живців самшиту. Після перевірки живців на життєздатність виявилось, що кращим стимулятором

коренеутворення був гетероауксин (табл. 1).

1. Відсоток укорінених живців самшиту вічнозеленого при використанні стимуляторів росту в умовах Поділля, % (2020-2022 рр.)

Вид	Рік	Стимулятор росту				
		Контроль	Епін	Корневін	Гетероауксин	Емістим С
Buxus sempervirens	2020	65	68	73	79	74
	2021	70	72	77	86	79
	2022	62	66	69	76	70
	Середнє	66	69	73	80	74

Максимальний рівень укорінення живців спостерігали на варіанті, де застосовували гетероауксин (80 %). При використанні стимулятора росту Емістим С рівень укорінення становив 74 %. Мінімальні значення укорінення живців отримали на контрольному варіанті – 66 %. Живці, оброблені різними стимуляторами росту, розвивались і давали приріст у процесі укорінення неоднаково. Слід зазначити, що задовільний стан живців і високий середній приріст упродовж часу укорінення не є запорукою отримання потужної кореневої системи.

Морфометричні показники самшиту при використанні гетероауксину значно відрізняються від інших варіантів досліду. Отже, кращим стимулятором для коренеутворення рослин самшиту виявився гетероауксин. Живці самшиту перед висаджуванням у торф'яно-піщану суміш ретельно відбирали за довжиною живців та масою. При цьому відхилення відібраних живців за масою не перевищувало 0,1 г, а за довжиною – 0,1 см. Живці замочували протягом 24 годин у водних розчинах стимуляторів росту відповідно до рекомендацій виробників препаратів. Біометричні показники однорічних саджанців самшиту вічнозеленого узагальнені в таблиці 2.

Згідно наведених даних видно, що стимулятор росту гетероауксин ефективніше впливав на укорінення і ріст живців, порівняно із Емістимом С. Максимальні значення біометричних показників рослин, а саме, довжини надземної частини, кореневої системи, дожини рослин; маси у повітряно-сухому стані надземної частини, маси кореневої системи, маси рослин спостерігали на варіанті гетероауксин, що перевищувало значення контролю в середньому на 25 %. У той же час даний показник на варіанті Емістим С був вищим на 10 %. Маса рослин на варіанті із застосуванням гетероауксину перевищувала близько 40 %, порівняно до контролю.

2. Біометричні показники однорічних саджанців самшиту вічнозеленого в умовах Поділля (2020-2022 рр.)

Варіант	Стимулятор росту	Біометричні показники					
		Довжина, см			Маса, г		
		надземна частина	коренева система	всієї рослини	надземна частина	коренева система	всієї рослини
1	Контроль	15,1	18,5	33,6	1,63	0,55	2,18
2	Гетероауксин	18,0	27,6	45,6	3,56	1,44	5,00
3	Емістим С	16,1	22,8	38,9	3,01	1,16	4,17
4	Корневін	15,8	22,0	37,8	2,89	1,12	4,01
5	Епін	15,5	19,1	34,6	1,88	0,79	2,67

В останні роки вирощування декоративних чагарникових рослин набуває все більшого значення у зв'язку з відносною легкістю їх розмноження, непримхливістю та великою кількістю різноманітних видів і сортів, які відрізняються формою крони і забарвленням листків. Однією з переваг самшиту є широкий спектр його використання. Різні види роду використовують в озелененні територій – в якості солітерів, у групових посадках, живих огорожах. Самшит висаджують в різних об'єктах загального, обмеженого та спеціального призначення: арборетумах, ботанічних садах, парках, скверах, бульварах, територіях навчальних закладів, присадибних ділянках, приватних територіях.

Самшит вічнозелений широко використовується в озелененні територій вищих навчальних закладів [10-11]. Топіарні форми можна створювати не раніше, ніж через рік після пересадки рослин. За один раз зістригають не більше однієї третини крони рослини, інакше рослини будуть сильно ослаблені. Формування починають у віці п'яти років. Найпопулярнішими форми рослин є – стрижені стіни, бордюри, живоплоти і різноманітні фігури [12]. За результатами інтродукційного випробування встановлено, що загалом представники є дуже перспективними для використання в озелененні Вінниччини за рахунок успішної адаптації до погодно-кліматичних умов регіону (табл. 3).

Відтак, досліджені рослини виявили високий (I група) рівень адаптації до умов вирощування, тобто генетично зумовлений адаптаційний потенціал самшиту вічнозеленого є досить високим. Загальна сума балів 29 за комплексною оцінкою успішності інтродукції.

3. Комплексна оцінка успішності інтродукції самшиту вічнозеленого в умовах Поділля (2020-2022 рр.)

Вид	Ріст монокарпічного кореню	Цвітіння	Плодоношення	Вегетативне розмноження	Стійкість до хвороб та шкідників	Життєздатність і самовідновлення	Сума балів	Група перспективності
Buxus sempervirens L.	5	5	5	5	5	4	29	I

Висновки і перспективи. Згідно аналізу літературних джерел встановлено, що рід *Buxus sempervirens* L. відноситься до родини самшитових, батьківщиною якого є Південно-Східній Азія, чисельність якої становить від 30 до 35 видів та форм. Максимальний рівень укорінення живців спостерігали на варіанті із застосуванням стимулятором росту гетероауксин, що становив 80 %. При використанні стимулятора росту Емістим С рівень укорінення живців становило 74 %. Максимальні значення біометричних показників рослин, а саме, довжини надземної частини, кореневої системи, дожини рослин; маси у повітряно-сухому стані надземної частини, маси кореневої системи, маси рослин спостерігали на варіанті гетероауксин, що перевищувало значення контролю в середньому на 25 %. У той же час цей показник на варіанті із застосуванням стимулятору росту Емістим С був вищим на 10 %. Маса рослин на варіанті із використанням гетероауксину перевищувала близько 40 % порівняно до контролю. Рослини самшиту вічнозеленого виявили високий (I група) рівень адаптації до умов вирощування, тобто генетично зумовлений адаптаційний потенціал самшиту вічнозеленого є досить високим. Загальна сума балів – 29 за комплексною оцінкою успішності інтродукції. Різні види самшиту використовують в озелененні територій – в якості солітерів, у групових посадках, живих огорожах. Самшит висаджують в різних об'єктах загального, обмеженого та спеціального призначення: арборетумах, ботанічних садах, парках, скверах, бульварах, територіях навчальних закладів, присадибних ділянках, приватних територіях.

Список використаних джерел

1. Дідур І.М., Прокопчук В.М., Панцирева Г.В., Циганська О.І. Рекреаційне садово-паркове господарство. Навчальний посібник. Вінниця: ВНАУ. 2020. 321 с.

2. Панцирева Г. В. Дослідження сортових ресурсів люпину білого (Lupinus

albus L.) в Україні. Вінниця. 2016. Вип. 4. С. 88-93.

3. Mazur, V.A., Pantsyreva, H.V., Mazur, K.V., &Monarkh, V.V. Ecological and biological evaluation of varietal resources Paeonia L. In Ukraine. Acta Biologica Sibirica, 2019. 5 (1), 141-146. https: //doi.org/10.14258/abs.v5.i1.5350

4. Melnychuk, N.Y., & Henyk, Y.V. (2019). Топокліматичні особливості садово-паркових композиційних груп у парках міста Львова. Науковий вісник НЛТУ України, 29(7), 108-111. https://doi.org/10.15421/40290721

5. Prokopchuk V., Pantsyreva H., Tsyhanska O. Biostationary and exposition plot of Vinnytsia national agrarian university as an educational, scientific and manufacturing base in preparation of the landscape gardening specialist. *The scientific heritage*. 2020. Volume 51. P. 8-17.

6. Прокопчук В.М., Дідур І.М., Панцирева Г.В. Особливості підбору декоративних культур закритого середовища для проектування фітомодуля в умовах інтер'єру. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. *Сільське господарство та лісівництво.* № 12. Вінниця. 2019. С. 142-153.

7. Прокопчук В.М., Панцирева Г.В., Матусяк М.В., Ковальчук Я.Д. Сучасний стан та перспективи створення розарію на базі паркової зони Вінницького національного аграрного університету. *Сільське господарство та лісництво*. 2021. № 4 (23). С. 124-136. DOI 10.37128/2707-5826-2021-4-10

8. Matusyak M.V., Pantsyreva H.V., Prokopchuk V.M. Assessment of decorative value and prospects of the genus Magnolia compositional use on the territory of Vinnytsia. *Сільське господарство та лісництво*. 2021. № 4 (23). С. 137-147. DOI: 10.37128/2707-5826-2021-4-11

9. Панцирева Г.В. Сучасний стан колекції півоній на базі ботанічного саду «Поділля» Вінницького національного аграрного університету. *Науковий вісник НЛТУ України*, 2019 р., *29*(8), 46-50. https://doi.org/10.36930/40290806

10. Кучерявий В. С., Шуплат Т. І., Гоцій Н. Д. Інвазії самшитової вогнівки (Cydalima perspectalis Walker.) у зелені насадження м. Львова. Збереження рослин у звязку зі змінами клімату та біологічними інвазіями: Матеріали міжнародної наукової конференції, м. Біла Церква, 31 березня 2021 року. Тези доповіді. Біла Церква, 2016. С.209-212.

11. Thomas H. Chlorophyll: a symptom and a regulator of plastid development. New Phytol. 2017. Vol. 136, Iss. 2. P. 163–181. doi: 10.1046/j.1469- 8137.1997.00737.x.

12. Прокопчук В. М., Циганський В. І., Циганська О. І. Вплив стимуляторів росту на вкорінення живців самшиту вічнозеленого Buxus sempervirens L. в умовах закритого ґрунту. Науковий вісник НЛТУ України. 2018, т. 28, № 7. С. 57–59

References

1. Didur I.M., Prokopchuk V.M., Pantsyreva G.V., Tsyganska O.I. (2020). Recreational horticulture. Tutorial. Vinnytsia: VNAU. 321 p.

2. Pantsyreva H. V. (2016). Doslidzhennia sortovykh resursiv liupynu biloho (Lupinus albus L.) v Ukraini. Vinnytsia. Vyp. 4. S. 88-93.

3. Mazur, V.A., Pantsyreva, H.V., Mazur, K.V., & Monarch, V.V. (2019). Ecological and biological evaluation of varietal resources Paeonia L. In Ukraine. Acta Biologica Sibirica, 5 (1), 141-146. https: //doi.org/10.14258/abs.v5.i1.5350

4. Melnychuk, N.Y., & Henyk, Y.V. (2019). Topoclimatic features of garden and park compositional groups in the parks of the city of Lviv. Scientific bulletin of NLTU of Ukraine, 29(7), 108-111. URL: https://doi.org/10.15421/40290721

5. Prokopchuk V., Pantsyreva H., Tsyhanska O. (2020). Biostationary and exposition plot of Vinnytsia national agrarian university as an educational, scientific and manufacturing base in preparation of the landscape gardening specialist. The scientific heritage. Volume 51. P. 8-17.

6. Prokopchuk V.M., Didur I.M., Pantsyreva G.V. (2019). Peculiarities of the selection of decorative indoor crops for the design of a phytomodule in interior conditions. Collection of scientific works of the Vinnytsia National Agrarian University. Agriculture and

forestry. No. 12. Vinnytsia. P. 142-153.

7. Prokopchuk V.M., Pantsyreva G.V., Matusiak M.V., Kovalchuk Y.D. (2021). The current state and prospects of creating a rose garden on the basis of the park zone of Vinnytsia National Agrarian University. Agriculture and forestry. No. 4 (23). P. 124-136. DOI 10.37128/2707-5826-2021-4-10

8. Matusyak M.V., Pantsyreva H.V., Prokopchuk V.M. (2021). Assessment of decorative value and prospects of the genus Magnolia compositional use on the territory of Vinnytsia. Agriculture and forestry. No. 4 (23). P. 137-147. DOI: 10.37128/2707-5826-2021-4-11

9. Pantsyreva G.V. (2019). The current state of the collection of peonies on the basis of the "Podillia" botanical garden of the Vinnytsia National Agrarian University. Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine, 29(8), 46-50. https://doi.org/10.36930/40290806

10. Kucheryavy V. S., Shuplat T. I., Gotsii N. D. (2016). Invasions of the boxwood firefly (Sydalima perspectalis Walker.) in the greenery of Lviv. Conservation of plants in connection with climate changes and biological invasions: Materials of the international scientific conference, Bila Tserkva, March 31, 2021. Abstracts of the report. Bila Tserkva, P.209-212.

11. Thomas H. (2017). Chlorophyll: a symptom and a regulator of plastid development. New Phytol. Vol. 136, Iss. 2. P. 163–181. doi: 10.1046/j.1469-8137.1997.00737.x.

12. Prokopchyk, V. M., Tsyhanskiy, V. I., & Tsyhanska, O. I. (2018). The influence of growth stimulators on Buxus sempervirens L. lives calculation under conditions of closed soil. Scientific Bulletin of UNFU, 28(7), 57–59. https://doi.org/10.15421/40280712

IMPROVEMENT OF AGRICULTURAL TECHNIQUES FOR GROWING PLANTING MATERIAL OF BUXUS SEMPERVIRENS L. UNDER PODILLIA CONDITIONS

R. Myalkovsky, H. Pantsyreva, P. Bezvikonnyi, Y. Potapsky, O. Petrysche, Y. Lobunko

Abstract. *Experimental studies were conducted to study the prospects of using Buxus Sempervirens* L. *in the conditions of Podillia, with proven ecological significance for modern green construction. The implementation of research is aimed at creating green spaces characterized by a significant ecological, social and economic perspective. One of the key priorities is the improvement of agricultural techniques for growing planting material to ensure the species diversity of urban landscapes, the development of plant protection algorithms and the improvement of procedures for their further care based on the results of research in order to plan measures aimed at increasing the sustainability and increasing the species diversity of green spaces. A systematic literary analysis of sources was carried out and information on the distribution, morpho-biological features of evergreen boxwood in Ukraine and the world was summarized. On the basis of the obtained data, the scientific foundations of the introduction of Buxus Sempervirens* L. *into the culture and the characteristics of reproduction were developed, their productive potential was established, and ways of practical use in the landscaping of Podillia were proposed. The perspective of using evergreen boxwood in landscaping the Podillia area has been proven. Recommendations for their cultivation have been developed, the optimal terms and methods of reproduction and use in the landscaping of higher educational institutions have been established. In the conditions of Podillia, the biological and ecological bases of growing evergreen boxwood were developed for the first time, as a result of which*

the species diversity of cultural phytocenoses was enriched and the assortment of new ornamental plants was expanded due to their introduction into crops.

Key words: *Buxus Sempervirens* L., *vegetative reproduction, cuttings, landscaping, options for use, landscape design*

Поліщук В. В., Струтинська Ю. В.

УДК 582.711.713:635.925(477.41)

ОСОБЛИВОСТІ МІКРОКЛОНАЛЬНОГО РОЗМНОЖЕННЯРОСЛИН РОДУ*PRUNUS SERRULATA* L.ДЛЯ ПОДАЛЬШОГО ВИКОРИСТАННЯ В МОНОСАДАХ

В. В. ПОЛІЩУК, доктор сільськогосподарських наук, професор
https://orcid.org/0000-0001-8157-7028
E-mail: valentin7613@gmail.com
Ю. В. СТРУТИНСЬКА, аспірантка, https://orcid.org/0000-0002-1859-5802
E-mail: yuliana-st@ukr.net
Уманський національний університет садівництва

https://doi.org/10.31548/dopovidi4(104).2023.011

Анотація*. У статті проаналізовано результати досліджень представників роду Prunus L. та визначено, що для збереження основних декоративних особливостей їх необхідно розмножувати вегетативним методом. З'ясовано, що для прискореного розмноження цінних селекційних форм використовують мікроклональне розмноження, однак для представників роду Prunus L., цей метод є недостатньо досліджений.*

З'ясовано, що найефективнішою речовиною для стерилізації при введенні мікропагонів з апікальною меристемою в ізольовану культуру визначено 0,1 %-й водний розчин дихлориду ртуті за експозиції 1,5-2,0 хвилин – 83,7 % стерильних та 72,5 % - життєздатних експлантів.

Визначено, що найвищий вихід життєздатних стерильних експлантів було отримано за введення їх в культуру in vitroу другій і третій декадах травня та першій декаді червня, здатність до прямого органогенезу яких становив 69,4 %, 76,3% та 58,7%,відповідно. Тому цей термін введення експлантів для роду Prunus L. є найкращим. При доборі експлантів та введенні їх у культуру in vitro в першій декаді квітня вихід життєздатних стерильних експлантів був найменшим і становив 4,7 %, в другій декаді квітня вихід був більшим на 8,6 % і становив 13,3 %. За введення рослинного матеріалу в культуру в другій та третій декадах червня кількість життєздатних стерильних експлантів зменшувалася на 21,6-41,9 % порівняно з введенням в першій декаді червня.

Досліджено вплив концентрацій і комбінацій регуляторів росту на коефіцієнт розмноження окремих представників роду Prunus L. та з'ясовано, що кожен окремий вид потребує індивідуального підбору живильних середовищ. Найвищий коефіцієнт розмноження отримано на середовищі МС-55, який у P. serrulata Royal Burgundy та P. serrulata Amanogawa становив, відповідно – 6,82 та 6,10.Високий коефіцієнт розмноження 5,75 та 5,57 забезпечили середовища МС-27 та МС-50, за культивування експлантів видів P. serrulata Kanzan та P. serrulata Kiku Shidare.

Ключові слова: *вихідний матеріал, сакура, селекція, сорти, інтродукція, квітування, класифікація, морфологічні ознаки*

Поліщук В. В., Струтинська Ю. В.

Актуальність. Спосіб мікроклонального розмноження для багатьох сільськогосподарських рослин розроблено досить добре [1, 2]. Підхід до мікророзмноження було розроблено для дев'яти декоративних видів Prunus, P. americana, P. cistena, P. glandulosa, P. serrulata'Kwanzan', P. laurocerasus, P. sargentii, P. tomentosa, P. triloba, P. virginiana ' Schubert' [3]. Однак результатів дослідження, які дали б змогу сформувати увесь процес розмноження рослин Сакури недостатньо або вони взагалі відсутні. Саме тому, дослідження мікроклонального розмноження представників роду *Prunus* L. є особливо актуальним.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.Статеве розмноження (тобто посів насіння) цікаве для експериментів у пошуках нових форм, і це цілком прийнятно при розмноженні видів, але при розмноженні садових форм, не бажано, щоб особливі якості сорту були втрачені. Тому вишні доцільно розмножувати вегетативно з частини материнської рослини – живцями, окулірованням, щепленням або культурою *invitro.* У сучасній селекції рослин та насінництві частіше розпочали використовувати методи біотехнології для прискореного розмноження цінних селекційних матеріалів [4].

Спосіб мікроклонального розмноження рослин роду *Prunus* L. в культурі *in vitro* включає наступні етапи, які необхідно проводити послідовно: стерилізацію рослинного матеріалу, введення в культуру *in vitro*, підбір та оптимізація живильного середовища, одержання рослин-регенерантів та адаптація до умов *in vitro*[5].

Найважливішим етапом розмноження *invitro* є стерилізація вихідного матеріалу [6]. При виборі речовини для стерилізації необхідно враховувати, щоб вона діяла згубно на всі мікроорганізми за умови мінімального пошкодження тканин [7]. Не менше значення має стерильність власне живильного середовища, а також стерилізація приміщення, посуду, інструментів та допоміжних матеріалів [8].

За розробки живильних середовищ доцільно враховувати, щоклітини органів рослини збільшуються в розмірах унаслідок росту меристематичних клітин, які проходять ряд послідовних етапів: поділу, росту, розтягненням і диференціювання. Необхідно враховувати, що клітини рослин ростуть і розмножуються значно повільніше, ніж клітини мікроорганізмів, що підвищує вимоги до забезпечення асептичних умов [9].

На сьогодні існує велика кількість живильних середовищ для культивування рослинних клітин, тканин і органів в умовах *in vitro*. Перші спроби ініціювання ізольованих культур рослинних клітин датовані останніми

десятиліттями 19-го та 20-го сторіччя і пов'язані з іменами такихвидатних вчених як K. Rechinger (1893), X. Fencing (1893), G. Gaberland(1902), H. Vöchting (1892) [10]. Найбільш успішний період у розвитку цього методу почався з робіт R. Gautheret (1932) і F. White (1931), які показали здатність калюсів і тканин рослинних пухлин до необмеженого росту при перенесенні на свіжі живильні середовища [11].

При розмноженні деревних рослин мікроклональним способом *in vitro*, найчастіше використовують середовища Мурасіге і Скуга [12] з відповідною їх модифікацією.

Клітини і тканини рослин в культурі *in vitro* живляться переважно гетеротрофно, оскільки процес фотосинтезу в таких умовах пригальмовується, що збільшує значення вуглеводів у середовищі. Сахароза та глюкоза є найпоширенішими джерелами вуглеводів, які використовують в середовищах для культивування *in vitro* рослин [13].

Успіх мікроклонального розмноження рослин в значній мірі залежить від вибору оптимального живильного середовища та співвідношення ауксинів та цитокінінів у ньому для кожного етапу розмноження [14, 15].

Метою дослідження було удосконалення окремих етапів біотехнологічного процесу, а саме: підбір умов стерилізації рослинного матеріалу (індивідуально для кожного генотипу), типів експлантатів, компонентів живильного середовищата період введення в культуру.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження проводили упродовж 2021-2023 років в лабораторії біотехнології Уманського національного університету садівництва та Національному дендрологічному парку «Софіївка» НАН України. За вихідній матеріал для введення *in vitro* представників роду *Prunus* L.використовували пагони з апікальною меристемою завдовжки 1,0–1,5 см, які були взяті з 3–5 річних рослин.

Дослідження проводили відповідно до загальноприйнятих методик [1, 5, 9].Перед стерилізацією експлантів їх промивали проточною водою. Після цього експланти занурювали у водний розчин стерилізатора та тричі ополіскували у дистильованій воді. У розчин стерилізатора додавали 1–2 краплі Твину-80 для його ефективнішої дії. Розчин стерилізатора включав: 2,5 % гіпохлорит натрію (NaOCl), 0,1 % дихлорид ртуті ($HgCl_2$) та 1,0 % нітрат срібла ($AgNO_3$). Після промивання у стерильній воді експланти висаджували на модифіковане живильне середовище Мурасіге-Скуга (МС).

Результати досліджень та їх обговорення. Упродовж 7 діб

визначали ефективність стерилізації, підраховували кількість стерильних та інфікованих експлантів по кожному варіанту. Життєздатність експлантів оцінювали через 25 діб. Найбільший відсоток стерильних мікропагонів (69,8–83,7 %) одержано при стерилізації у 0,1 % $HgCl_2$, за експозиції при стерилізації упродовж 1-1,5 хв. у тому числі 63,2–72,5 % було життєздатних, у яких спостерігали явище прямого органогенезу. Доцільно зазначити, що при збільшенні часу стерилізації $HgCl_2$ до 2,0 хв. експланти втрачали свою життєздатність і були непридатні для подальшого культивування (рис. 1).

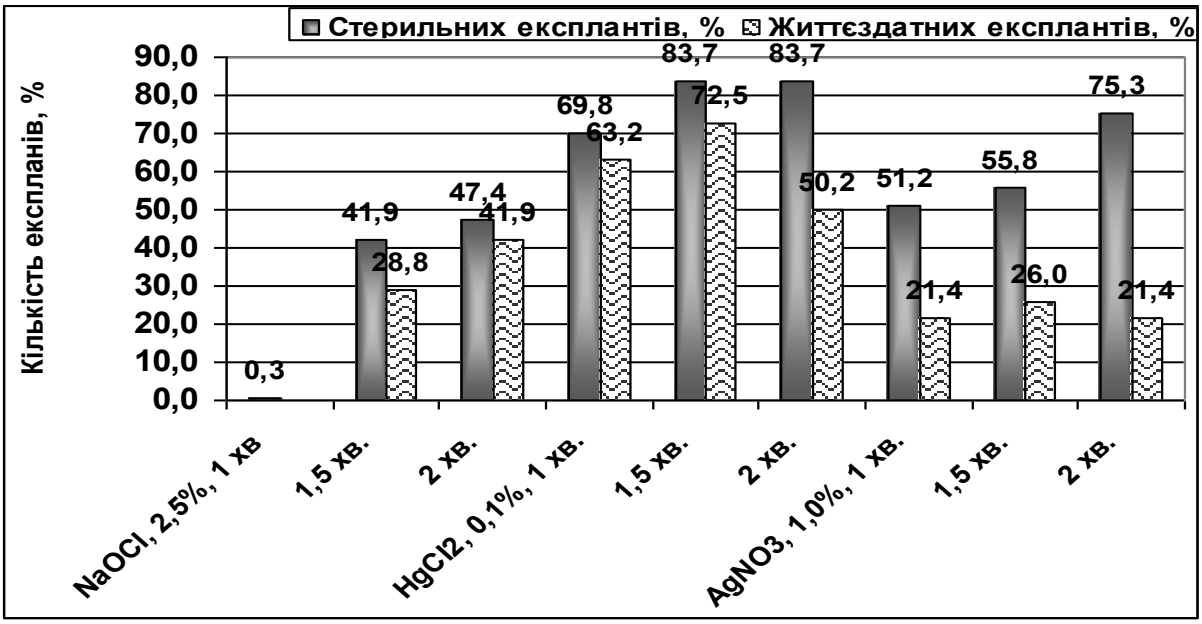


Рис. 1. Ефективність стерилізації експлантів рослин роду *Prunus*L.

Стерилізація в 2,5 % розчині гіпохлорит натрію (NaOCl) не забезпечила високого відсотку стерильних життєздатних мікропагонів за всіх експозицій. За стерилізації експлантів в розчині 1,0 % нітрату срібла ($AgNO_3$) кількість стерильних пагонів була вищою, ніж за стерилізації в розчині гіпохлорит натрію, але життєздатність їх була найнижчою, порівняно з іншими стерилізаторами. За стерилізації мікропагонів в 1,0 % нітраті срібла ($AgNO_3$) упродовж 2 хв. також отримані добрі результати – вихід стерильних експлантів становив 75,3 %, але лише 21,4 % було життєздатних. Найефективнішою речовиною для стерилізації при введенні мікропагонів з апікальною меристемою в ізольовану культуру визначено 0,1 %-й водний розчин дихлориду ртуті за експозиції 1,5-2,0 хвилин.

Від строку вибору експланта та введення його в культуру залежить успіх мікроклонального

розмноження, що пов'язано з його онтогенетичним станом та часом введення в культуру (табл. 1). Дослідженнями з'ясовано, що найвищий вихід життєздатних стерильних експлантів було отримано за введення їх в культуру *in vitro* у другій і третій декадах травня та першій декаді червня, здатних до прямого органогенезу, який становив, відповідно – 69,4 %, 76,3 % та 58,7 %. Тому цей термін введення експлантів для роду *Prunus*L. є найкращим.

1.Життєздатність стерильних експлантів залежно від строків введення, %

Вид, форма	Дата введення в культуру								
	07.04	13.04	27.04	05.05	19.05	25.05	06.06	16.06	24.06
P.serrulataAmanogawa	22,5	35,6	48,3	67,8	72,7	65,8	54,1	10,0	0,2
P.serrulataKikuShidare	0,6	15,2	36,3	57,1	76,2	82,4	55,1	50,7	25,3
P.serrulataKanzan	18,4	31,0	51,7	59,8	71,5	79,7	65,1	42,5	1,8
P.serrulataRoyalBurgundy	0,3	17,9	39,2	48,5	64,5	79,1	63,6	49,8	33,3
Середнє	4,7	13,3	34,2	52,5	69,4	76,3	58,7	37,1	16,8

При доборі експлантів та введенні їх в культуру *in vitro*у першій декаді квітня вихід життєздатних стерильних експлантів був найменшим і становив 4,7 %, у другій декаді квітня вихід був більшим на 8,6 % і становив 13,3 %. За введення рослинного матеріалу в культуру у другій та третій декадах червня кількість життєздатних стерильних експлантів зменшувався на 21,6-41,9 %, порівняно з введенням у першій декаді червня.

Підбір оптимального живильного середовища для проліферації, росту і розвитку рослинних організмів в культурі *in vitro* є важливим етапом роботи. Враховуючи важливість співвідношення ауксинів і цитокінінів у живильних середовищах для регульованого морфогенезу нами було проведено 48 варіантів балансу цих сполук (табл. 2). У кожному варіанті вивчали у різних співвідношеннях макро- і мікроелементи у складі середовищ за прописами Мурасиге і Скуга та Ллойда і Мак Коуна, а також різний вміст вітамінів і амінокислот в результаті чого попередні досліди, включали близько 250 варіантів модифікації базових середовищ.

З метою пошуку оптимального мінерального живлення життєздатні, стерильні експланти завдовжки 10–15 мм висаджували на живильні середовища з мінеральним складом за прописами Мурасіге і Скуга та Ллойда і Мак Коуна без додавання регуляторів росту. Усього на цьому етапі було висаджено по 50 експлантів на кожне середовище.

2.Вивчені співвідношення вмісту ауксинів і цитокінінів (мг/л)

Сума ауксинів	Сума цитокінінів							
	0	0,1	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	5,0
0	1	2	3	4	5	6	7	8
0,01	9	10	11	12	13	14	15	16
0,05	17	18	19	20	21	22	23	24
0,1	25	26	27	28	29	30	31	32
0,25	33	34	35	36	37	38	39	40
0,5	41	42	43	44	45	46	47	48

Встановлено, що найбільш сприятливим для культивування експлантів є живильне середовище за прописом Мурасіге і Скуга, культивування на якому забезпечило отримання 86,8 % життєздатних експлантів (табл. 3). Усі експланти мали відмінний стан та були зеленими. Водночас, на живильному середовищі Ллойда і Мак Коуна життєздатних експлантів було у 1,2 рази менше і вони мали задовільний стан і були блідо-зеленими.

3.Життєздатність і якісні характеристики експлантів залежно від мінерального складу живильних середовищ в умовах invitro

Живильне середовище	Кількість життєздатних експлантів, %	Якісна характеристика експлантів
Мурасиге і Скуга	86,8	стан відмінний, зелені, спостерігається зростання
Ллойда і Мак Коуна	71,2	стан задовільний, блідо-зелені, ріст задовільний

За мікроклонального розмноження важливим моментом було пригнічення апікального домінування у експлантів представників роду *Prunus*L. і стимулювання росту пазушних бруньок. З цією метою у живильні середовища МС з вмістом агар-агару 0,7 % та сахарози 3 % додавали 6-бензиламінопурин (6-БАП) у комбінації з іншими регуляторами росту: β-індолилоцтовою кислотою (β-ІОК), β-індолилмасляною кислотою (β-ІМК), гібереліном (A_3).

Ефективність середовищ та коефіцієнта розмноження визначали після четвертого пасажу. Здатність до адвентивної регенерації представників роду *Prunus*L. визначали на шести живильних середовищах, що відібрані дослідним шляхом і які забезпечували б коефіцієнт розмноження більше двох (табл. 4).

4. Вміст фітогормонів у модифікованих живильних середовищах, мг/л

Живильне середовище	6-БАП	β-ІМК	Гібереліи (A_3)
МС-28	0,47	0,07	0,05
МС-36	0,93	0,01	0,00

МС-27	1,40	0,01	0,00
МС-50	1,86	0,47	0,00
МС-55	2,33	0,09	0,00
МС-43	4,65	0,09	0,00

У результаті вивчення відібраних живильних середовищ встановлено, що у середньому усіх вивчених представників роду *Prunus* L. найнижчий коефіцієнт розмноження був на середовищі МС-43 і становив 1,24 (рис.2).

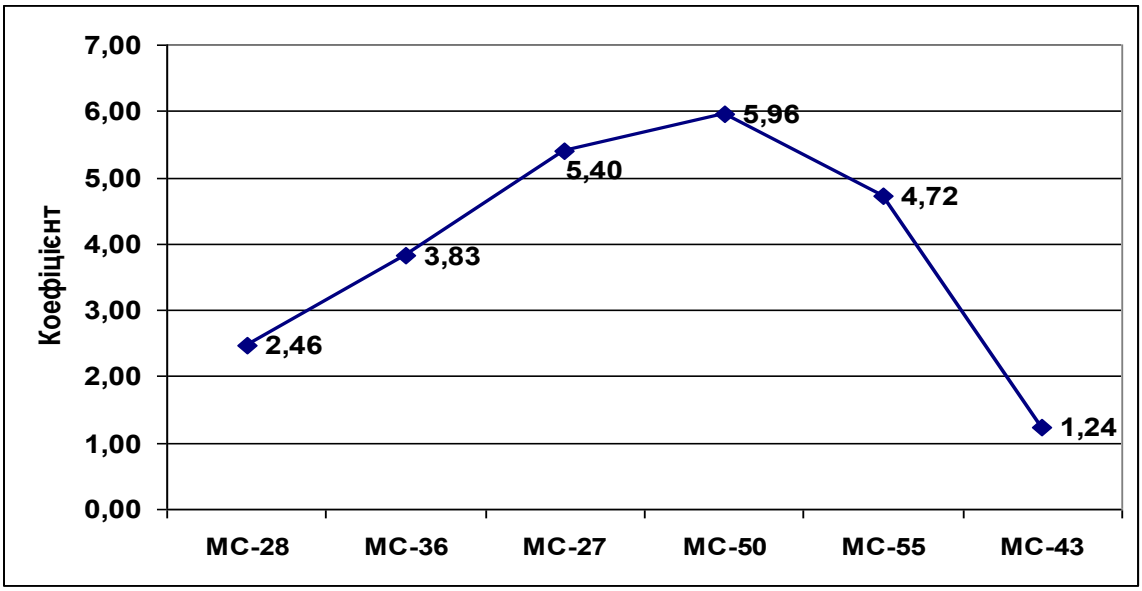


Рис. 2. Коефіцієнт розмноження представників роду Prunus L. залежно від вмісту фітогормонів (середнє значення)

На МС-28 спостерігали підвищення коефіцієнта розмноження до 2,46. На середовищі МС-27 було отримано коефіцієнт розмноження 5,40. Найвищий у досліді коефіцієнт розмноження — 5,96, отримали на середовищі МС-50. На середовищі МС-55 даний показник був меншим на 1,24 і становив 4,72.

Дослідженням впливу концентрацій і комбінацій регуляторів росту на коефіцієнт розмноження окремих представників роду *Prunus*L. встановлено, що кожен окремий вид потребує індивідуального підбору живильних середовищ. Найвищий коефіцієнт розмноження отримано на середовищі МС-55, який у P. serrulata Royal Burgundy та P. serrulata Amanogawa становив, відповідно – 6,82 та 6,10 (табл. 5).

5. Коефіцієнт розмноження представників роду PrunusL. залежно від вмісту регуляторів росту

Вид, форма	МС-28	МС-36	МС-27	МС-50	МС-55	МС-43
P. serrulataAmanogawa	2,52	3,59	4,78	5,31	6,10	2,44
P. serrulataKikuShidare	2,24	2,54	4,58	5,57	5,22	2,16
P. serrulataKanzan	1,53	2,37	5,75	4,55	5,59	1,24
P. serrulataRoyalBurgundy	2,52	4,47	5,59	5,61	6,82	2,55

Високий коефіцієнт розмноження 5,75 та 5,57 забезпечили середовища МС-27 та МС-50, за культивування експлантів видів P. serrulata Kwanzan та P. serrulata KikuShidare.

З метою збільшення коефіцієнта розмноження були продовжені дослідження з удосконалення технології мікроклонального розмноження з впливу джерела вуглеводнів. Для цього у модифіковане живильне середовище МС-55 вводили різні джерела вуглеводнів: цукрозу, глюкозу, фруктозу й мальтозу у кількості від 10 до 40 г/л (табл.6).

6. Морфогенез експлантів представників роду PrunusL. залежно від вмісту джерел вуглеводів у модифікованому живильному середовищі МС-55 (данні середні)

Джерело вуглеводів та їх вміст, %	Кількість експлантів шт.	Середня кількість пагонів, шт.	Середня довжина пагона, см
Цукроза			
1,0	92	4,3±0,21	1,5±0,07
2,0	85	5,7±0,38	4,4±0,22
3,0	89	6,2±0,36	8,0±0,40
4,0	91	2,0±0,10	7,3±0,37
Глюкоза			
1,0	55	3,6±0,19	0,8±0,05
2,0	69	5,7±0,33	4,4±0,22
3,0	61	6,7±0,33	6,9±0,34
4,0	70	4,4±0,22	5,8±0,29
Фруктоза			
1,0	63	2,1±0,11	2,6±0,13
2,0	88	4,9±0,34	3,6±0,19
3,0	55	5,7±0,43	6,0±0,45
4,0	90	1,3±0,07	4,7±0,23
Мальтоза			
1,0	35	3,2±0,16	2,6±0,13
2,0	70	4,8±0,29	4,0±0,20
3,0	34	4,9±0,30	7,2±0,36
4,0	81	5,5±0,37	4,7±0,24

Максимальна кількість пагонів (6,7±0,33) була отримана з включенням у живильне середовище 3% глюкози. Включення у живильне середовище 3 % цукрози також забезпечило отримання максимальної кількості пагонів – 6,2±0,36.

Найменшу кількість пагонів (1,3±0,07) було отримано за додавання 4 % фруктози. Висока частота регенерації пагонів відмічена на рівні 3 % глюкози і сахарози, але достовірно більшу кількість пагонів було отримано лише з включенням у живильне середовище 3 % глюкози, що є підставою для подальшого вивчення глюкози у різних середовищах. За включення в середовище мальтози, найбільшу кількість пагонів (5,5±0,37) отримано за її вмістом 4 %.

Довжина пагонів пробіркових рослин менш важлива, ніж їх кількість, однак цей показник вивчали для повнішого уявлення про фізіологічну дію різних джерел вуглеводів на ріст і розвиток представників роду*Prunus*L.у культурі *invitro*. Найдовші пагони, отримано на середовищі МС-55, з додаванням 3 % цукрози, довжина яких становила 8,0±0,40 см. За включення в живильне середовище інших джерел вуглеводів та цукрози з іншими концентраціями цей показник був меншим.

Висновкиі перспективи. Проаналізувавши отримані результати досліджень, необхідно виділити, що найкращім живильним середовищем є Мурасіге і Скуга, культивування на якому забезпечило отримання 86,8% життєздатних експлантів.

Дослідженнями з'ясовано, що найвищий вихід життєздатних стерильних експлантів було отримано за введення їх в культуру *in vitro*у другій і третій декадах травня та першій декаді червня, *здатність до прямого органогенезу яких становив 69,4 %, 76,3 % та 58,7 %, відповідно.*

З'ясовано, що кожен окремий вид потребує індивідуального підбору живильних середовищ. Найвищий коефіцієнт розмноження отримано на середовищі МС-55, який у *P. serrulataRoyalBurgundy*та *P. serrulataAmanogawa* становив, відповідно – 6,82 та 6,10.

Максимальна кількість пагонів (6,7±0,33) була отримана з включенням у живильне середовище С-55, глюкози – 3 %. Включення в живильне середовище 3 % цукрози також забезпечило отримання максимальної кількості пагонів – 6,2±0,36.

Список використаних джерел

1. KhanI. Md., Ahmad N., Anis M. The Role of Cytokininson in vitro ShootProduction in SalixtetraspermaRoxb.: a Tree of Ecological Importance. *Tree – Structure and Function*. 2011. Vol. 25, № 4. Pp. 577–584. DOI:10.1007/s00468-010-0534-6

2. Read E.P., Bavougian C.M. In vitro Rejuvenation of WoodySpecies. Protocols for Micropropagation of SelectedEconomically –

ImportantHorticulturalPlants. *MethodsinMolecularBiology*. 2013. Vol. 994. Pp. 383–395.

3. Kalinina A, Brown DC. Micropropagation of ornamental Prunus spp. and GF305 peach, a Prunus viralindicator. Plant CellRep. 2007. № 26(7). Pp. 927-35. DOI: 10.1007/s00299-007-0315-x. Epub 2007 Feb 24. PMID: 17323085.

4. Подгаєцький А.А., Мацкевич В.В., Подгаєцький А.А. Особливості мікроклонального розмноження видів рослин: монографія. Біла Церква: БНАУ, 2018. 209 с.

5. Kalinina A.,Brown D. Micropropagation of ornamental Prunus spp. and GF305 peach, a Prunus viralindicator. *Plant cell reports*. 2007. № 26. 927-35.

6. Krens F.A., D. Jamar The role of explant source and culture conditions on callusinduction and shoot regeneration in sugarbeet (*Beta vulgaris* L.).*Journal of Plant Physiology*.1989. Vol. 134, № 6. P. 651–655.

7. Edwin F. George, Michael A. Hall and Geert-Jan DeKlerk. Plant Propagation by Tissue Culture.3rd Edition.Volume 1.The Background.*Springer*.2008. p. 503.

8. Kyte L.,John G. Kleyn.Plants from testtubes: an introduction to micropropagation. Portland: Timber Press, 1996. 240 p.

9.Dagla H.R. Plant tissueculture. 2012. Reson 17.Pp. 759–767.

10. Опалко А.І. Опалко О.А. Використання методів біотехнології. Селекція плодових і овочевих культур: навч. посіб. : Ч. 1. : Загальні основи селекції городніх рослин [для студ. вищ. навч. закл.] / за ред. А.І. Опалка. Умань: НДП «Софіївка» НАН України, 2012. С.201–233.

11. Steward F. C., Mapes, M. O. Morphogenesis and Plant Propagation in AsepticCultures of Asparagus. *Botanical Gazette*. 1971. № 132(1).Pp. 70–79.

12. Murashige, T., Skoog, F. A revisedmedium for rapid growth and bioassay with tobaccotissue culture.*Physiology of plant*. 1962. Vol. 15. № 13. Pp. 473–497.

13. Sridhar T.M., Naidu C.V. Effect of different carbonsources on *in vitro* shootregeneration of *Solanumnigrum*(Linn.). An important antiulcermedicinal plant. *Journal of phytology*. 2011. Vol.3, №2. P.78–82.

14. Pevalek-Kozlina B., Jelaska S. Microclonalpropagation of Prunus avium L. *ActaHortic*. 1987.№ 212. Pp. 599-602DOI: 10.17660/ActaHortic.1987.212.98

15. Yi J., Lee G., Chung, J., Lee Y., Gwag J., Lee, S. EfficientMicropropagation of PearGermplasmUsingSootTips and NodalExplants.*KoreanJournal of Plant Resources*. 2015. № 28(6). Pp. 690–696. DOI:10.7732/KJPR.2015.28.6.690

References

1. KhanI. Md., Ahmad N., Anis M. (2011) The Role of Cytokininson in vitro ShootProduction in SalixtetraspermaRoxb.: a Tree of Ecological Importance. *Tree – Structure and Function*. Vol. 25, № 4. Pp. 577–584. DOI: 10.1007/s00468-010-0534-6

2. Read E.P., Bavougian C.M. (2013) In vitro Rejuvenation of WoodySpecies. Protocols for Micropropagation of Selected Economically – Important Horticultural Plants. *Methodsin Molecular Biology*. Vol. 994. Pp. 383–395.

3. Kalinina A, Brown D.C. (2007)Micropropagation of ornamental Prunus spp. and GF305 peach, a Prunus viralindicator. Plant CellRep. № 26(7). Pp. 927-35. DOI: 10.1007/s00299-007-0315-x. Epub 2007 Feb 24. PMID: 17323085.

4. Podhaietskyi A.A., Matskevych V. V., Podhaietskyi A.A. (2018) Features of microclonalreproduction of plant species: monograph. BilaTserkva : BNAU. 209 s.

5. Kalinina A., Brown D. (2007) Micropropagation of ornamental Prunus spp. and GF305 peach, a Prunus viralindicator. *Plant cell reports*. № 26. 927-35.

6. Krens F.A., Jamar D. (1989) The role of explant source and culture conditions on callusinduction and shoot regeneration in sugarbeet (*Beta vulgaris* L.). *Journal of Plant Physiology*.Vol. 134, № 6. P. 651–655.

7. Edwin F. George M. A. (2008) Hall and Geert-Jan DeKlerk. Plant Propagation by Tissue Culture. 3rd Edition. Volume 1. The Background. *Springer*. 503 p.

8. Kyte L.,KleynJ. G.(1996) Plants from testtubes: an introduction to micropropagation. Portland:TimberPress, 240 p.

9. Dagla, H.R. (2012) Plant tissue culture. Reson 17. Pp. 759–767.

10. Opalko A.I. Opalko O.A. (2012) Use of biotechnology methods. Selection of fruit and vegetable crops: navch. posib.: Ch. 1.: Zahalniosnovyselektsiihorodnikhroslyn [dliastud. vyshch. navch. zakl.] / zared. A.I. Opalka. Uman: NDP «Sofiivka» NAN Ukrainy. S.201–233.

11. Steward, F. C., &Mapes, M. O. (1971) Morphogenesis and Plant Propagation in AsepticCultures of Asparagus. *Botanical Gazette*. № 132(1).Pp. 70–79.

12. Murashige, T., Skoog, F. (1962) A revisedmedium for rapid growth and bioassay with tobaccotissue culture.*Physiology of plant*. Vol. 15. № 13. Pp. 473–497.

13. Sridhar T.M., Naidu C.V. (2011) Effect of different carbonsources on *in vitro* shootregeneration of *Solanumnigrum* (Linn.). An important antiulcermedicinal plant. *Journal of phytology*. Vol.3, №2. P.78–82.

14. Pevalek-Kozlina B., Jelaska, S. (1987) Microclonalpropagation of Prunus avium L. *ActaHortic*.№ 212. Pp. 599-602DOI: 10.17660/ActaHortic. 212. 98

15. Yi J., Lee G., Chung J., Lee Y., Gwag J., Lee, S. (2015) Efficient Micropropagation of Pear Germplasm Using Soot Tips and Nodal Explants. *Korean Journal of Plant Resources*. № 28(6). Pp. 690–696. DOI: 10.7732/KJPR.2015.28.6.690

FEATURES OF MICROCLONAL PROPAGATION OF PLANTS OF THE GENUS PRUNUS SERRULATA L. FOR FURTHER USE IN MONOSACHES

V. V. Polishchuk, Y. V. Strutynska

Abstract. *The article analyses the results of the research and reveals that representatives of the genus Prunus* L. *should be propagatedvegetatively to preserve their desirable characteristics. It has been found that micro clonal propagation is used for accelerated reproduction of valuable breeding forms, but this method has not been sufficiently studied for representatives of the genus Prunus L.*

It was found that the most effective substance for sterilization when introducing micropropagules with apical meristem into an isolated culture was a 0.1 % aqueous solution of mercuric dichloride at an exposure of 1.5-2.0 minutes - 83.7 % of sterile and 72.5 % of viable explants. The research revealed that the highest yield of viable sterile explants was obtained when they were introduced into in vitro culture in the second and third decades of May and the first decade of June, capable of direct organogenesis, which was, respectively, 69,4%, 76,3 % and 58,7 %. Therefore, this time of introduction of explants for the genus Prunus L. *is the best. When explants were selected and introduced into in vitro culture in the first decade of April, the yield of viable sterile explants was the lowest and amounted to 4.7 %, in the second decade of April the yield was higher by 8.6% and amounted to 13.3 %. During the introduction of plant material into the culture in the second and third decades of June, the number of viable sterile explants decreased by 21.6-41.9% compared to the introduction in the first decade of June.*

*The study of the influence of concentrations and combinations of growth regulators on the reproduction ratio of individual members of the genus Prunus*L. *established that each individual species requires an individual selection of nutrient media. The highest multiplication factor was obtained on the MC-55 medium, which was 6,82 and 6,10 in R. serrulata Royal Burgundy and R. serrulataAmanogawa, respectively.A high multiplication factor of 5,75 and 5,57 was provided by MC-27 and MC-50 media for the cultivation of explants of P. serrulataKanzan and P. serrulataKikuShidare species.*

Key words: *source material, sakura, selection, varieties, introduction, flowering, classification, morphological features.*

Яковлєва-Носарь С. О., Бессонова В. П.

УДК 630*5:582.623.2(477.63)

ТАКСАЦІЙНІ ПОКАЗНИКИ ТА ЖИТТЄВИЙ СТАН *QUERCUS ROBUR* L. ЗА РІЗНИХ ЛІСОРОСЛИННИХ УМОВ ПІВДЕННОГО ПРИЯРКА УРОЧИЩА ЯЦЕВО (ДНІПРОПЕТРОВСЬКА ОБЛАСТЬ)

С. О. ЯКОВЛЄВА-НОСАРЬ, кандидат біологічних наук, доцент,
https://orcid.org/0000-0002-0935-0483
Хортицька національна академія
E-mail: krokus17.zp@gmail.com
В. П. БЕССОНОВА, доктор біологічних наук, професор,
https://orcid.org/0000-0002-4310-0971
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
E-mail: valentinabessonova492@gmail.com
https://doi.org/10.31548/dopovidi4(104).2023.012

Анотація. *Проаналізовано вплив лісорослинних умов на таксаційні характеристики та віталітетний стан Q. robur південного приярка урочища Яцево Дніпропетровської області. Дослідження проводили на ділянках, закладених у тальвегу (мезогігрофільний гігротоп, $СГ_{2-3}$) та на схилі північно-східної експозиції: у середній (ксеромезофільний гігротоп, $СГ_{1-2}$) і верхній його частинах (ксерофільний гігротоп, $СГ_{0-1}$). Найвищі дерева Q. robur у всіх лісорослинних умовах належать до класу 14,1–16 м. Екземпляри заввишки до 4 м зустрічаються тільки у ТЛУ $СГ_{1-2}$. За вологуватих умов максимальна кількість рослин Q. robur входить до ступеня товщини 64,1–68 см, за свіжуватих – 16,1–20, за сухуватих – 44,1–48 см. У рослин Q. robur за гігромезофільних умов тальвегу спостерігаються найбільші величини середніх таксаційних показників (висота, діаметр, площа поперечного перерізу, запас), а за ксеромезофільних – найменші. Густота дубового деревостану у гігромезофільних і ксеромезофільних умовах становить 61 шт./га, а за ксеромезофільних – 305 шт./га. Віталітетний стан дубових насаджень тальвегу оцінюється як здоровий (Ln становить 86,4), а деревостани ділянок, розташованих на середній та верхній частинах схилу – як ослаблені (Ln 72,9 і 78,2, відповідно). За умов тальвегу ($СГ_{2-3}$) спостерігається найширший спектр фаутності дерев (8 типів), у середній частині схилу ($СГ_{1-2}$) – 3, у деревостану верхньої частини ($СГ_{0-1}$) – 4 типи. На таксаційні показники і життєвий стан Q. robur впливають не тільки рівень зволоження, а й густота деревостану.*

Ключові слова: *природні дубові деревостани, лісорослинні умови, висота і діаметр, площа поперечного перерізу, запас, категорії життєвого стану, патології стовбура і крони*

Актуальність. Дуб звичайний (*Quercus robur* L.) є однією з основних лісотвірних порід України, насадження за його участі виконують низку важливих екологічних функцій і задовольняють потреби народного

господарства у цінній деревині. *Q. robur* є головною породою в полезахисних і протиерозійних насадженнях (Ткач, Головач, 2009; Василевський та ін., 2017). Ділянки природних дубових фітоценозів у степовій зоні України збереглися головним чином у байрачних лісах. *Q. robur* на півдні степової зони країни є головною породою байрачних лісів, що мають за цих умов інтразональний характер і важливе екосистемне, фітомеліоративне та природоохоронне значення (Yakovlieva-Nosar, Bessonova, 2021).

Дубові деревостани в окремих районах степової зони України зазнають деградації та перебувають у критичному стані (Ткач та ін., 2019). Їх площа зменшується також і в інших регіонах країни, зокрема в зоні переходу від Лісостепу до Степу, де спостерігається практична відсутність стійкого природного поновлення цієї головної породи (Єлісавенко та ін., 2022). Деякі дослідники вказують навіть на загрозу зникнення дубових насаджень у зв'язку із глобальними кліматичними змінами та багатогранною антропогенною діяльністю (Kelly et al., 1989), що обтяжується поганим природним поновленням дубових дерев (Копій та ін., 2017). Серед основних причин антропогенного походження можна виділити рубки головного користування та створення лісових культур на місці зрубаних природних дубових деревостанів (Василевський та ін., 2018).

У зв'язку із зазначеним вище, важливими є лісівничо-таксаційний аналіз та регулярний моніторинг стану природних дубових насаджень степової зони України, зокрема за різних лісорослинних умов, оскільки вони істотно впливають на показники продуктивності деревостанів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Природні дубові деревостани відрізняються за рівнем продуктивності при зростанні за різних лісорослинних умов. Під продуктивністю лісових насаджень розуміють насамперед наземну фітомасу дерев на одиниці площі, зокрема запас деревини (Туркевич и др., 1973; Лакида та ін., 2011).

Підвищення продуктивності лісів, а отже, й ефективності виконання ними усього спектра екосистемних послуг (Soloviy, 2016), можливе лише за умови ведення лісового господарства на типологічних засадах (Ткач та ін., 2018). Так, В. П. Ткач зі співат. (2018) виявили, що в північно-степовому (байрачно-степовому) окрузі продуктивність свіжих берестопакленових дібров (D_2–бр-кпД) вища порівняно із сухими берестопакленовими дібровами (D_1–бр-кпД).

На важливість рівня вологозабезпечення ґрунту при формуванні високобонітетних

дубових лісостанів вказують М. М. Гузь зі співавт. (2009).

Згідно з даними В. М. Малюги (2012), культури дуба звичайного, створені у 30–40-х роках XX ст. на еродованому рельєфі Канівських дислокацій, сформували на дні дослідженої балки дубові деревостани I^a класу бонітету зі стовбуровим запасом деревини 369 $м^3 \cdot га^{-1}$, хоча до 10-річного віку ці насадження росли за II класом. Розміщені ж на верхніх частинах схилів зі змитими, збідненими на вологу, ґрунтами дубові насадження до 20-річного віку росли за IV, а пізніше – за III бонітетом, оскільки бонітет не є константною величиною і протягом функціонування насадження може змінюватися. Деревостани середніх частин схилу за продуктивністю посідають проміжне положення.

Метою дослідження було проаналізувати вплив різних лісорослинних умов на таксаційні характеристики та життєвий стан *Q. robur* в урочище Яцево Дніпропетровської області.

Матеріали і методи дослідження. Обстеження проводили в урочищі Яцево Дніпровського району Дніпропетровської області, яке є лісовим заказником загальнодержавного значення і відноситься до південного географічного варіанта байрачних лісів (Манюк, Манюк, 2010).

Об’єктом дослідження є лісівничо-таксаційна характеристика дубових осередків природного походження великого південного приярку балки (першого від її гирла) (рис. 1).

Рис. 1. Урочище Яцево (позначено досліджений приярок)**;** координати крайніх точок: верхівки 48°20'31.4"N 35°13'27.6"E, гирла 48°19'37.6"N 35°10'18.3"E [https://www.google.com/maps/]

Дослідні рослини *Quercus robur* L. зростали у різних лісорослинних умовах: у тальвегу та на схилі північно-східної експозиції. Пробну ділянку 1 закладали в тальвегу з рівнинною формою рельєфу (ухил не більше 5°). Лісорослинні умови за О. Л. Бельгардом (1971), який запропонував таку класифікацію для лісів південного сходу України, – $СГ_{2-3}$ (вологуваті, гігромезофільні). Ділянка 2 знаходилася на середній частині схилу приярка з крутим ухилом (27°). Лісорослинні умови – $СГ_{1-2}$ (свіжуваті, ксеромезофільні). У верхній частині схилу з крутим ухилом (23°) розташовувалась ділянка 3 із сухими ($СГ_{0-1}$, ксерофільними) умовами. Площа кожної із закладених пробних ділянок складала 1800 м^2.

Висоту дерев визначали за допомогою оптичного висотоміра Suunto PM–5/1520. Діаметр стовбура вимірювали на висоті 1,3 м за допомогою мірної вилки Codimex S-1.

Середню висоту розраховували за формулою:

$$h_m = h_i \cdot G_i / \Sigma G, \text{ м}, \quad (1)$$

де h_m – середня висота, м; h_i – середня висота і-го ступеня товщини, м; G_i – сума площ перерізів і-го ступеня товщини, см^2; G – сума площ перерізів усіх дерев, см^2.

Середню площу поперечного перерізу деревостану g_m вираховували за формулою:

$$g_m = G/N, \text{ см}^2, \quad (2)$$

де g_m – середня площа перерізу деревостану, см^2; G – сума площ перерізів деревостану, см^2; N – кількість дерев, шт.

Середній діаметр деревостану d_m визначали за середньою площею поперечного перерізу стовбура:

$$d_m = 2 g_m \sqrt{\pi}, \text{ см}. \quad (3)$$

Головним таксаційним показником деревостану, що визначає його цінність, є запас (М, м^3/га). Запас деревостану – це сума об’ємів дерев, що його складають.

Об’єм стовбура дерева розраховували за формулою:

$$V = ghf, \text{ м}^3, \quad (4)$$

де V – об’єм стовбура, м^3; g – площа поперечного перерізу на висоті 1,3 м, м^2; h – висота стовбура, м; f – видове число. Видові числа (за М. Є. Ткаченко (1952)) використовували при коефіцієнті q_2 = 0,68.

Діагностику життєвого стану дерев здійснювали за шкалою А. В. Алексєєва (1982).

Індекс життєвого стану деревостанів розраховували за кількістю дерев (Алексеев, 1982) за формулою

$$Ln = \frac{100 \cdot n_1 + 70 \cdot n_2 + 40 \cdot n_3 + 5 \cdot n_4}{N} \quad (5)$$

де Ln – відносний життєвий стан деревостану, розрахований за кількістю дерев; n_1 – число здорових; n_2 – число ослаблених; n_3 – сильно ослаблених; n_4 – відмираючих дерев на пробній площі; N – загальна кількість дерев (включаючи сухостій) на пробній площі.

Якщо показник Ln набуває значень у діапазоні 100–80, то життєвий стан деревостану оцінюється як здоровий, при 78–50 – як пошкоджений (ослаблений), 49–20 – як сильно пошкоджений (сильно ослаблений), 19 і нижче – як повністю зруйнований.

Визначення патологій стовбура і крони здійснювали за класифікацією В. В. Царалунга та ін. (2016).

Результати оброблені за допомогою комп'ютерних програм Microsoft Word 2010, Microsoft Excel 2010.

Результати дослідження та їх обговорення. Нами встановлені формули складу деревостану на дослідних ділянках у досліджуваних лісорослинних умовах (табл. 1). Визначені густота та загальний запас насаджень на ділянках з різними типами лісорослинних умов (ТЛУ).

Насадження у варіанті $СГ_{2-3}$ належить до категорії густих, його формують, крім дуба звичайного, ще чотири супутніх породи (табл. 1). На території решти досліджуваних гігротопів деревостани є дуже густими. Так, на верхній частині схилу ($СГ_{0-1}$) густота деревостану в 1,6 більша, ніж у тальвегу. До складу деревостану тут входять п'ять супутніх порід. Найбільші ж величини густоти і кількості супутніх порід спостерігаються на середній частині схилу ($СГ_{1-2}$). Густота деревостану в цьому дослідному варіанті більша у 3,2 рази порівняно з насадженням тальвегу (і майже в 2 рази – відносно деревостану верхньої частини схилу) та складається з шести супутніх порід.

1. Лісівнича характеристика насаджень

ТЛУ	Формула складу деревостану	Густота, шт./га	Запас, $м^3$/га
$СГ_{2-3}$	1Дз5Клп3Вгр1Лс, од. Грзв	639	163,33
$СГ_{1-2}$	2Дз3Клп2Вгр1Лс1Клт1Ясзв, од. Грзв	2033	332,17
$СГ_{0-1}$	1Дз5Клп2Ясзв1Вгр1Клт, од. Грзв	1033	105,72

У таблиці 2 наведено розподіл за висотою дерев *Q. robur*, що зростають за різних лісорослинних умов. У вологуватому ТЛУ ($СГ_{2-3}$) найбільша кількість дерев має висоту в межах 14,1–16 м – 45,45 %. У свіжуватих та сухуватих лісорослинних умовах найбільшою кількістю екземплярів представлений клас висот 10,1–12 м – 61,82 % та 63, 64 %, відповідно. Максимальна висота дерев у всіх досліджених варіантах

вологозабезпечення спостерігається в межах класу 14,1–16 м. Дерева з найменшою висотою (до 4 м) виявлені тільки на дослідних ділянках зі свіжуватим ТЛУ. Це молоді дерева, які з'явилися в результаті насіннєвого поновлення. Як у вологуватих, так і у сухуватих типах лісорослинних умов найменша висота рослин виявлена в межах 8,1–10 м.

Аналіз розподілу дерев за класами діаметра стовбура показав, що за вологуватих лісорослинних умов їх максимальна кількість припадає на клас 64,1–68 см, тоді як у свіжуватих – 16,1–20 см, а у сухуватих – 44,1–48 см (табл. 3).

2. Розподіл дерев *Q. robur* за класами висот, м

ТЛУ*	Розподіл за висотою, м							Кількість	
	до 4	4,1–6	6,1–8	8,1–10	10,1–12	12,1–14	14,1–16	шт.	%**
$СГ_{2-3}$	–	–	–	1	3	2	5	11	9,56
				9,09	27,27	18,18	45,45		
$СГ_{1-2}$	2	2	3	1	34	10	3	55	15,03
	3,64	3,64	5,45	1,82	61,82	18,18	5,45		
$СГ_{0-1}$	–	–	–	2	7	1	1	11	5,91
				18,18	63,64	9,09	9,09		

Примітка. * тип лісорослинних умов; **– від загальної кількості дерев на дослідних ділянках за даного ТЛУ

У вологуватому і сухуватому варіантах ТЛУ відзначено всього лише по одному екземпляру *Q. robur*, що належать до класу 80,1–84 см. За свіжуватих умов одне дерево з максимальним діаметром входить до класу 84,1–88 см.

3. Розподіл дерев *Q. robur* за ступенями товщини стовбура, см

ТЛУ	Розподіл за діаметром стовбура, см										
	<12	12,1–16	16,1–20	20,1–24	24,1–28	28,1–32	32,1–36	36,1–40	40,1–44	44,1–48	48,1–52
$СГ_{2-3}$									1		2
									9,09		18,18
$СГ_{1-2}$	1	5	10	4	7	2	5	3	3	2	1
	1,82	9,09	18,18	7,27	12,73	3,64	9,09	5,45	5,45	3,64	1,82
$СГ_{0-1}$				1		2	1			4	1
				9,09		18,18	9,09			36,36	9,09

Продовження 3

ТЛУ	Розподіл за діаметром стовбура, см									Всього	
	52,1–56	56,1–60	60,1 – 64	64,1 – 68	68,1 – 72	72,1 – 76	76,1 – 80	80,1 – 84	84,1 – 88	шт.	%*
$СГ_{2-3}$		1	1	3	2			1		11	13,09
		9,09	9,09	27,27	18,18			9,09			
$СГ_{1-2}$	3	1	2		1	1	3		1	55	15,03
	5,45	1,82	3,64		1,82	1,82	5,45		1,82		
$СГ_{0-1}$					1			1		11	5,91
					9,09			9,09			

Примітки. Чисельник – кількість дерев *Q. robur*, знаменник – відсоток від загальної кількості *Q. robur* за даних ТЛУ; * – відсоток від загальної кількості дерев усіх порід за даних ТЛУ

Середня висота *Q. robur* тальвегу на 12,1 % більша за висоту дерев верхньої частини схилу та на 18,1 % – середньої. Середній діаметр дерев *Q. robur* у гігромезофільних умовах ($СГ_{2-3}$) є найбільшим порівняно з рослинами інших ділянок – 61,5 см (табл. 4). За свіжуватих лісорослинних умов він менший на 41,1 %, а за сухих – на 24,6 % порівняно з діаметром рослин з ділянок $СГ_{2-3.}$

4. Таксаційні характеристики насадження *Q. robur* за різних лісорослинних умов

ТЛУ	$H_{сер.}$, м	$D_{сер.}$, см	$G_{сер.}$, $м^2$	М, $м^3$/га
$СГ_{2-3}$	13,3	61,5	0,3055	118,89
$СГ_{1-2}$	10,9	36,2	0,1294	41,71
$СГ_{0-1}$	11,7	46,4	0,1915	69,78

Аналогічна закономірність відзначається і для середніх значень таких таксаційних показників, як площа поперечного перерізу та запас насадження (табл. 4). Так, за свіжуватих умов середня площа поперечного перерізу стовбура менша за цей показник рослин за вологуватого ТЛУ – на 37,3 %. Істотно виражена відмінність спостерігається між величинами запасу насаджень, які зростають за різних лісорослинних умов. Цей показник у вологуватих умовах у 2,9 рази більший, ніж у свіжуватих. Перевищення запасу дубового насадження у вологуватому ТЛУ ($СГ_{2-3}$) порівняно зі сухуватим ($СГ_{0-1}$) становить 1,7 рази.

Кількість дубів у гігромезофільних ($СГ_{2-3}$) і ксерофільних ($СГ_{0-1}$) умовах є однаковою і складає 61 шт./га, а за ксеромезофільних ($СГ_{1-2}$) – 305 шт./га.

Як видно з таблиці 5, у вологуватих ($СГ_{2-3}$) і сухуватих ($СГ_{0-1}$) гігротопах превалюють здорові дерева (відповідно 63,6 і 45,5 %,). За ксеромезофільних умов кількісно переважають ослаблені дерева (52,7 %). На території цієї ділянки є 5 екземплярів сухостою, що становить 9,09 %.

5. Шкала категорій життєвого стану *Q. robur*

ТЛУ	Категорії стану дерев					Всього
	1 здорові	2 ослаблені	3 сильно ослаблені	4 відмираючі	5 сухостій	
$СГ_{2-3}$	7	3	1			11
	63,64	27,27	9,09			
$СГ_{1-2}$	19	29	2		5	55
	34,55	52,73	3,64		9,09	
$СГ_{0-1}$	5	4	2			11
	45,45	36,36	18,18			

Примітки. * – відсоток від загальної кількості дерев усіх порід за даних ТЛУ

Оцінка віталітетного стану дубового насадження у дослідженому приярку дозволила констатувати його ослаблення у верхній і середній частинах схилу. Деревостан тальвегу є здоровим. При цьому величина індексу життєвого стану (Ln) за гігромезофільних умов ($СГ_{2-3}$) становить 86,4, ксеромезофільних ($СГ_{1-2}$) – 72,9, а за ксерофільних ($СГ_{0-1}$) – 78,2. Отже, серед досліджуваних лісорослинних умов найсприятливішими для формування здорових дубових деревостанів є гігромезофільні.

Суттєву практичну цінність являє виявлення патологічних ознак стовбура дерев *Q. robur*, оскільки вони впливають не тільки на естетичне сприйняття насадження, але й можуть істотно скорочувати тривалість життя фаутних екземплярів.

За умов надмірного зволоження зустрічається ширший спектр патологічних ознак: відшарування кори, засохлі морозобійні тріщини, капові нарости та дупло на стовбурі, багатостовбурність (2 стовбури), товсті скелетні гілки (табл. 6, рис. 1) та викривлення стовбура (рис. 2). За ксеромезофільних умов виявлені одиничні дерева з викривленням стовбура і його нахилом. За умов дефіциту вологи ($СГ_{0-1}$) відзначаються багатостовбурні дерева (3 стовбури), дерева з дуплами і суховерхі екземпляри. Слід зазначити, що у одного і того самого екземпляра можуть одночасно спостерігатися декілька ознак патології.

6. Патологічні ознаки *Q. robur* на дослідних ділянках

Патологічні ознаки		Кількість патологічних ознак за різних ТЛУ		
назва	критерії	$СГ_{2-3}$	$СГ_{1-2}$	$СГ_{0-1}$
Засохлі скелетні гілки	<1/4 1/4–1/3 1/2 і >	1/9,1 – –	1/1,8 – –	– 1/9,1 –
Суховерхість	1/4 1/3 1/2 і >	– – –	– – –	– – 2/18,2
Ошмиги, обдири, сухобочини	1/4–1/3 d стовбура 1/3–1/2 d стовбура > 1/2 d стовбура	1/9,1 – –	– – –	– – –
Морозобійні тріщини	засохлі з гниллю	2/18,2 –	– –	– –
Капові наросли	1/4 1/3 1/2 і >	– 1/9,1 –	– – –	– – –
Дупло в стовбурі	d > 10 см	1/9,1		1/9,1
Багатостовбурність	до 25 см від землі 25–50 см 50–75 см 75–100 см	– – 1/9,1 –	– – – –	– – 1/9,1 –
Патології форми стовбура	зрощення стовбура товсті скелетні гілки нахил стовбура викривлення стовбура несиметричність стовбура	– 2/18,2 – 1/9,1 –	– – 2/3,6 1/1,8 –	– – – – –

Примітка. Чисельник – кількість рослин з патологією, знаменник – відсоток від загальної кількості дерев *Q. robur* за даного ТЛУ

Рис. 1. Двостовбуровість *Q. robur* за вологуватих умов ($СГ_{2-3}$)

А

Б

Рис. 2. Викривлення стовбура *Q. robur* на вологуватих ($СГ_{2-3}$) (А) та свіжуватих ($СГ_{1-2}$) (Б) умовах

Багатостовбурні дерева, за свідченням В. В. Царалунга зі співавт. (2016), частіше за інші схильні до ураження стовбуровими гнилими та можуть обламуватися за дії метеорологічних чинників. Зрідження та суховершинність крони *Q. robur* є передвісниками їх всихання, на що наголошує автор дослідження санітарно-фітопатологічного стану вікової діброви дендропарку «Олександрія». Але разом з тим, дерева навіть зі стовбуровими гнилями і дуплами можуть жити ще десятки років (Драган, 2015).

У обстежених нами дерев *Q. robur* були відсутні такі ознаки фаутності як пухлини, плодові тіла грибів, комлеві дупла, незарослі сучки, а також патології форми стовбура (зрощення та асиметрія).

У тальвегу формуються сприятливі умови зволоження і присутні змиті зі схилу балки ґрунти. Дерева *Q. robur* за гігромезофільних умов є найвищими та мають найбільший середній діаметр серед рослин проаналізованих ТЛУ. Отже, як видно з отриманих нами результатів, найкращі таксаційні показники дуба звичайного виявлені у тальвегу, де умови забезпечення вологою оптимальні. Подібні результати отримав В. М. Малюга (2012), який вказує, що для дібров у Лісостеповій зоні оптимальними вважаються свіжі та вологі гігротопи, що складаються, зокрема, на дні балок. Ділянки верхніх частин схилів є менш сприятливими для їх росту щодо лісорослинних умов.

За результатами дослідження встановлено, що найгірші середні таксаційні показники рослин та дещо знижений їх життєвий стан мають місце на дослідній ділянці $СГ_{1-2}$, тобто в середній частині схилу. Хоча рівень зволоження тут значно вищий, ніж на верхній частині схилу, де характеристики деревостану кращі

порівняно з ксеромезофільними ($СГ_{1-2}$) умовами.

У верхній частині схилу північно-східної експозиції спостерігається дефіцит зволоження, що сильно впливає на перебіг фізіологічних процесів. В той же час у середній частині схилу ($СГ_{1-2}$) теоретично формуються більш сприятливі умови зволоження і всі таксаційні показники деревостану *Q. robur* мали б займати проміжне положення у ранжувальному ряду, чого фактично ми не спостерігаємо. Це можна пояснити найбільшою густотою деревостану супутніх порід і підліску порівняно з іншими досліджуваними варіантами, де середня відстань між деревами, згідно з нашими розрахунками, становить близько 2,8 м. В дуже густих деревостанах цей показник складає менше 3,5 м (Свириденко та ін., 2004), що суттєво обмежує площу живлення кожної рослини. Як підкреслюють Н. О. Самойлова, Л. В. Димчук (2003), зріджування деревостану збільшує середню площу живлення, середню площу проекції і середній діаметр крон, що веде до покращення мікрокліматичних умов зростання (освітлення, температурний режим повітря і верхнього шару ґрунту) та вологозабезпеченості дерев у зв'язку з більшою доступністю цих ресурсів. У свою чергу, збільшення площ живлення дерев сприяє інтенсифікації приросту дерев за об'ємом.

Отже, густота дубового деревостану у гігромезофільних і ксеромезофільних умовах становить 61 шт./га, а за ксеромезофільних – 305 шт./га. В цілому насадження тальвегу (з урахуванням супутніх порід) є густим (639 шт./га), а в решті досліджуваних гігротопів – дуже густими ($СГ_{0-1}$ – 1033, $СГ_{2-3}$ – 2033 шт./га). Густота насадження визначає розмір площі живлення особин і суттєво впливає на таксаційні показники дерев. В дуже густому деревостані, що сформувався за мезоксерофільних умов середньої частини схилу спостерігаються менші середні величини основних таксаційних показників *Q. robur*, включаючи запас.

Висновки і перспективи.

Досліджувані дубові деревостани відрізняються за складом супутніх порід.

Найвищі дерева *Q. robur* у всіх лісорослинних умовах належать до класу висот 14,1–16 м. За гігромезофільних умов до нього входить і максимальна кількість рослин (45,5 %), в той час як за ксеромезофільних і ксерофільних – до класу 10,1–12 м (61,8 і 63,6 %, відповідно). Екземпляри заввишки до 4 м зустрічаються тільки у ТЛУ $СГ_{1-2}$.

За вологуватих умов зростання найбільша кількість рослин *Q. robur* має ступінь товщини стовбура 64,1–68 см, за свіжуватих – 16,1–20, за сухуватих – 44,1–48 см.

Аналіз величини середніх таксаційних показників (висота, діаметр, площа поперечного перерізу, запас) деревостану *Q. robur* за різних лісорослинних умов дозволив побудувати такий ранжувальний ряд: $СГ_{2-3} > СГ_{0-1} > СГ_{1-2}$. Незважаючи на більший рівень зволоження, гірші таксаційні показники спостерігаються на ділянці $СГ_{1-2}$, що пояснюється високою густотою супутніх порід і підліску.

Індекс життєвого стану дубового насадження за гігромезофільних умов ($СГ_{2-3}$) становить 86,4, за ксеромезофільних ($СГ_{1-2}$) – 72,9, за ксерофільних ($СГ_{0-1}$) – 78,2. Найширший спектр патологій стовбура і крони відзначається в умовах тальвегу (8 типів). На території гігротопу $СГ_{0-1}$ виявлено 4 типи, а $СГ_{1-2}$ – 3 типи проявів фаутності.

На таксаційні показники і життєвий стан *Q. robur* впливають не тільки рівень зволоження, а й густота деревостану.

Перспективним є вивчення лісівничо-таксаційних характеристик *Q. robur* в усіх місцях природного зростання цієї породи в урочищі Яцево.

Список використаних джерел

1. Kelly, P. M., Munro, M. A. R., Hughes, M. K., & Goodness, C. M. (1989). Climate and signature years in west European oaks. *Nature*, 340(6228), 57–60. DOI 10.1038/340057a0

2. Алексеев А.В. Особенности описания древостоев в условиях атмосферного загрязнения. *Взаимодействие лесных экосистем и атмосферных загрязнений*. 1982. С. 97–115.

3. Бельгард А. Л. Степное лесоведение. Москва: Лесная промышленность, 1971. 321 с.

4. Василевський О. Г., Єлісавенко Ю. А., Нейко В. С., Монарх В. В. Сучасний стан природних дубових лісостанів ДП «Вінницьке ЛГ». *Сільське господарство та лісництво*. 2017. № 7, т. 1. С. 129–139.

5. Василевський О. Г., Нейко І. С., Єлісавенко Ю. А., Матусяк М. В. Характеристика структури та лісовідновних процесів природних лісостанів дуба ДП «Крижопільське ЛГ». *Збірник наукових праць ВНАУ*. Вінниця : ВНАУ, 2018. № 10. С. 19–29.

6. Гузь М. М., Озарків І. М., Кульчицький–Жигайло І. Є., Озарків О. І., Данчівська О. Я. Особливості будови кореневої системи дуба звичайного та закономірності перенесення вологи у дереві. *Науковий вісник НЛТУ України*, 2009. Вип. 19.4. С. 7–16.

7. Драган Н. В. Патологічні ознаки і життєздатність дуба у віковій діброві дендропарку «Олександрія» НАН України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. Серія «Лісівництво і декоративне садівництво». 2015. Вип. 229. С. 243–250

8. Єлісавенко Ю. А., Нейко І. С., Василевський О. Г., Прищепа А. М. Стан природних дубових лісів ДП «Могилів-Подільське ЛГ». 2022. *Вісник НУВГП*. Вип 4(100). С. 78–90. DOI 10.31713/vs420226

9. Копій Л. І., Фізик І. В., Баран С., Лавний В. В., Копій С. Л., Преснер Р. Б., Агій В. О. Природне насінне відтворення дубових насаджень як елемент наближеного до природи лісівництва. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2017. Т. 27, № 9. С. 9–13. DOI 10.15421/40270901.

10. Лакида П. І., Білоус А. М., Василишин Р. Д., Терентьєв А. Ю., Атаманчук Р. В. Хід росту чистих модальних деревостанів м'яколистяних порід Полісся України. *Наукові доповіді*

Яковлєва-Носарь С. О., Бессонова В. П.
НУБіП. 2011. 7(23). http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/Nd/2011_7/11lpisup.pdf

11. Манюк В. В., Манюк Вад. В. Природно-заповідний фонд Дніпропетровщини. Дніпро, 2010. 116 с.

12. Малюга В. М. Особливості росту насаджень дуба звичайного на еродованих яружно-балкових землях. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. Сер.: Лісівництво та декоративне садівництво. 2012. Вип. 171(3). С. 54–62.

13. Самойлова Н. О., Димчук Л. В. Площі живлення і різний ступінь зріджування деревостану. *Науковий вісник НЛТУ України.* 2003. Вип. 13.4. С. 50–53.

14. Свириденко В. Є., Бабіч О. Г., Киричок Л. С. Лісівництво. Київ : Арістей, 2004. 544 с.

15. Soloviy, I. (2016). Evaluation of forest ecosystem services provided by forests of Ukraine and proposals on PES mechanisms. Retrieved from: https://sfmu.org.ua/files/Soloviy_2016 b.pdf

16. Ткач В. П., Головач Р. В. Сучасний стан природних лісостанів дуба звичайного Лівобережного Лісостепу України. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2009. Вип. 116. С. 79–84.

17. Ткач В. П., Кобець О.В., Румянцев М. Г. Використання лісорослинного потенціалу лісами України. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2018. Вип. 132. С. 3–12.

18. Ткач В. П., Кобець О.В., Румянцев М. Г. Стан та продуктивність дубових насаджень степової частини України. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2019. Вип. 134. С. 13–23. DOI 10.33220/1026-3365.134.2019.13

19. Ткаченко М. Е. Общее лесоводство: учеб. пособ. Москва: Гослесбумиздат, 1952. 600 с.

20. Туркевич И. В., Медведев Л. А., Мокшанина И. М. Лебедев В. Е. Методические указания по определению потенциальной производительности лесных земель и степени эффективного их использования. Харьков, 1973. 72 с.

21. Царалунга В.В. Царалунга А. В., Фурменкова Е.С. Специфика диагностики состояния дерева дуба на основе визуальной оценки внешних признаков патологии. *Лесотехнический журнал*. 2016. № 4. С. 120–126.

22. Yakovlieva-Nosar S., Bessonova V. State of coenopopulations of *Qurcus robur* L. growing in ravines located in the Dnieper river's rapids section (recreation zone of the city of Zaporizhzhya), Ukraine. *Forestry ideas.* 2021. Vol. 27, № 1 (61). P. 256-270.

References

1. Alekseev A.V. (1982) Peculiarities of the description of forest stands under conditions of atmospheric pollution. Interaction of forest ecosystems and atmospheric pollution. 97–115.

2. Belgard, A. L. (1971) Steppe Forestry. Forestry Industry, Moscow, 321.

3. Kelly, P. M., Munro, M. A. R., Hughes, M. K., & Goodness, C. M. (1989) Climate and signature years in west European oaks. *Nature*, 340(6228), 57–60. DOI 10.1038/340057a0

4. Vasilevsky O. G., Yelisavenko Yu. A., Neyko V. S., Monarch V. V. (2017) Modern state of natural oak forests of Vinnytsia Forestry. *Agriculture and forestry*, 7(1), 129–139.

5. Vasilevsky O. G., Neyko I. S., Yelisavenko Yu. A., Matusiak M. V. (2018) Characteristics of reforestation processes in native oak forests of State Enterprise "Kryzhopil Forestry". *Zbirnyk naukovykh prats VNAU*, 10, 19–29.

6. Guz M. M., Ozarkiv I. M., Kulchytskyi–Zhyhailo I. Ye., Ozarkiv O. I., Danchivska O. Ya. (2009) Features of structure of the root system of oak ordinary and transference of liquid regularity. *Scientific Bulletin of UNFU*, 19.4, 7–16.

7. Drahan N. V. (2015) Pathological signs and viability of oak in an old-growth oak forest of the Alexandria Arboretum of the National Academy of Sciences of Ukraine. *Scientific Journal of national university of life and environmental sciences of Ukraine*, 229, 243–250.

8. Yelisavenko Yu. A., Neiko I. S., Vasylevskyi O. H., Pryshchepa A. M. (2022) State of natural oak forests of the State Enterprise "Mogyliv-Podilske Forestry". *Bulletin National University of Water and*

Environmental Engineering, 4(100), 78–90. DOI 10.31713/vs420226

9. Kopiy L. I., Fizyk I. V., Baran S., Lavnyy V. V., Kopiy S. L., Presner R. B., Ahij V. O. (2017) Natural seed reproduction of oak plantations as an Element close to the Nature of Forestry. *Scientific Bulletin of UNFU*, 27(9), 9–13. https://doi.org/10.15421/40270901

10. Lakyda P. I., Bilous A. M., Vasylyshyn R. D., Terentyev A. Yu., Atamanchuk R. V. (2011) Growth of pure modal stands of softwood broadleaved species in Ukrainian Polissya. *Scientific Reports of NULES of Ukraine*, 7(23). http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/Nd/2011_7/11lpisup.pdf

11. Maniuk V. V., Maniuk Vad. V. (2010) Nature Reserve Fund of Dnipropetrovs'k Region. Dnipro, 116.

12. Maliuha V. M. (2012) Peculiarities of growth of common oak plantations on eroded ravine and gully lands. *Scientific Journal of national university of life and environmental sciences of Ukraine*, 171(3), 54–62.

13. Samoylova N. A., Dymchuk L. V. (2003). The Areas Of A Feed (Meal) And Different Degree Then Out Stand. *Scientific Bulletin of UNFU*, 13.4, 50–53.

14. Svyrydenko V. Ye., Babich O. H., Kyrychok L. S. (2004) Forestry. Kyiv: Aristei, 544.

15. Soloviy, I. (2016). Evaluation of forest ecosystem services provided by forests of Ukraine and proposals on PES mechanisms. Retrieved from: https://sfmu.org.ua/files/Soloviy_2016 b.pdf.

16. Tkach V. P., Golovach R. V. (2009) Modern condition of natural Oak stands in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Forestry and Forest Melioration*, 116, 79 –84.

17. Tkach V. P., Kobets O. V., Rumiantsev M. G. (2018) Use of Forest site capacity by Forests of Ukraine. *Forestry and Forest Melioration*, 132, 3–12.

18. Tkach V. P., Kobets O. V., Rumiantsev M. G. (2019) Condition and productivity of Oak stands in Ukrainian Steppe. *Forestry and Forest Melioration*, 134, 13–23. DOI 10.33220/1026-3365.134.2019.13

19. Tkachenko M. E. (1952) General forestry. Moskva : Hoslesbumyzdat, 600.

20. Turkevich I. V., Medvedev L. A., Mokshanina I. M. Lebedev V. E. (1973) Methodological guidelines for determining the potential productivity of forest land and the degree of its effective use. Kharkov, 72.

21. Tsaralunga V.V. Tsaralunga A. V., Furmenkova E.S. (2016) Specifics of diagnosis of Oak tree condition based on visual assessment of external signs of pathology. *Forest Engineering Journal*, 4, 120–126.

22. Yakovlieva-Nosar S., Bessonova V. State of coenopopulations of *Qurcus robur* L. growing in ravines located in the Dnieper river's rapids section (recreation zone of the city of Zaporizhzhya), Ukraine. *Forestry ideas.* 2021. Vol. 27, № 1 (61). P. 256-270.

TAXATION INDICATORS AND LIFE STATUS OF *QUERCUS ROBUR* L. UNDER DIFFERENT FOREST GROWTH CONDITIONS OF THE SOUTHERN SPUR OF YATSEVO RAVINE (DNIPROPETROVSK REGION)

S. O. Yakovlieva-Nosar, V. P. Bessonova

Abstract. *Common oak (Quercus robur L.) is one of the main forest-forming and economically most valuable broad-leaved tree species of Ukraine. Nowadays, there is a weakening of the stability of natural oak forests, which is the result of a complex of reasons, in particular the action of two powerful environmental factors – anthropogenic load and global climate changes, which lead to their degradation and mass drying. This is aggravated by the poor natural regeneration of oak trees. In the south of the country, natural oak groves have been preserved in ravine forests, which perform a number of important functions (soil protection, anti-erosion, water regulation, recreation, nature protection, a reserve of valuable vegetation, etc.). In*

connection with the above, forest taxation analysis and regular monitoring of the state of natural oak plantations in the steppe zone of Ukraine are important, in particular under different forest growth conditions, as they significantly affect the productivity indicators of stands.

The aim of the study was to analyse the influence of different forest growth conditions on the taxonomic characteristics and life status of Q. robur in the Yatsevo ravine of the Dnipropetrovsk region. The survey was carried out in the Yatsevo ravine of the Dnipro district of the Dnipropetrovsk region, which is a forest reserve of national importance and belongs to the southern geographical variant of the ravine forests. The subject of the research is the forestry and taxation characteristics and the life status of oak stands of natural origin of the large southern spur of the ravine (the first from its mouth). Experimental Quercus robur L. plants grew under different forest growth conditions: in a thalweg and on a slope with a north-eastern exposure. Test site 1 was in a thalweg with a flat topography (slope no more than 5°). Forest growth conditions CL_{2-3} *(hygromesophilic). Site 2 was located in the middle part of the steep slope (27°). Forest vegetation conditions –* CL_{1-2} *(xeromesophilic). Site 3 with xerophilic (*CL_{0-1}*) conditions was located in the upper part of the slope with a steep slope (23°). The area of each of the test sites was 1,800* m^2.

The studied oak stands differ in the composition of associated species. The tallest Q. robur trees under all forest growth conditions belong to the height class of 14.1–16 m. Under hygromesophilic conditions, it includes the maximum number of plants (45.5 %). Plants under xeromesophilic and xerophilic conditions belong to the height class 10, 1–12 m (61.8 and 63.6 %, respectively). Trees up to 4 m high are found only in the CL_{1-2} *area. Under hygromesophilic growth conditions, the largest number of Q. robur plants has a degree of trunk thickness of 64.1–68 cm, under xeromesophilic – 16.1–20, and under xerophilic – 44.1–48 cm. Analysis of the value of the average taxon indicators (height, diameter, cross-sectional area, stock) of the Q. robur stand under different forest growth conditions allowed us to construct the following ranking series:* $CL_{2-3} > CL_{0-1} > CL_{1-2}$. *The forest stand on the* CL_{1-2} *site has worse tax indicators compared to* CL_{0-1}, *despite the higher level of moisture, which is explained by the high density of associated species and undergrowth.*

The vital condition index of an oak plantation under hygromesophilic conditions (CL_{2-3}*) is 86.4, under xeromesophilic (*CL_{1-2}*) – 72.9, and under xerophilic (*CL_{0-1}*) – 78.2. The widest range of trunk and crown pathologies is observed in thalweg conditions (8 types). On the territory of the* CL_{0-1} *hygrotop, 4 types of defectiveness were found, and on* CL_{1-2} *– 3 types.*

It was established that not only the level of moisture, but also the density of the tree stand affects the tax indicators and life state of Q. robur.

Keywords: *natural oak stands, forest vegetation conditions, height and diameter, cross-sectional area, stock, vital status categories, trunk and crown pathologies*

Сірко З. С., Сторож О. В., Охріменко С. М., Торчилевський Д. П., Стариш Є. А., Шевчук Л. М., Цірень Н. Л., Heinrich Nickel

УДК 648.4.05

СТРУКТУРА ТА ВЛАСТИВОСТІ СТАЛІ МАРКИ 7ХНМФБ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕРЕВОРІЗАЛЬНИХ ПИЛ

З. С. СІРКО, кандидат технічних наук
О. В. СТОРОЖ, кандидат сільськогосподарських наук
С. М. ОХРІМЕНКО, Д. П. ТОРЧИЛЕВСЬКИЙ, Є. А. СТАРИШ, Л. М. ШЕВЧУК, Н. Л. ЦІРЕНЬ
Український державний науково-дослідний інститут «Ресурс»
E-mail: z.sirko@ukr.net
Heinrich Nickel
Altendorf Gmbh &Co KG Maschinenbau

https://doi.org/10.31548/dopovidi4(104).2023.013

Анотація. *У статті висвітлені питання, пов'язані із розробленням нової вітчизняної інструментальної легованої сталі марки 7ХНМФБ для виготовлення дереворізальних пил. Зазначено, що названі пили раніше виготовляли із інструментальних легованих сталей марок 9ХФ та 9ХФМ, які виплавлялись у російській федерації та із них виготовляли дереворізальні пили. Із набуттям незалежності ці пили стали дефіцитними і виникло питання розроблення вітчизняної інструментальної легованої сталі для виготовлення названих пил. За основу були взяті відомі леговані інструментальні сталі та до їхнього хімічного складу додатково були введені такі елементи як ніобій, кальцій, алюміній та рідкоземельні елементи. Отримали нову вітчизняну леговану інструментальну сталь марки 7ХНМФБ, яка у порівнянні із відомими сталями має ряд суттєвих переваг. До них можна віднести значне зниження вмісту шкідливих домішок сірки та фосфору, що досягається як технологією виплавлення та введенням у склад сталі додаткових елементів. Введення алюмінію приводить до зміни і якості і форми розподілу неметалічних включень, що підвищує пластичні характеристики та збільшує опір в'язкості руйнування. Сталь нової марки відрізняється більш високим значенням ударної в'язкості (особливо за від'ємних температур), опором виникнення та розповсюдження тріщин.*

Ключові слова: *інструментальна легована сталь, хімічний склад, структура, властивості, експлуатація*

Постановка проблеми. Основна маса дереворізальних інструментів виготовляється із інструментальних легованих сталей. Зазначені сталі мають покращену різальну здатність унаслідок наявності у їхньому складі таких легувальних елементів як молібден, ванадій, хром, вольфрам, кремній, титан, мідь, кобальт, ніобій, цирконій і т. і. [1-3]. Незважаючи на приведену велику кількість легувальних елементів для дереворізального інструменту найчастіше застосовують марганець,

хром, ванадій, вольфрам, молібден, нікель та титан. В розплавлену сталь із шихти або пічних газів потрапляють також такі елементи як сірка та фосфор, які вважаються шкідливими домішками. В залежності від вмісту всіх легувальних елементів сталі поділяються на низьколеговані (вміст елементів не більше 2,5 %), середньо леговані (вміст елементів в інтервалі від 2,5 до 10,0 %) та високолеговані (вміст елементів більше 10 %). Всі вони знайшли застосування у виготовленні дереворізальних інструментів. Це такі сталі як 9ХФ, 9ХФМ, 6ХС, 9ХС, Х6ВФ, 9Х5ВФ, 8Х6НФТ, 6Х6В3СМФ, 8Х4В4ФІ та інші [4, 5]. Основна кількість дереворізальних інструментів із даних сталей виготовлялась у російській федерації, що спонукало певний дефіцит в Україні. Постала проблема розробити свою вітчизняну інструментальну леговану сталь для таких основних видів інструменту, як рамні пилки, стрічкові пилки та круглі пилки. У співдружності з Українським науково-дослідним інститутом «Спецсталь» (м. Запоріжжя) була розроблена сталь для зазначених видів інструментів марки 7ХНМФБ.

Мета дослідження – визначити структуру та властивості сталі марки 7ХНМФБ.

Методика досліджень. Для порівнянь взяли дві марки легованих сталей 9ХФ і 9ХФМ, які широко застосовуються для виготовлення дереворізальних пил. Хімічний склад сталей визначали за допомогою рентгенофлуоресцентного спектрометра XRF в інституті електрозварювання ім. Є. Патона НАН України. Рентгенофлуоресцентний аналіз – це один з не багатьох неруйнівних методів. Розмір зразків сталі 25х25 мм або круг діаметром 25 мм.

Результати досліджень. Під час розроблення сталі марки 7ХНМФБ вона була легована наступними елементами в %: вуглець – 0,78; марганець – 0,45; хром – 1,0; ванадій – 0,2; молібден – 0,25; нікель – 1,1; ніобій – 0,2. Вуглець сприяє термічному зміцненню, за рахунок чого тимчасовий опір та твердість значно підвищуються. Введення нікелю від 1 до 5 % знижує холодноломкість сталі та збільшує температурний запас в'язкості. Марганець за своїм впливом подібний до нікелю, але значно дешевший. Хром позитивно діє на механічні характеристики уже в кількості 2 % від загального обсягу. Ванадій збільшує твердість сталі, її пластичність та покращує гартування. Молібден підвищує теплостійкість сталі, але він досить дорогий. Ніобій вводять для зниження відпускної крихкості сталі.

Після виплавлення сталі марки 7ХНМФБ на металургійному комбінаті ПАТ «Запоріжсталь» був

визначений її хімічний склад та з метою порівняння такі дослідження провели для сталей марок 9ХФ та 9ХФМ. Результати дослідження хімічного складу сталей наведені у таблиці.

Результати дослідження хімічного складу сталей 7ХНМФБ, 9ХФ, 9ХФМ

Назва елементів	Масова доля елементів, % в сталях марок		
	9ХФ	9ХФМ	7ХНМФБ
Вуглець	0,80 – 0,90	0,80 – 0,90	0,68 – 0,78
Кремній	0,15 – 0,35	0,15 – 0,35	0,15 – 0,35
Марганець	0,30 – 0,60	0,30 – 0,60	0,25 – 0,50
Хром	0,40 – 0,70	0,40 – 0,70	0,30 – 0,60
Молібден	—	0,15 – 0,30	0,10 – 0,20
Ванадій	0,15 – 0,30	0,15 – 0,30	0,15 – 0,30
Нікель	—	—	0,20 – 0,40
Сірка, не більше	0,03	0,03	0,01
Фосфор, не більше	0,03	0,03	0,015
Інші елементи			Ніобій 0,15 – 0,30

У сталь 7ХНМФБ вводили також кальцій із розрахунку 0,01 % маси сплаву та алюміній – 0,05 % маси сплаву.

Відмінною особливістю нового складу сталі є значне зниження вмісту шкідливих домішок сірки та фосфору, що досягається як технологією виплавлення так і введенням кальцію та рідкоземельних елементів. Введення також алюмінію приводить до зміни і якості і форми розподілу неметалічних включень, що приводить до підвищення пластичних характеристик та збільшення опору в'язкості руйнування.

Суттєвим в особливості хімічного складу нової марки сталі є зниження вмісту вуглецю, а також введення нікелю та ніобію. Сталь нової марки відрізняється більш високим значенням ударної в'язкості (особливо за від'ємних температур), опором виникнення та розповсюдження тріщин. Сталь 7ХНМФБ перевершує також показники сталей 9ХФ і 9ХФМ за в'язкістю руйнування та довговічністю під час циклічного вигину з обертанням. Вибір схеми легування забезпечує в сталі нової марки за однакової твердості практично однакові межу міцності та плинності зі сталями 9ХФ і 9ХФМ.

Висновки.

1. Розроблена в Україні нова інструментальна легована сталь для виготовлення дереворізальних пил.

2. Суттєвим в особливості хімічного складу нової марки сталі є зниження вмісту вуглецю, а також введення нікелю та ніобію.

3. Сталь марки 7ХНМФБ відрізняється більш високими

значеннями ударної в'язкості та опором виникнення та розповсюдження тріщин, перевершує показники сталей 9ХФ і 9ХФМ за в'язкістю руйнування та довговічністю під час циклічного вигину.

Список використаних джерел

1. Кірик М.Д. Механічне оброблення деревини та деревних матеріалів. Львів: ТзОВ «Кольорове небо», 2006. 412 с.

2. Кірик М.Д. Інструмент для обробляння деревини та деревних матеріалів. Коломия: ВМЦ Коломийського механіко-технологічного коледжу, 1999. 190 с.

3. Сірко З.С. Стрічкопилкові верстати та лінії на їх основі: Монографія. Київ: «Освіта України», 2012. 232 с.

4. Сірко З.С. Експлуатація лісопиляльних рам: Монографія. Київ: «Центр учбової літератури», 2017. 208 с.

5. Білецький М.О., Сірко З.С., Пінчевська О.О., Головач В.М., Марченко Н.В., Буйських Н.В. Ресурсозберігаюча технологія розпилювання низько товарної деревини круглопилковими верстатами. Київ: «Центр учбової літератури», 2016. 144 с.

References

1. Kiryk M.D. (2006). Mekhanichne obroblenya derevyny ta derevnych materialiv. Lviv: TzOV «Kolorove nebo», 412 s.

2. Kiryk M.D. (1999). Instrument dlya obroblenya derevyny ta derevnych materialiv. Kolomyya: VMTS Kolomyiskogo mekhaniko-tekhnologichnogo koledzhu, 190 s.

3. Sirko Z.S. (2012). Strichkopylkovi verstaty ta linii na ikh osnovi: Monografiya. Kyiv: «Osvita Ukrainy», 232 s.

4. Sirko Z.S. (2017). Ekspluatatsiya lisopylyalnykh ram: Monografiya. Kyiv: «Tsentr uchbovoi literatury», 208 s.

5. Biletskyi M.O., Sirko Z.S., Pinchevska O.O., Golovach V.M., Marchenko N.V., Buyskikh N.V. (2016). Resursozberigaiucha tekhnologiya rozpyliuvanya nyzko tovarnoii dereviny kruglopylkovymy verstatamy. Kyiv: «Tsentr uchbovoi literatury», 144 s.

STRUCTURE AND PROPERTIES OF STEEL GRADE 7ХНМФБ FOR MANUFACTURING WOOD CUTTING SAWS

Z. Sirko, O. Storozh, S. Okhrimenko, D. Torchilevsky, E. Starish, L. Shevchuk, N. Tsiren

Abstract*. The article covers issues related to the development of a new domestic tool alloy steel of the 7ХНМФБ brand for the manufacture of wood-cutting saws. It is noted that the aforementioned saws were previously made from alloyed tool steels of the 9ХФ and 9ХФМ grades, which were smelted in the russian federation, and wood-cutting saws were also made from them in the russian federation. With the acquisition of independence, these saws became scarce, and the question arose of developing domestic tool alloy steel for the manufacture of these saws. The purpose of the research is to determine the structure and properties of steel grade 7ХНМФБ. Well-known alloyed tool steels were taken as a basis and such elements as niobium, calcium, aluminum and rare earth elements were added to their chemical composition. We received a new domestic alloyed tool steel of the 7ХНМФБ brand, which, in comparison with known steels, has a number of significant advantages. These include*

a significant reduction in the content of harmful sulfur and phosphorus impurities, which is achieved both by smelting technology and by introducing additional elements into the steel composition. The introduction of aluminum leads to a change in the quality and shape of the distribution of non-metallic inclusions, which increases the plastic characteristics and increases the resistance to fracture viscosity. The steel of the new brand is distinguished by a higher value of impact strength (especially at negative temperatures), resistance to the occurrence and propagation of cracks. Steel 7ХНМФБ also surpasses the indicators of steels 9ХФ and 9ХФМ in terms of fracture toughness and durability during cyclic bending with rotation. The choice of the alloying scheme ensures that the new brand of steel, with the same hardness, has almost the same strength and yield strength as 9ХФ and 9ХФМ steels.

Keywords: *tool alloy steel, chemical composition, structure, properties, operation*