

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**ФОРМУВАННЯ НОВОЇ ПАРАДИГМИ
РОЗВИТКУ АГРОПРОМИСЛОВОГО
СЕКТОРУ В ХХІ СТОЛІТТІ**

Колективна монографія

Частина 2



Львів-Торунь
Ліга-Прес
2021

УДК 338.436.33"20"
Ф79

Рецензенти:

Аверчев Олександр Володимирович, доктор сільськогосподарських наук, професор, професор кафедри землеробства, проректор з наукової роботи та міжнародної діяльності Херсонського державного аграрно-економічного університету (відповідальний за випуск);

Танклевська Наталія Станіславівна, доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри економіки та фінансів Херсонського державного аграрно-економічного університету;

Пічура Віталій Іванович, доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри екології та сталого розвитку імені професора Ю. В. Пилипенка Херсонського державного аграрно-економічного університету

*Рекомендовано до друку Вченою радою
Херсонського державного аграрно-економічного університету
(протокол 3 від 03.11.2021 р.)*

Формування нової парадигми розвитку агропромислового сектору в XXI столітті : колективна монографія : у 2 ч. Ч. 2 / відп. за випуск О. В. Аверчев. – Львів-Торунь : Ліга-Прес, 2021. – 424 с.

ISBN 978-966-397-240-4

УДК 338.436.33"20"

ISBN 978-966-397-240-4 © Херсонський державний аграрно-економічний університет, 2021

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 4. СЕЛЕКЦІЯ І ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

Аверчева Н. О.

Перспективи розвитку інтеграційних процесів
у сфері переробки сільськогосподарської продукції..... 343

Козир В. С., Денисюк О. В.

Еволюційні селекційно-генетичні особливості сірої
української породи великої рогатої худоби..... 374

Крамаренко О. С., Крамаренко С. С.

Асоціація між гетерозиготністю за мікросателітами ДНК
та продуктивністю сільськогосподарських тварин..... 404

Крамаренко С. С., Ващенко П. А., Цибенко В. Г., Крамаренко О. С.

Аналіз впливу генетичних та не-генетичних факторів
на живу масу поросят при народженні та відлученні..... 433

Попова О. П., Кулик М. І.

Біологічні особливості й врожайність біомаси
сорго цукрового залежно від сортименту
та елементів технології вирощування..... 461

РОЗДІЛ 5. ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ВІДТВОРЕННЯ ВОДНИХ БІОРЕСУРСІВ

Гриневич Н. Є., Димань Т. М., Мазур Т. Г., Слюсаренко А. О.,

Кухтин М. Д., Світельський М. М.

Дослідження впливу різних типів наповнювачів
реактора біофільтра на процес формування нітрифікуючої
мікрофлори в установках замкнутого водопостачання
в індустріальних аквафермах 478

Грициняк І. І., Маріуца А. Е., Борисенко Н. О., Тушницька Н. Й.

Застосування молекулярно-генетичних маркерів
у риборицтві..... 509

**РОЗДІЛ 6. ПРОЄКТУВАННЯ, БУДІВНИЦТВО
І УДОСКОНАЛЕННЯ АГРАРНОЇ ТЕХНІКИ ТА ОБЛАДНАННЯ**

Солоха М. О., Винокурова Н. В.

Параметри налаштування лазерного дифрактометра та підготовка проби ґрунту до аналізування при визначенні розміру частинок, які використовуються у світі 538

**РОЗДІЛ 7. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА ЗБАЛАНСОВАНЕ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ
ВИРОБНИЦТВІ**

Вінюков О. О., Бондарева О. Б.

Біологізація технології вирощування зернових як засіб екологізації та підвищення зернової продуктивності 563

Горач О. О., Чурсіна Л. А., Домбровська О. П.

Інноваційні напрями використання насіння льону олійного та екологічна безпека харчової продукції 593

Мороз О. С., Фурман В. М., Люсак А. В., Солодка Т. М.

Екологічна проблема ґрунтів Західного Полісся України та перспективні шляхи її вирішення 620

Шевченко М. С., Десятник Л. М., Шевченко О. М.

Екологічна безпека та збалансоване природокористування в агропромисловому виробництві 646

РОЗДІЛ 8. АГРАРНА ЕКОНОМІКА І ПРОДОВОЛЬСТВО

Аверчев О. В., Нікітенко М. П.

Аналіз виробництва проса в Україні 674

Воленчук Н. А.

Інноваційна діяльність наукових установ аграрної сфери: реалії та напрями активізації 705

Мельник С. І.

Концептуальні засади формування національних сортових рослинних ресурсів: стан, перспективи, економіка 735

РОЗДІЛ 4. СЕЛЕКЦІЯ І ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

DOI <https://doi.org/10.36059/978-966-397-240-4-12>

Аверчева Н. О.

кандидат економічних наук, доцент,
в. о. завідувача кафедри загальноекономічної підготовки
Херсонський державний аграрно-економічний університет
м. Херсон

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ІНТЕГРАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ У СФЕРІ ПЕРЕРОБКИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

Анотація. Досліджено обсяги і товарну структуру експорту та імпорту сільськогосподарської та продовольчої продукції, динаміку реалізації продукції (товарів, послуг) суб'єктів підприємництва у переробній промисловості. Обґрунтовано ключові проблеми забезпечення сировиною та запропоновано систему удосконалення закупівель переробних підприємств. На основі дослідження обсягів переробки за основними видами сільськогосподарської продукції, встановлено значні відмінності у рівні інтеграційних зв'язків переробних підприємств і виробників сільськогосподарської продукції-сировини за галузями рослинництва і тваринництва. Запропоновано модель співпраці сільськогосподарського кооперативу із переробним підприємством з обґрунтуванням організаційних змін, економічних, соціальних та екологічних аспектів. Узагальнено пропозиції щодо формування і ефективного функціонування сфери переробки сільськогосподарської продукції, поглиблення процесів інтеграції та взаємодії з постачальниками сільськогосподарської продукції, залучення програм державної підтримки. Визначені пріоритетні напрями розвитку сфери переробки сільськогосподарської продукції у агропромислових формуваннях.

Вступ

Актуальність теми дослідження обумовлена необхідністю науково-практичного обґрунтування сучасних напрямів розвитку інтеграційних процесів у сфері виробництва і переробки сільськогосподарської продукції з метою підвищення рівня конкурентоспроможності вітчизняних виробників на внутрішньому і зовнішньому ринку, розширення асортименту та підвищення якості готової продукції з високою доданою вартістю.

Метою дослідження є визначення напрямів удосконалення системи переробки і реалізації готової продукції аграрними підприємствами на основі розвитку кооперації та інтеграційних процесів.

Для реалізації поставленої мети, обґрунтовані і виконані наступні завдання:

- розкрито сучасний стан і проблеми ефективного розвитку суб'єктів аграрного сектору економіки в аспекті виробництва продуктів кінцевого споживання;
- обґрунтовано теоретичні та методичні основи ефективності переробної та збутової діяльності аграрних формувань;
- визначено сучасні проблеми та особливості розвитку ринку готової продукції і сфери переробки;
- проведено економічну оцінку структури зовнішньої торгівлі і напрямів його удосконалення;
- визначено напрями удосконалення системи переробки продукції на основі кооперації та посилення інтеграційних зв'язків з виробниками сировини і системи переробки, збуту та доведення до споживача готової продукції, залучення державної підтримки.

Об'єктом дослідження є теоретичні, методичні та практичні аспекти удосконалення економічних відносин у сфері виробництва, переробки та реалізації продукції аграрних формувань.

Предметом дослідження виступають організаційно-економічні відносини суб'єктів аграрного бізнесу, які формуються під час руху продукції від виробника до споживача на різних етапах формування доданої вартості.

Методи дослідження: монографічний – при вивченні та систематизації теоретично-наукових надбань з даної проблематики; аналізу і синтезу – при дослідженні статистичних даних за підприємствами, які займаються переробкою сільськогосподарської продукції; розрахунково-статистичний – під час визначення показників росту, структури, тенденцій розвитку, графічний – для наочного відображення одержаних результатів; порівняльний аналіз – при дослідженні структури експорту та імпорту продукції.

Наукова новизна одержаних в процесі дослідження результатів полягає у комплексному дослідженні діяльності підприємств, розробці напрямів удосконалення системи переробки, заготівлі сільськогосподарської сировини, розширення асортименту і підвищення якості виробленої продукції.

Практичне значення одержаних результатів полягає у впровадженні запропонованих заходів в діяльність аграрних підприємств, їх об'єднань, кооперативів при плануванні виробничих програм, удосконаленні системи переробки і збуту виробленої продукції.

1. Динаміки і товарна структура експорту сільськогосподарської та продовольчої продукції України

Аграрний сектор економіки країни виступає важливою складовою національної економіки, оскільки забезпечує продовольчу безпеку країни та формує потужний експортний потенціал держави.

У стратегії розвитку України до 2030 р. на перше місце поставлені завдання щодо удосконалення структури агросектору. Якщо у 2017 р. із 20 млрд дол. США валового виробництва на сировину припадало 60 %, 25 % – на переробку і 15 % забезпечували інфраструктура і ІТ-технології, то до 2030 р. поставлені чіткі завдання збільшити частку переробки до 40 %, інфраструктури і ІТ – до 35 % за рахунок зменшення сировинної складової до 25 %. Тобто, при реалізації стратегічних завдань у структурі виробництва переважатиме продукція з доданою вартістю (70 %), а не сировина (30 %), виробнича структура набуде логічної будови і адаптується до ринку провідних країн світу.

Ринок повинен забезпечити ефективне формування взаємозв'язків сфери виробництва і споживання на основі збалансування процесів руху продукції на всіх етапах логістичного ланцюга, підвищення рівня конкурентоспроможності продукції на внутрішньому і зовнішньому ринку. Товари аграрного сектора економіки повинні з однієї сторони за якістю відповідати зростаючим запитам споживачів, а з іншої – бути доступними за ціною для категорій населення з різним рівнем доходів. Рівень ціни впливає і на задоволення потреб товаровиробників у підвищенні рівня їх доходності і прибутковості, особливо з точки зору відшкодування витрат виробництва і забезпечення нормального рівня рентабельності для процесів розширеного відтворення.

Ужва А.М. вважає інтеграцію аграрних і переробних підприємств важливою складовою стратегії ефективного розвитку аграрного бізнесу, тому виникає необхідність проведення серйозних структурно-

організаційних змін. Основним напрямом стратегії розвитку аграрного бізнесу на найближчу перспективу повинно стати створення вертикально і горизонтально інтегрованих регіональних виробничих структур на базі найбільш перспективних підприємств з подальшим вибудовуванням повного виробничого циклу і формуванням єдиної збутової мережі. Обов'язковою умовою ефективності функціонування регіонального аграрного бізнесу є формування інтеграційних об'єднань на основі місцевої виробничо-сировинної бази [1].

Дослідження динаміки і товарної структури експорту сільськогосподарської та продовольчої продукції України свідчить, що за групами I-IV товарів згідно з УКТЗЕД (1-24 коди і назви товарів) у 2020 р. надходження становили 22179,3 млн дол. США, що більше як удвічі перевищує показники 2010 р. (табл. 1).

Приріст забезпечили в основному продукти рослинного походження, обсяги експорту яких зросли втричі – від 3976,2 до 11883,2 млн дол. США. Обсяги експорту товарів III групи «Жири та олії тваринного або рослинного походження» зросли у 2,2 рази. При цьому товари IV групи «Готові харчові продукти» за період 2010-2020 рр. за показниками при-росту значно відстають, обсяги їх експорту зросли лише на 30,7%, що підтверджує попередні висновки і свідчить про сировинну експортну орієнтацію сфери сільського господарства і харчової промисловості.

Динаміка імпорту сільськогосподарської та продовольчої продукції забезпечує значно менші темпи приросту у порівнянні з експортними операціями. За десятиліття імпорт зростає від 5763,5 до 6498,4 млн дол. США, або на 12,8%. Товарна структура імпорту сільськогосподарської та продовольчої продукції, значно відрізняється від експорту. У продукції, яка надходить на внутрішній ринок із-за кордону, перевагу мають саме готові харчові продукти, вартість яких зросла на 18,5%, або на 463,9 млн дол. США (табл. 2).

Слід відзначити, що за даними групами товарів (1-24 згідно з УКТЗЕД) країна має позитивний торговельний баланс, експорт у 3,4 рази перевищує імпорт – 22179,3 проти 6498,4 млн дол. США. Деталізація дослідження за окремими групами товарів потребує більш глибокого аналізу і окремого наукового обґрунтування.

Порівняльний аналіз структури експорту свідчить про низькі конкурентні позиції сфери переробки на зовнішньому ринку та відображає значну перевагу сировинної групи – питома вага продуктів рослинного походження (58,3 та 53,6% у 2019 та 2020 рр.) спрямовано на експорт, в той час як готові харчові продукти займають лише 14,5 та 15,1% (табл. 3).

Таблиця 1
Динаміка і товарна структура експорту сільськогосподарської та продовольчої продукції, млн дол. США

Групи товарів згідно з УКТЗЕД	Роки							2020 р. у % до 2010 р.
	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Усього (коди 1–24)	9936,0	14563,1	15281,8	17756,9	18611,8	22144,2	22179,3	223,2
I. Живі тварини; продукти тваринного походження	771,4	823,4	775,0	1108,8	1210,6	1277,0	1188,2	154,0
II. Продукти рослинного походження	3976,2	7971,5	8093,7	9215,7	9886,1	12914,5	11883,2	298,9
III. Жири та олії тваринного або рослинного походження	2617,3	3299,8	3963,0	4605,7	4496,5	4732,2	5746,9	219,6
IV. Готові харчові продукти	2571,1	2468,4	2450,1	2826,7	3018,6	3220,4	3361,0	130,7

Таблиця 2
Динаміка і товарна структура імпорту сільськогосподарської та продовольчої продукції, млн дол. США

Групи товарів згідно з УКТЗЕД	Роки							2019 р. у % до 2010 р.
	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Усього (коди 1–24)	5763,5	3484,4	3891,1	4301,2	5055,5	5736,0	6498,4	112,8
I. Живі тварини; продукти тваринного походження	1242,0	548,2	626,3	731,5	918,0	1071,5	1258,1	101,3
II. Продукти рослинного походження	1563,9	1146,2	1284,8	1368,0	1529,2	1794,6	1989,3	127,2
III. Жири та олії тваринного або рослинного походження	451,6	182,3	246,0	266,6	267,4	253,3	280,4	62,1
IV. Готові харчові продукти	2506,1	1607,7	1734,0	1935,0	2340,9	2616,6	2970,6	118,5

Таблиця 3

Товарна структура експорту та імпорту сільськогосподарської та продовольчої продукції (у % до загального підсумку)

Групи товарів згідно з УКТЗЕД	2019 р.		2020 р.	
	Експорт, %	Імпорт, %	Експорт, %	Імпорт, %
Усього (коди 1–24)	100,0	100,0	100,0	100,0
I. Живі тварини; продукти тваринного походження	5,8	18,7	5,4	19,4
II. Продукти рослинного походження	58,3	31,3	53,6	30,6
III. Жири та олії тваринного або рослинного походження	21,4	4,4	25,9	4,3
IV. Готові харчові продукти	14,5	45,6	15,1	45,7

Діаграми відображають значні відмінності у обсягах експортних та імпортних надходжень від реалізації сільськогосподарської та готової харчової продукції (рис. 1, 2).

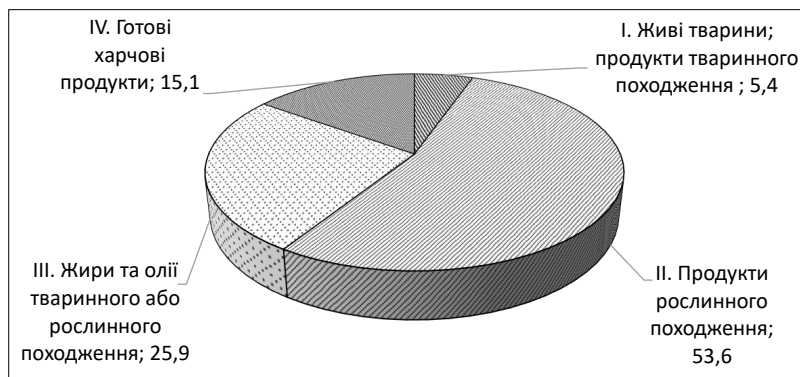


Рис. 1. Товарна структура експорту сільськогосподарської та продовольчої продукції у 2020 р. (у % до загального підсумку)

Питома вага готових харчових продуктів в імпорті перевищує 45 %, що свідчить про необхідність підвищення конкурентоспроможності вітчизняної харчової промисловості та сфери переробки сільськогосподарської сировини. Перед цими галузями сьогодення ставить складні завдання щодо збільшення обсягів

переробки і частки готової продукції у реалізації на зовнішніх ринках, приведення у відповідність якісних показників до вимог європейських і світових стандартів.

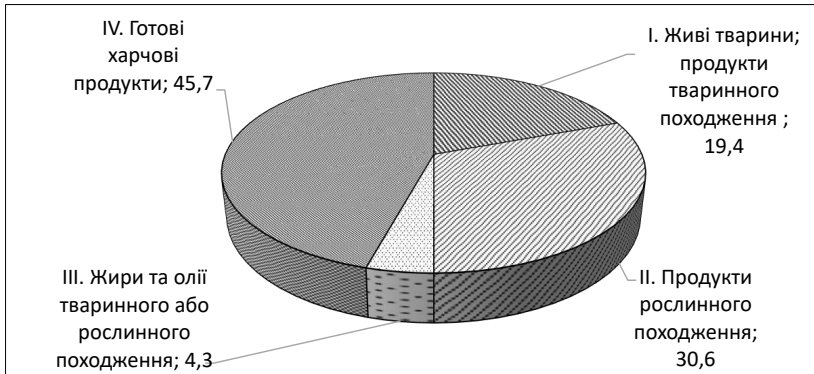


Рис. 2. Товарна структура імпорту сільськогосподарської та продовольчої продукції у 2020 Р. (у % до загального підсумку)

Отже, на зовнішньому ринку агросектор України забезпечує провідні позиції саме у сфері сировинного постачання. При цьому втрачає значну частину доданої вартості. За умови зростання виробництва і експорту переробленої сільськогосподарської продукції товаровиробники зможуть наростити доходи, отримати частину створеної доданої вартості в ціні продуктів кінцевого споживання, забезпечити вищий рівень прибутковості агробізнесу.

У Єдиній комплексній стратегії та плані дій розвитку сільського господарства та сільських територій в Україні на 2015–2020 роки передбачено, зокрема, розвиток агропродовольчих ланцюгів доданої вартості. Покращення операційної діяльності учасників продовольчого ланцюга, а також розбудова та модернізація виробничого, складського і переробного потенціалу галузі і логістичної інфраструктури дозволить розширити можливості українського аграрного бізнесу та підвищити його конкурентоспроможність. Це також сприятиме розвитку диверсифікованих та інноваційних виробничих структур та залучить іноземні інвестиції. Сприяння розвитку різноманітних форм організацій виробників та їх представництв підвищить їхні переговорні можливості і відповідно допоможе адаптувати господарську практику до глобальних викликів. Щоб розкрити потенціал

агропродовольчих виробничих ланцюгів України, знадобиться більш ефективна, простіша і прозоріша політика державної підтримки, що стимулює інвестиції, диверсифікацію і орієнтацію на ринок. Через вкрай обмежені бюджетні ресурси буде запроваджено обмежену кількість простих, адресних і контрольованих заходів, зокрема малих сільськогосподарських виробників та виробників-початківців для підтримки їхнього розвитку [2].

Перспективні напрями розвитку галузі повинні бути націлені на підвищення конкурентоспроможності підприємств харчової промисловості, покращення інвестиційного клімату, розроблення стратегічних документів, оптимізацію управлінських процесів, захисту інтересів споживачів та працівників, удосконалення законодавчої бази [3, с. 66–70].

Розвиток сфери переробки сільськогосподарської продукції об'єктивно відбувається у двох напрямках:

- на основі вертикальної інтеграції підприємств харчової і переробної промисловості з виробниками сільськогосподарської сировини – цей напрям концентрує увагу на діяльності великих підприємств, які спроможні забезпечити великі партії постачання продукції, відповідний рівень якості, стабільні економічні зв'язки і фінансову відповідальність;

- другий напрям – формування і розбудова власної переробної бази на основі власних ресурсів великих і середніх сільськогосподарських підприємств та кооперації дрібних виробників, консолідації їх ресурсного потенціалу з метою реалізації інвестиційних проектів у сфері переробки і зберігання продукції.

У такій логічній послідовності проведено дослідження в наступних підрозділах.

2. Проблеми формування сировинної бази переробних підприємств

Сучасні вимоги зовнішнього ринку щодо якості і безпечності харчових продуктів, їх відповідності європейським і світовим стандартам потребують застосування якісно нових методів організації процесів виробництва, зберігання, транспортування і переробки продукції. Тривалі процеси трансформації економіки країни, реформування соціально-економічних відносин в аграрному секторі не сприяли розвитку сфери переробки. Переробні підприємства, що діяли на рівні окремих регіонів, не проводили вчасно

розрахунки з сільськогосподарськими підприємствами за отриману сировину, затримували платежі через низький рівень фінансової дисципліни або неможливість забезпечити реалізацію власної продукції. В разі банкрутства переробного підприємства постачальники втрачали не тільки доходи, а й налагоджені ринки збуту.

Розбалансування економічних зв'язків у секторі «виробництво-переробка сільськогосподарської сировини» привело до відмови більшості виробників від важливих для розвитку аграрного сектора галузей – овочівництва, садівництва, виробництва цукрового буряку, молочного скотарства. Сільськогосподарські підприємства при реалізації сировини на переробні підприємства не отримували доходів протягом тривалого періоду, формувався резерв сумнівних боргів, значні обсяги дебіторської заборгованості.

Відповідно аграрні підприємства переорієнтували структуру основного виробництва: у рослинництві – на зерно-технічний напрям, відмовилися у більшості від виробництва трудомісткої продукції овочівництва, садівництва, виноградарства; а від виробництва продукції тваринництва, яка потребувала значних ресурсів, термінової реалізації і приносила збитки взагалі відмовилися. Це також справило негативний вплив на діяльність переробних підприємств, які втратили постачальників сировинної продукції і відповідно зменшили обсяги виробництва. В умовах зростання цін на енергоносії та в цілому виробничих витрат, при високому рівні зношеності основних засобів і старих технологіях, переробні підприємства не можуть активно реалізувати власні маркетингові стратегії щодо просування продуктів харчування на внутрішньому та зовнішньому ринках та забезпечити високий рівень конкурентоспроможності. Необхідною умовою відновлення взаємовигідних економічних зв'язків переробних і аграрних підприємств є забезпечення платіжної дисципліни і своєчасних розрахунків, гнучка і адаптивна цінова політика при заготівлі сировинних ресурсів, система захисту фінансових інтересів постачальників.

Загальну характеристику діяльності підприємств переробної промисловості свідчить про зростання обсягів виробництва і зростання питомої ваги середніх і малих підприємств у загальних обсягах реалізації продукції. Розрахунки проведено на основі статистичної інформації (табл. 4).

Кількість підприємств у галузі переробки за досліджуваний період майже не змінилася і становить у 2020 р. 15190. Обсяги реалізованої продукції при цьому значно зростають – від 781,3 млрд грн у 2010 р. до 2084,7 млрд грн, або у 2,7 рази.

Із загальної кількості у сфері переробки у 2020 р. діяли 54 великі підприємства, питома вага яких у реалізації продукції становила 50,3 %, частка середнього бізнесу (938 підприємств) – 39,6 %, та 14198 малих підприємств забезпечили 10,1 % від загальної виручки [4–5].

Для переробних підприємств ключовою проблемою є стабільність забезпечення сировинними ресурсами, оскільки сільськогосподарські товаровиробники, особливо малі і середні, розрізнені, діють відокремлено і самостійно, не координують дії щодо створення системи зв'язків із переробними структурами. Процес постачання повинен враховувати умови транспортування і зберігання продукції, оскільки зниження показників якості можливе на всіх етапах руху продукції від виробника до переробного підприємства.

Таблиця 4

**Обсяги реалізованої продукції (товарів, послуг)
суб'єктів підприємництва у переробній промисловості
(код 10 за КВЕД-2010)**

Роки	Кількість підприємств	Обсяги реалізації, млрд грн	Питома вага підприємств за розмірами			
			великі	середні	малі	з них мікро-
2010	15128	781,3	62,6	31,4	6,0	1,4
2011	12589	960,3	66,2	28,2	5,6	1,3
2012	12785	970,2	63,7	29,9	6,4	1,3
2013	13769	923,3	61,1	31,6	7,3	1,6
2014	14621	995,1	58,8	34,1	7,1	1,5
2015	15264	1228,9	55,2	36,5	8,3	1,9
2016	14447	1429,6	52,0	39,0	9,0	2,0
2017	14270	1781,2	52,8	38,2	9,0	2,0
2018	14681	2061,1	54,5	36,2	9,3	2,2
2019	15309	2025,2	54,2	36,8	9,0	1,9
2020	15190	2084,7	50,3	39,6	10,1	2,5
2020 р. до 2010 р., %	100,4	266,8	-12,3	+8,2	+4,1	+1,1

Система сировинного забезпечення переробних підприємств об'єднує комплекс дій, спрямованих на формування угод із сільськогосподарськими виробниками щодо обсягів, якості, умов продажу, направлених на стабільне і гарантоване постачання сировинних ресурсів. Важливо зважати, що такі угоди укладаються на майбутнє, а сільське господарство характеризується значним впливом зовнішніх факторів, ризиками ведення господарської діяльності, що негативно впливає на забезпечення необхідним обсягом сировини на переробку. Тому важливо мати додаткові резерви у випадку непередбачуваних обставин в процесі організації забезпечення ресурсами для переробки, а саме системою зберігання резервних запасів сировини, додаткових контрактів з постачальниками, страхування. Метою матеріального забезпечення переробних підприємств є задоволення потреб основного виробництва в сировинних ресурсах, за умови вирішення завдань щодо дотримання обґрунтованих термінів закупівлі сировини; забезпечення точної відповідності обсягів поставок потребам в них; дотримання вимог виробництва до якості сировини, матеріалів і складових виробів [6, с. 160–165].

На необхідності удосконалення договірних відносин наголошує Макаренко П.М., оскільки у горизонтально інтегрованих формуваннях постачальники матеріально-технічних ресурсів і переробники сировини залучаються в аграрну сферу за допомогою договірних відносин. У певному сенсі договірна форма встановлення міжгосподарських зв'язків обмежує правоздатність сільськогосподарських підприємств, тому що партнери вимагають постачання продукції певної якості і за обумовленою контрактом ціною. При залученні до кооперативного об'єднання індивідуальні власники зберігають право власності, але втрачають права самостійного прийняття рішень.

Організаційна форма вертикальної інтеграції – агропромислові об'єднання – утворюються на базі вертикальної інтеграції чи форм спеціалізованих кооперативів шляхом кооперування в єдину агропромислову асоціацію, що включає і виконує стадії виробництва, переробки, зберігання, транспортування та реалізації сільськогосподарської продукції. Тут виробником-продавцем є коопероване агропромислове об'єднання, а покупцем – або переробна компанія, або безпосередній її покупець [7].

Вибір форми зв'язків із постачальниками сировини для переробки на переробних підприємствах визначається дією низки факторів, до складу яких відносяться:

- стратегічні цілі та завдання підприємства;
- масштаби виробництва і збуту продукції;
- виробничий тип, глибина переробки, здатність ритмічно поставляти продукцію на ринок;
- рівень товарності та функціональне призначення виробленої продукції, ширина та глибина товарного асортименту;
- наявність потужностей для зберігання продукції та власної збутової мережі;
- наявність транспортного забезпечення;
- рівень розвитку менеджменту підприємства, кваліфікація та професіоналізм управлінського персоналу;
- належність підприємства до вертикально та горизонтально-інтегрованих структур;
- територіальне розміщення підприємства по відношенню до ринків збуту;
- кількість освоєних ринків та їх кон'юнктурні характеристики;
- стан ринкової інфраструктури;
- стан та тенденції розвитку національної економіки та агропродовольчої сфери, інші чинники мікро- та макросередовища.

Переваги на ринку продовольства мають переробні підприємства, у яких структури управління заготівельною діяльністю адаптовані до сучасних ринкових умов, забезпечують функціональні зв'язки з постачальниками сировини. Надійна система постачання продукції забезпечує нормальну діяльність переробних підприємств, вона об'єднує ланки єдиного процесу руху продукції від сільськогосподарських товаровиробників до переробників, є координатором їх діяльності. Система закупівель виконує цілий ряд функцій, які систематизовано (рис. 3).

Вибір постачальників різних видів сільськогосподарської сировини для переробного підприємства є важливим і визначальним процесом. Критерієм вибору виступає не тільки ціна, а й гарантії якості, надійність, ділова репутація. Тому перевагу у відносинах із переробними підприємствами мають великі сільськогосподарські товаровиробники. Малий і середній бізнес може виступати повноправним учасником процесів постачання продукції на переробні підприємства у випадку об'єднання зусиль на основі кооперації.

Перспективними формами організації маркетингової діяльності переробних підприємств є створення прямих інтеграційних зв'язків з сільськогосподарськими кооперативними об'єднаннями та маркетинговими групами, які включають малі підприємства, фермерські та

особисті селянські господарства, що здійснюють дрібнотоварне виробництво, проте координують зусилля з метою забезпечення потреб переробного підприємства або оптового посередника.

Розробка асортименту сировинних ресурсів і прогнозування потреби в них;

Вибір постачальників, укладання угод, економічна оцінка їх потенціалу і пропозицій.

Планування потреби і придбання сировинних ресурсів.

Узгодження цін, ціноутворення, формування системи цінних надбавок і знижок.

Контроль за термінами постачання, якісними характеристиками, кількістю сировини, розміщенням на складах підприємства.

Формування на рівні оптимальних запасів сировини для переробки на складах

Рис. 3. Система закупівель переробного підприємства

Реалізація продукції рослинництва переробним підприємствам становить незначну питому вагу у загальних обсягах виробництва (табл. 5).

Таблиця 5

Купівля основних видів продукції рослинництва підприємствами, що займалися їх переробкою, тис. т

Групи культур	2019 р.		2020 р.	
	тис. т	у % до загального обсягу, %	тис. т	у % до загального обсягу, %
Зернові і зернобобові – всього	3049,2	4,1	2779,2	4,3
Боби сої	884,5	23,9	829,7	29,9
Насіння ріпаку й кользи	220,6	6,7	170,8	6,6
Насіння соняшнику	3448,1	22,6	3232,4	24,7

Таблиця 6

**Надходження продукції тваринництва на підприємства,
що займалися її переробкою, тис. т**

Показники	Роки										2020 р. у % до 2010 р.
	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020				
Сільськогосподарські тварини (у живій масі)	1442,9	1689,9	1621,0	1717,6	1752,3	1891,5	1778,2				123,2
із загального обсягу за видами											
велика рогата худоба	224,7	123,8	141,2	129,2	124,4	120,6	83,6				37,2
свині	230,4	325,3	342,9	329,4	308,5	317,3	303,1				131,6
птиця	947,8	1203,3	1136,1	1257,4	1317,8	1451,7	1389,4				146,6
Питома вага від загального виробництва, %	70,1	72,8	69,8	74,1	74,4	75,9	71,8				+1,7 в. п.
Молоко	4793,2	4251,2	4182,7	4348,3	4179,2	3800,0	3511,8				73,2
Питома вага від загального виробництва, %	42,6	40,0	40,3	42,3	41,5	39,3	37,9				-4,7 в. п.

Із загального обсягу виробництва зернових і зернобобових культур на переробку у 2019–2020 рр. надійшло лише 4,1 та 4,3 %, насіння ріпаку і кользи – 6,7 і 6,6 % відповідно. Це свідчить, що основна маса зерна і ріпаку в країні реалізується без переробки у вигляді сировини на експорт. В галузі переробки сої і насіння соняшнику встановлені більш тісні зв'язки зі сферою переробки. При цьому переробка сої займає 23,9 та 29,9 % від загального виробництва, що свідчить про тісний зв'язок галузі із комбікормовими та іншими переробними підприємствами. У виробництві соняшнику частка переробки також зростає від 22,4 до 24,7 %. Отже, майже четверта частина насіння соняшнику і третина сої у 2020 р. надійшли на переробні підприємства.

В галузі тваринництва об'єктивно створюються більш тісні інтеграційні зв'язки з переробними підприємствами. У 2020 р. на переробку надійшло 1778,2 тис. т приросту сільськогосподарських тварин у живій масі, що становить 71,8 % від загального виробництва (табл. 6).

За десятирічний період дослідження обсяги переробки тварин на м'ясо зросли від 1442,9 до 1778,2 тис. т – лише на 23,2 %, проте як і обсяги вирощування – на 20,3 %. Обсяги переробки приростів великої рогатої худоби на м'ясо зменшилися у 2020 р. на 62,8 %, порівняно з 2010 р. У свинарстві приріст становить 31,6, у птахівництві – 46,6 %. М'ясо птиці займає найбільшу питому вагу у загальних обсягах переробки – 78,1 %.

Питома вага переробки молока у загальних обсягах виробництва має тенденцію до зниження і за період 2010–2020 рр. зменшується від 42,6 до 37,9 %, що зумовлено концентрацією виробництва у секторі господарств населення, які реалізують значну частину продукції на місцевих ринках і неспроможні забезпечити якісні показники за новими вимогами, прийнятими цілим рядом законодавчих актів щодо підвищення вимог до показників безпечності та якості молока, що деталізовано нами у попередніх наукових публікаціях [8; 9, с. 19–30].

Організаційно-економічний механізм кооперації та інтеграції сільськогосподарських виробників, переробних, обслуговуючих, торгових підприємств, організацій повинен передбачати обґрунтування доцільності створення формувань та їх організаційної побудови, структури управління, формування основних та оборотних засобів, принципи взаємостосунків під час розподілу прибутку між учасниками-засновниками формувань, пакет засновницьких та нормативних документів [10, с. 42–45].

Отже, на основі проведених розрахунків і порівнянь слід відзначити, що рівень інтеграційних зв'язків переробних підприємств і виробників сільськогосподарської продукції значно відрізняється за галузями і видами продукції. Рослинництво відзначається тим, що значна частина зернових і зернобобових культур та ріпаку спрямовується на експорт, а соя і сояшник спрямовуються у значній частині на переробку. У тваринництві більше 70 % приростів та близько 38 % молока спрямовано на переробку. За відсутності статистичних даних, овочівництво, садівництво і виноградарство залишилися поза увагою, проте саме ці галузі рослинництва потребують створення бази зберігання і переробки, особливо у південних регіонах.

Управління заготівельно-збутовою діяльністю є складним і багатогранним процесом і вимагає постійного аналізу й удосконалення. Формування новітніх дієвих технологій у системах управління заготівельно-збутовою діяльністю зумовлене поступовим збільшенням обсягів реалізації виробників продовольчих товарів.

Тому першочерговим завданням переробних підприємств є створення ефективної системи управління збутовою та заготівельною діяльністю. Організація збутової і заготівельної діяльності повинна бути частиною стратегії управління підприємством і формуватися у процесі складання виробничої програми підприємства.

3. Розвиток сфери переробки в аграрних формуваннях.

У сфері переробки сільськогосподарської продукції формується особлива система економічних відносин на основі співпраці і взаємовигідного співробітництва, розвитку інтеграційних процесів між суб'єктами аграрного бізнесу. За рахунок поглиблення переробки сільськогосподарської продукції товаровиробники не тільки забезпечують і регулюють виробництво, а й реалізують продукт кінцевого споживання, який забезпечує вищу додану вартість і прибутковість аграрного сектора економіки.

Розвиток ринкових відносин, посилення інтенсивності конкурентного середовища, необхідність підвищення результативності виробництва, постачання та збуту об'єктивно обумовлюють потребу удосконалення організаційних форм управління маркетинговою діяльністю суб'єктів у сфері виробництва і переробки продукції сільського господарства. Доцільність практичного впровадження конкретних організаційних форм передбачає проведення глибокого аналізу факторів внутрішнього та зовнішнього впливу, вивчення переваг та недоліків існуючих моделей організаційних структур управління, здійснення належного економічного обґрунтування [11].

Важливим чинником посилення конкурентоспроможності підприємств на ринку готових харчових продуктів є розвиток організаційних форм управління маркетинговою діяльністю, які можуть створюватися як внутрішні структурні підрозділи підприємства, а також за участю аграрного суб'єкта господарювання.

Слід підкреслити наявність необхідних економіко-правових передумов та відповідного науково-методичного забезпечення для розвитку різноманітних організаційно-правових форм управління маркетинговою діяльністю сучасних переробних підприємств. Пропонуємо модель співпраці переробних підприємств із сільськогосподарським кооперативом, принциповим положенням якої є взаємовигідні партнерські відносини (табл. 7).

Важливою складовою даної моделі є перспективи забезпечення якості і різноманітності сировини для переробки з боку сільськогосподарського кооперативу, який отримує надійного партнера і замовника – переробне підприємство.

Таблиця 7

Модель формування партнерських відносин переробних підприємства сільськогосподарських кооперативів

Показники	Переробні підприємства	Сільськогосподарські кооперативи
1. Реалізація мети діяльності	Забезпечення підприємства сировиною для переробки.	Гарантований збут виробленої продукції.
2. Організаційні зміни	Можливість впровадження угод про виробництво різних видів продукції у певні періоди, під замовлення.	Необхідність зміни структури сівозміни, адаптація під вимоги замовника, впровадження нових видів продукції, подовження терміну вирощування культур на сезонній основі.
3. Екологічні аспекти	Використання сировини з високою якістю, що обумовлено умовами контракту.	Проведення лабораторних досліджень ґрунтів, продукції; впровадження точних технологій у виробничий процес, екологізація і біологізація виробництва.
4. Економічні вигоди	Придбання продукції за оптовими цінами, що позитивно впливає на зниження собівартості продукції і збільшення прибутковості підприємства.	Реалізація різних категорій продукції за сортами на переробку, зменшення втрат. Економія транспортних і збутових витрат в разі транспортних послуг переробних підприємств.
5. Соціальні аспекти	Забезпечення якісною, екологічно чистою сировиною, що підвищує соціальну відповідальність підприємств.	Розширення числа учасників кооперативу і найманих працівників, підвищення їх доходів, розвиток сільських територій, реалізація соціальних проектів.

При виборі постачальника враховують:

- місцеположення організації постачальника відносно місцеположення організації споживача;
- терміни виконання поточних і екстрених замовлень;

- наявність у постачальника резервних потужностей;
- організація і наявність системи управління якістю у постачальника;
- психологічний клімат в трудовому колективі постачальника (відсутність ризику страйків);
- здатність постачальника обслуговувати запчастинами поставлене обладнання протягом всього терміну його експлуатації на підприємстві, можливість і якість після продажного обслуговування;
- кредитоспроможність і фінансове положення постачальника;
- готовність постачальника до виконання замовлень і роботи із замовниками без попередньої оплати, робота в кредит, надання розстрочок;
- ділова репутація постачальника, його імідж;
- наявність зв'язків у постачальника з організаціями з високою діловою репутацією;
- період існування постачальника на ринку [12, с. 223–231].

Також у підвищенні ефективності збутової політики сільськогосподарських підприємств важливу роль відіграють заготівельно-збутові кооперативи, товарні біржі, продажі за допомогою Інтернет, віртуальні аграрні ринки та Інтернет-майданчики для укладання угод купівлі-продажу сільськогосподарської продукції, спільна збутова діяльність на засадах аутсорсингу. Таким чином, запровадження елементів маркетингу у систему збутової діяльності переробних підприємств та використання сучасних форм каналів збуту продукції, сприятиме збільшенню обсягів реалізації, а отже і прибутку.

Сільськогосподарські виробничі та заготівельно-збутові кооперативи мають на сучасному етапі сприятливі перспективи розвитку, вони організовані фізичними та/або юридичними особами, є виробниками сільськогосподарської продукції, на засадах добровільного членства та об'єднання майнових пайових внесків для спільної діяльності. Заготівельно-збутові кооперативи здійснюють заготівлю, зберігання, передпродажну обробку, продаж продукції, надають маркетингові послуги тощо. Організаційно-правові основи розвитку кооперативів в сільському господарстві закладені Законом України «Про сільськогосподарську кооперацію» [13]. На підтримку кооперативного руху в сільській місцевості спрямовані також положення Стратегії розвитку аграрного сектору економіки на період до 2020 року [14].

Головним недоліком сучасного етапу розвитку агропродовольчого ринку є діяльність цілого ряду торговельних

посередницьких структур, які обмежують доступ безпосередніх виробників до ринків продовольства, процесів заготівлі та переробки сільськогосподарської продукції, експортних операцій, що у підсумку приводить до недоотримання доходів на відповідному рівні та зниження потенціалу формування власної бази зберігання і переробки виробленої продукції. Практика реалізації продукції безпосередньо з поля, масовий продаж посередникам стала домінуючою на ринку, особливо для малого і середнього аграрного бізнесу. За таких умов безпосередні виробники не впливають на умови збуту та реалізації продукції, їх можливості обмежені в процесах ціноутворення, розвитку конкурентного середовища на ринку готових продуктів харчування. Має місце нестабільність ринку, значні коливання цін та диспропорції в розвитку галузей і видів продовольства [15].

Сільськогосподарські підприємства на основі створення власної переробної бази можуть зайняти частину ринку кінцевої харчової продукції, стати повноправними учасниками товарно-грошових відносин з високим рівнем забезпечення внутрішнього і зовнішнього попиту. Слід відзначити, що в сучасних умовах попит споживачів став більш вимогливим до якості і безпечності продуктів харчування, умов їх реалізації, зовнішнього вигляду, пакування і маркування. Ринок продуктів харчування переорієнтується на високі вимоги європейського ринку, цивілізовані умови торгівлі, що вимагає приведення у відповідність умов ведення аграрного бізнесу, системного підходу до формування якісного організаційно-економічного механізму забезпечення агропродовольчою продукцією внутрішнього споживання та експорту.

Іжевський П.Г. досліджуючи можливості розвитку інтеграційних процесів в системі АПК, доходить висновку, що перспективою міжфірмової інтеграції може стати нова форма співпраці між вертикально-інтегрованими корпораціями з наявними внутрішньо-контрактними зв'язками та мережами малих сільськогосподарських підприємств у вигляді аграрних кооперативів. Така взаємодія на засадах «мережа – мережа» дасть можливість отримати синергетичний ефект та дасть змогу стати українським агрокорпораціям мережевими вузлами з продукування доданої вартості без значних витрат на розширення власного низькорентабельного сільськогосподарського виробництва [16, с. 110–114].

В системі виробництва і переробки сільськогосподарської продукції необхідно створити ефективний організаційно-еконо-

мічний механізм взаємодії і координації функцій учасників, який забезпечить координацію обсягів виробництва і переробки, встановить нормативи якості, урегулює міжгалузеві відносини. В даній системі максимально зменшена роль посередницьких структур, які приймають участь у реалізації готової продукції, проте негативно впливають на рівень цін та привласнюють прибутки безпосередніх виробників на стадії реалізації сільськогосподарської сировини. Суб'єкти виробництва сільськогосподарської сировини спрямовують її на переробні підприємства, або створюють власну переробку. Готова продукція реалізується на внутрішньому та зовнішньому ринку. Інфраструктура забезпечує фінансово-кредитне, транспортно-логістичне, науково-консультаційне, збутове обслуговування процесів виробництва і реалізації на всіх рівнях руху продукту, що відображає схема (рис. 4).

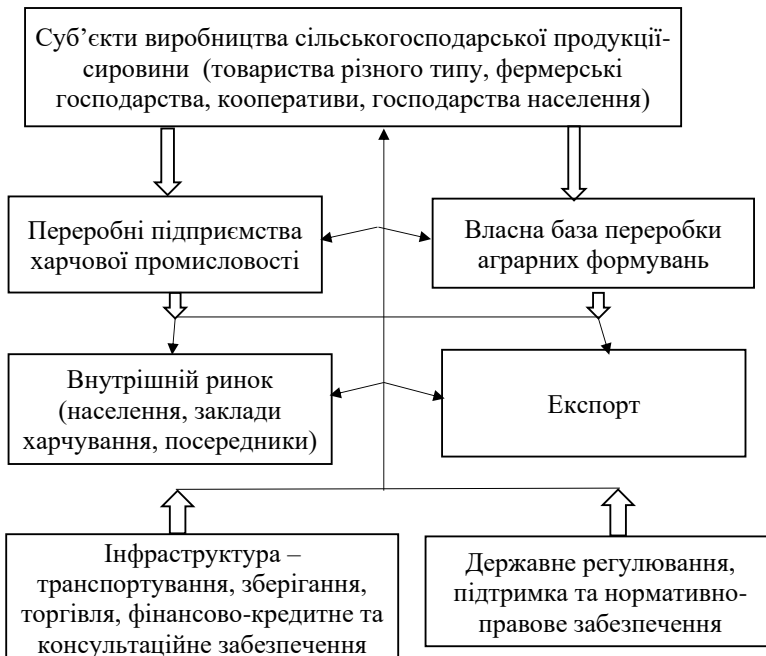


Рис. 4. Схема координації функцій суб'єктів-учасників процесу виробництва і переробки сільськогосподарської продукції

У 2020 р. прийнято новий закон про сільськогосподарську кооперацію, який урегулює нормативно-правову базу та створює сприятливі умови ведення господарської діяльності кооперативів, сприяє удосконаленню обліку і оподаткування, підтримує основи досконалої конкуренції між малим агробізнесом і великими агрокорпораціями.

Зарубіжний досвід свідчить, що саме кооперативні об'єднання є життєстійкими і стабільними, захищають інтереси малих форм господарств, зміцнюють їх ринкові позиції.

Розширення власної бази переробки для аграрних підприємств створює умови виходу на ринок кінцевого споживання, та, відповідно, можливості впливати на умови реалізації, привласнювати прибуток від продажу продукції з високою доданою вартістю.

В даній структурі важливо створити взаємовигідні фінансово-економічні відносини виробника сільськогосподарської сировини і переробних підприємств, подолати монополістичний вплив останніх. Саме власна переробка створює конкурентне середовище і забезпечує відтік продукції у переробні цехи сільськогосподарського виробника в разі порушення угод з боку переробних підприємств, затримання платежів. Крім того, продукція безпосередньо від виробника за ціною більш доступна для споживача, оскільки не включає накладні та посередницькі витрати.

Роль кооперативів на ринку сільськогосподарської продукції України низька – питома вага у реалізації продукції становить близько 1 %. В новому законі передбачено механізм захисту інтересів членів кооперативу, які готові інвестувати у його розвиток. Це дає можливість розвивати нові напрями діяльності, створювати нові бізнеси, зокрема і сферу переробки. Кооператив стає основою об'єднання окремих груп фермерів і господарств населення, а держава при цьому створює додаткові умови для їх підтримки і фінансування. Це дозволить не тільки створювати нові кооперативні об'єднання, а розвивати і нарощувати виробничі та інфраструктурні потужності діючих кооперативів на новій технологічній основі.

Новий закону створює нормативно-правові основи для вирішення проблемних аспектів питання оподаткування кооперативних доходів, прибутків і виплат. Важливо, що законодавче врегулювання спільної діяльності аграрних виробників дає змогу малим виробникам об'єднати зусилля і забезпечити повний ланцюг виробництва готової продукції, що підвищує їх конкурентоспроможність у протистоянні великим агрохолдинговим структурам.

Поєднання в одному підприємстві сільськогосподарського виробництва і промислової переробки продукції формує більш складні форми агропромислових підприємств та їх об'єднань. Враховуючи ресурсні та фінансові можливості інтегрованих підприємств, у них є реальні перспективи для забезпечення країни продовольством, виходу на міжнародні ринки та розвитку сільської місцевості.

Економічні переваги створення власної бази переробки сільськогосподарськими товаровиробниками обумовлені, в першу чергу, підвищенням прибутковості і рентабельності операційної діяльності в цілому, яку забезпечує реалізація готової продукції за рахунок більш високої ціни, економії витрат, зменшення кількості посередницьких структур. Замкнутий цикл виробництва продукції кінцевого споживання створює додаткові організаційно-економічні переваги щодо вирівнювання економічних умов всіх учасників, зниження ризиків аграрного бізнесу, удосконалення технологічної структури виробництва, вдосконалення самого процесу праці, структури робочих місць, нівелювання сезонності.

Соціальні ефекти агропромислової інтеграції проявляються у раціональному розподілі трудових ресурсів у сільській місцевості, зростанні доходів і рівня життя працівників, удосконаленні трудових відносин, умов праці, продуктивності і змістовності праці.

Агропромислові об'єднання дають можливість удосконалити систему управління, впровадити перспективне планування, контроль якості продукції на всіх етапах руху продукції «від лану – до столу», створити ефективну систему маркетингу, забезпечити консалтинговий, нормативно-правовий та інформаційний супровід, підвищення кваліфікації працівників.

На думку Іжевського П.Г. сучасне розуміння розвитку ланцюжка створення вартості в сільському господарстві передбачає оновлення стратегій, сутність яких автор розглядає в якості горизонтальних та вертикальних координаційних механізмів, функціонального оновлення, оновлення продукту, модернізації процесів. Горизонтальна координація передбачає більш високу організацію, як правило, у вигляді певних колективних структур (зазвичай груп виробників). Вертикальна координація передбачає більш довгострокові відносини, найчастіше між виробниками та переробниками.

Перспективою міжфірмової інтеграції може стати нова форма співпраці між вертикально-інтегрованими корпораціями з наявними внутрішньо-контрактними зв'язками та мережами

малих сільськогосподарських підприємств у вигляді аграрних кооперативів. Така взаємодія на засадах «мережа – мережа» дасть можливість отримати синергетичний ефект [16, с. 110–114].

Інтеграція є невід’ємною рисою кооперативів нового покоління на основі синтезу взаємодії діяльності сільськогосподарських виробників сировини, агросервісних та переробних підприємств, а також торговельних суб’єктів господарювання з метою впровадження інноваційних технологій та економії трансакційних витрат учасників об’єднання. [10, с. 42–45].

Переваги розвитку інтеграційних процесів в системі АПК обумовлені забезпеченням єдності процесів виробництва, зберігання, транспортування, переробки, доведення до готовності, збуту продукції сільського господарства; створенням умов для впровадження сучасних інноваційних технологій при створенні готових продуктів харчування; поєднанням економічних інтересів всіх учасників процесу доведення продукції до кінцевого споживача; оптимізацією структури управління на основі поєднання територіального і галузевого підходів; удосконаленням організаційних процесів на основі оптимального та ефективного використання всіх видів ресурсів [17; 18, с. 35–39].

Пріоритети розвитку сфери переробки сільськогосподарської продукції у агропромислових формуваннях:

- розвиток підрозділів з переробки сільськогосподарської сировини на основі впровадження сучасних інноваційних безвідходних технологій, енерго- та ресурсозберігаючого універсального обладнання;
- розширення асортименту продуктів переробки сільськогосподарського виробництва, переорієнтація основного виробництва на нові конкурентоспроможні види продукції;
- контроль і забезпечення високої якості продуктів харчування, використання нових різноманітних видів фасування і пакування продукції;
- створення мережі постачальників сировини на комерційній та кооперативній основі;
- налагодження тісних зв’язків з господарствами населення як основними виробниками деяких видів сільськогосподарської продукції;
- інтеграція агропромислових підприємств з товаровиробниками сільськогосподарської продукції шляхом їх стимулювання для збільшення обсягів виробництва сировини на замовлення, з чіткими параметрами якості;

- налагодження зв'язків зі сферою торгівлі, торговельними мережами, впровадження сучасних форм торгівлі продовольчими товарами;

- розробка ефективної системи збуту продукції, реалізація маркетингової стратегії просування готових продуктів харчування на внутрішньому і зовнішньому ринках, адаптація до європейських стандартів і вимог безпеки харчових продуктів.

Активізація підприємницької діяльності у сфері переробки сільськогосподарської продукції забезпечить суттєве зростання обсягів виробництва експортоорієнтованої та імпортозамінної продукції, доходів і прибутків виробників,

Отже, створення власної бази переробки, зберігання і продажу виробленої продукції для аграрних підприємств сприятиме не тільки розширенню ринків збуту і посиленню конкурентних позицій, а й забезпечить стабілізацію доходів і прибутковості діяльності, нівелює вплив сезонності, сприятиме оптимізації напрямів спеціалізації, розширенню кооперації та інтеграції суб'єктів аграрного бізнесу.

Нове будівництво переробних комплексів на основі капіталізації власного прибутку, залучення інвестицій та державної підтримки у сфері переробки продукції, оптимізація структури засобів виробництва на інноваційній і прогресивній техніко-технологічній основі сприятиме формуванню належних умов для функціонування та ефективного розвитку аграрно-промислових формувань, і відповідно – продовольчого ринку, що загалом забезпечить підвищення ефективності та конкурентоспроможності аграрного сектора економіки України.

Важлива роль відводиться державному регулюванню та нормативно-правовому забезпеченню процесів, оскільки на етапі формування бази переробки аграрні формування потребують підтримки державних інституцій. Сільськогосподарські кооперативи можуть отримати державну підтримку за основними напрямками фінансування майже всіх традиційних і нових програм, які фінансуються із державного бюджету (табл. 8).

До нових програм, обсяги фінансування яких становлять 500 млн грн належать:

- державна підтримка страхування сільськогосподарської продукції;

- відшкодування втрат від повного пошкодження посівів сільськогосподарських культур внаслідок надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру;

- державна підтримка сільгоспвиробників, які використовують меліоровані землі;
- державна підтримка виробників органічної сільськогосподарської продукції;
- державна підтримка виробників картоплі;
- державна підтримка сільгоспвиробників шляхом виділення бюджетних субсидій з розрахунку на одиницю оброблюваних угідь (гречка).

Таблиця 8

**Обсяги фінансування програм
державної підтримки АПК, млн грн**

Програма	Обсяги фінансування	
	фактично у 2020 р.	пропозиції на 2021 р.
Часткова компенсація вартості сільськогосподарської техніки вітчизняного виробництва	1482,2	1000,0
Фінансова підтримка заходів у агропромисловому комплексі шляхом здешевлення кредитів	1053,5	1200,0
Фінансова підтримка розвитку садівництва, виноградарства та хмелярства	290,0	450,0
Фінансова підтримка розвитку фермерських господарств	102,8	200,0
Підтримка розвитку тваринництва та переробки сільськогосподарської продукції	1039,1	1150,0
Разом	3958,4	4000,0
Нові програми		500,0
Всього		4500,0

Аграрна політика в Україні сфокусована на підтримці розвитку малого та середнього бізнесу на селі, у тому числі фермерства та сільськогосподарської кооперації. Так, за минулий рік зростає кількість діючих сільськогосподарських обслуговуючих кооперативів на 125 одиниць і сьогодні їх нараховується 735. Про це повідомляє прес-центр Кабміну.

З минулого року в Україні діє державна програма з відшкодування кооперативам 70 % вартості придбаного обладнання.

Державну підтримку було надано кооперативам молочарського та плодово-ягідного напрямів діяльності для придбання обладнання із зберігання та переробки сільськогосподарської продукції.

В результаті кооперативи молочного напрямку придбали 286 одиниць обладнання для створення цехів з виготовлення твердих сирів і 16 одиниць обладнання для створення цехів первинної переробки та зберігання плодово-ягідної продукції (охолодження та глибока заморозка). Кооперативи, які користуються держпідтримкою, оновлюють матеріально-технічну базу на виробництві.

Відзначимо, що державна політика останніх років сприяє розвитку кооперації і створенню нових робочих місць в сільських територіях України. На початок 2020 р. в Україні діяли 1005 сільськогосподарських виробничих та 1269 обслуговуючих кооперативів, у жовтні 2021 р. їх кількість становила 1008 та 1287 відповідно.

У 2021 р. Уряд прийняв постанову, яка розширює та вдосконалює державну підтримку розвитку тваринництва та переробки сільськогосподарської продукції. У 2021 році на програму передбачено 1,15 млрд грн.

Розвиток сфери переробки, підтримка сільськогосподарських кооперативів, нарощування виробництва продукції з високою доданою вартістю та збільшення прибутковості господарств є одним з пріоритетних напрямів державної підтримки. Цього року у програмі з підтримки тваринництва і переробки сільськогосподарської продукції збільшено розмір бюджетних дотацій та відсоток відшкодування, а також розширено коло отримувачів підтримки. Збільшено відсоток відшкодування за наступними напрямами:

- з 30 % до 50 %, а сільськогосподарським кооперативам до 70 % – на часткове відшкодування вартості будівництва та/або реконструкції тваринницьких ферм і комплексів;
- з 30 % до 50 % – часткове відшкодування вартості об'єктів із зберігання та переробки зерна.

Загалом, державна підтримка надаватиметься підприємствам з переробки сільськогосподарської продукції за наступними напрямами:

- часткове відшкодування вартості будівництва та/або реконструкції тваринницьких ферм і комплексів, рибецьких господарств, доїльних залів, підприємств з переробки сільськогосподарської продукції – 350 млн грн;

– часткова компенсація вартості будівництва та реконструкції тваринницьких ферм і комплексів, доїльних залів, підприємств з переробки сільськогосподарської продукції за рахунок кредитів банків – 60 млн грн [19–21].

До основних завдань, спрямованих на досягнення Україною статусу провідного експортера не лише сільськогосподарської сировини, а й продуктів її промислової переробки на світовому ринку, вченими Інституту регіональних досліджень імені М.І. Долишнього НАН України віднесено:

– впровадження інноваційних технологій не тільки у сільськогосподарське виробництво, а й у технічне оснащення переробних виробництв для підвищення якості готової продукції із забезпеченням вимог світових стандартів;

– стимулювання кооперації та інтеграції (горизонтально-вертикальної) сільськогосподарських і промислових товаровиробників у процесах первинної обробки, заготівлі та реалізації виготовленої продукції;

– активізацію діяльності у напрямку створення сприятливих інституційних умов для подальшого розвитку потужних експортоорієнтованих виробництв і, водночас, розвитку малих та середніх підприємств, які виготовляють товари з високою доданою вартістю, зокрема, на основі органічних продуктів;

– стимулювання експортної активності суб'єктів агропромислової діяльності шляхом надання їм організаційно-технічної та інформаційної підтримки у напрямку удосконалення системи управління якістю продукції та забезпечення міжнародної сертифікації виробництв [22].

Україна є невід'ємною частиною і вагомою складовою світового ринку продовольства, активним учасником світових економічних процесів. В умовах адаптації до високих вимог ринку Європейського союзу вітчизняна харчова і переробна промисловість, аграрна сфера є покликані вирішити першочергові питання державного рівня, а саме забезпечити збалансоване та якісне харчування населення, продовольчу безпеку країни та високі конкурентні позиції на зовнішньому ринку.

Висновки

Розвиток сфери переробки сільськогосподарської продукції на сучасному етапі реформування соціально-економічних відносин в країні відбувається на основі процесів вертикальної та

горизонтальної інтеграції у секторі сільськогосподарських товаровиробників та підприємств харчової і переробної промисловості. Переробні підприємства зацікавлені у стабільній системі постачання продукції, формуванні великих партій з гарантією певного рівня якості, що вимагає встановлення стабільних економічних зв'язків та відновлення фінансової відповідальності.

Аграрний сектор України на зовнішньому ринку виступає лідером у сфері сировинного постачання, що зумовлює значні втрати доданої вартості і актуалізує вимоги до розвитку галузі переробки сільськогосподарської продукції. Як наслідок, вітчизняні товаровиробники отримують вищі доходи і прибутки, забезпечать вищий рівень конкурентоспроможності агробізнесу.

На основі проведених досліджень, визначено, що рівень інтеграційних зв'язків переробних підприємств і виробників сільськогосподарської продукції залежить від галузей і видів продукції. У тваринництві об'єктивно формуються більш тісні взаємовідносини з переробними підприємствами, ніж у рослинництві. Серед під галузей рослинництва овочівництво, садівництво і виноградарство потребують особливої уваги та створення відповідної бази зберігання і переробки, особливо у південних регіонах.

Першочерговим завданням переробних підприємств є створення ефективної системи управління збутовою та заготівельною діяльністю, організація якої повинна бути частиною перспективного і поточного планування, формування виробничої програми та маркетингової стратегії. Управління заготівельно-збутовою діяльністю є складним і багатогранним процесом і вимагає постійного аналізу й удосконалення. Формування новітніх дієвих технологій у системах управління заготівельно-збутовою діяльністю зумовлене поступовим збільшенням обсягів реалізації виробників продовольчих товарів.

Переваги на ринку готових продуктів харчування мають підприємства, які можуть запропонувати крафтові, екологічні, органічні продукти, тому структури переробних підприємств і підрозділів в аграрному бізнесі повинні бути адаптовані до ринкових вимог, забезпечувати високий рівень якості всієї системи – від заготівельно-збутових функцій до реалізації кінцевої продукції споживачу. Важливим чинником посилення конкурентоспроможності господарюючих суб'єктів є розвиток інтеграції аграрних

суб'єктів господарювання, їх об'єднань і переробних підприємств. У розробленій нами моделі формування партнерських відносин сільськогосподарського виробничо-збутового кооперативу та переробного підприємства відображені переваги, які мають учасники процесів інтеграції і кооперації.

Формування і розбудова переробної бази на основі власних ресурсів різних за розмірами та організаційно-правовими формами сільськогосподарських підприємств, кооперації господарств населення і дрібних фермерських господарств вимагає консолідації їх ресурсного потенціалу та ефективної реалізації інвестиційних проектів у сфері переробки і зберігання продукції.

Збалансовувати взаємовідносини у сфері виробництва, переробки, реалізації сільськогосподарської продукції повинні державні та регіональні органи влади, у тому числі і у сфері послуг, які забезпечує інфраструктура. Ефективний розвиток ринку продовольчих товарів можливий за умови взаємодії усіх його складових як відокремлених, функціонально-самостійних структур. З метою подальшого зміцнення конкурентних позицій потрібно підвищувати якість і розширювати асортимент продуктів переробки, удосконалювати технології виробництва, відповідно до вимог сучасних міжнародних стандартів і регламентів.

Список використаних джерел:

1. Ужва А. М. Інтеграція як домінанта процесу забезпечення розвитку регіонального аграрного бізнесу. *Ефективна економіка: електронний журнал*. 2016. № 9. URL: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=5143> (дата звернення 10.10.2021).

2. Єдина комплексна стратегія та план дій розвитку сільського господарства та сільських територій в Україні на 2015–2020 роки : Проект (неофіційний текст) Міністерство аграрної політики та продовольства України. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/NT1978>. (дата звернення 15.10.2021).

3. Римар О. Г., Мазуркевич І. О. Проблеми та перспективи розвитку харчової промисловості України. *Економіка та держава*. 2021. № 3. С. 66–70.

4. Кількість суб'єктів великого, середнього, малого та мікропідприємництва за видами економічної діяльності (2010–2020). URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення 10.10.2021).

5. Обсяг реалізованої продукції (товарів, послуг) суб'єктів великого, середнього, малого та мікропідприємництва за видами економічної діяльності (2010–2020). URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення 10.10.2021).

6. Крикавський Є.В., Петецький І., Рикованова І. С. Від планування логістики до логістичного планування. *Економічні науки. Вісник Хмельницького національного університету*. 2009. № 5. Т. 3. С. 160–165.

7. Макаренко П.М. Інтеграція як фактор підвищення економічної ефективності сільського господарства. URL: https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/nppdaa/2011/3_1/003.pdf (дата звернення 16.10.2021).

8. Про затвердження Вимог до безпечності та якості молока і молочних продуктів : Наказ Міністерства аграрної політики і продовольства України від 12.03.2019. № 118. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0593-19>.

9. Аверчева Н. О. Підвищення якості молока як основа конкурентоспроможності продукції на європейському ринку. *Агросвіт*. 2019. № 22. С. 19–30.

10. Крючко Л. С. Методологія інтеграційної та коопераційної взаємодії в сільському господарстві. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*. 2018. Вип. 22. Ч. 2. С. 42–45.

11. Запша Г. М. Організаційні форми управління маркетинговою діяльністю аграрних господарюючих суб'єктів. *Ефективна економіка*. 2019. № 9. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=4274> (дата звернення 11.10.2019).

12. Тарасюк Г., Рудківський О., Погайдак О. Ключові показники ефективності та оцінки логістичної стратегії підприємства. *Соціально-економічні проблеми і держава*. 2013. Вип. 2 (9). С. 223–231.

13. Про сільськогосподарську кооперацію: Закон України від 21.07.2020 № 819-ІХ. *Відомості Верховної Ради (ВВР)*. 2020. № 52. С. 497.

14. Про схвалення Стратегії розвитку аграрного сектору економіки на період до 2020 року : Розпорядження Кабінету міністрів України від 17 жовтня 2013 р. № 806-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/806-2013-%D1%80#Text> (дата звернення 14.10.2021).

15. Дудар Т.Г., Дудар В.Т. Формування ринку конкурентоспроможної агропродовольчої продукції: теорія, методика, перспективи: монографія. Тернопіль : Економічна думка, 2009. 246 с.

16. Жевський П.Г. Міжфірмова інтеграція підприємств АПК України – відповідь на виклики глобальних трендів. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*. 2017. Вип. 13. Ч. 1. С. 110–114.

17. Шаманська О.І. Теоретичні основи формування та розвитку агропромислової інтеграції. *Ефективна економіка*. 2012. № 12. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=1632> (дата звернення 12.10.2021).

18. Шаманська О.І., Єкель Г. В. Інтеграційні процеси як фактор розвитку сільськогосподарських підприємств. *Агросвіт*. 2012. № 18. С. 35–39.

19. Уряд збільшив фінансування програми підтримки розвитку тваринництва та переробки сільськогосподарської продукції URL: <https://me.gov.ua/News/Detail?lang=uk-UA&id=be343de3-2dce-4f18-be83-f1a0292e5958&title=UriadZbilshivFinansuvanniaProgramiPidtrimkiRozvitkuTvarinnitstvaTaPererobkiSilskogospodarskoiProduktsii> (дата звернення 12.10.2021).

20. Розподіл держпідтримки АПК у 2021 році з покровою інструкцією отримання коштів. URL: <https://agropolit.com/spetsproekty/881-rozpodil-derjpidtrimki-apk-u-2021-rotsi-z-pokrokovoyu-instruktsiyeyu-otrimannya-koshtiv> (дата звернення 10.10.2021).

21. Держпідтримка АПК – програми на 2021 рік: тваринництво, компенсація придбання сільськогосподарської техніки, кредити, фермери, кооперативи, посуха, зрошення, органічна продукція, картоплярство. URL: <https://agropolit.com/spetsproekty/854-derjpidtrimka-apk--programi-na-2021-rik-tvarinnitstvo-kompensatsiya-pridbannya-s-g-tehniki-krediti-fermeri-kooperativi-posuha-zroshennya-organichna-produktsiya-kartoplyarstvo> (дата звернення 10.10.2021).

22. Переробна промисловість регіонів України: проблеми та перспективи розвитку : монографія; ДУ «Інститут регіональних досліджень імені М.І. Долишнього НАН України»; наук. редактор д.е.н., проф. С. О. Ішук. Львів, 2020. 341 с.

23. Крутько М.А. Основні підходи до планування стратегій інтеграційних процесів діяльності агроформувань. *Вісник ХНАУ*. 2019. URL: http://visen.knau.kharkov.ua/20191_14.html (дата звернення 12.10.2021).

24. Сичевський М.П., Юзефович А.Е., Коваленко О.В. Стратегія зростання «Харчова промисловість України – 2030» (передумови і перспективи). К. : Аграрна наука, 2019. 32 с.

25. Гордієнко О.В., Рудько О.І., Кулініч О.І. Організація виробництва: навчальний посібник. К. : Аграрна освіта, 2010. 377 с.

DOI <https://doi.org/10.36059/978-966-397-240-4-13>

Козир В. С.

*доктор сільськогосподарських наук, професор, академік
Національної академії аграрних наук України,
заслужений зоотехнік України,
головний науковий співробітник лабораторії тваринництва
Державна установа Інститут зернових культур
Національної академії аграрних наук України
м. Дніпро*

Денисюк О. В.

*кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник,
провідний науковий співробітник лабораторії тваринництва
Державна установа Інститут зернових культур
Національної академії аграрних наук України
м. Дніпро*

**ЕВОЛЮЦІЙНІ СЕЛЕКЦІЙНО-ГЕНЕТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ СІРОЇ
УКРАЇНСЬКОЇ ПОРОДИ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ**

Анотація. В популяції сірої української породи відбуваються закономірні еволюційні процеси під впливом природного та штучного добору, що спонукає удосконалення селекційно-генетичних методів розведення з використанням особливостей великої рогатої худоби. Багаторічні дослідження свідчать про високу консолідацію фенотипових ознак, які при спрямованому використанні сприяють збільшенню виробництва високоякісної яловичини і на цій основі поліпшити забезпечення українського народу високоякісним м'ясом. За генетичними та селекційними ознаками ця худоба інтенсивно використовується у породотворному процесі при створенні національної галузі м'ясного скотарства. На основі наявної популяції створена перша національна Українська м'ясна порода великої рогатої худоби а також Лебединська, Волинська, Південна м'ясна породи і багато внутришньопородних м'ясних типів. Розроблена і використовується методологічна філософія подальшої селекційної роботи під генетичним контролем і впроваджена концепція ефективного використання цього цінного національного надбання

що відповідає вимогам Міжнародної конвенції по збереженню біологічного різноманіття і збагаченню світового біоценоза. Сформовано генетичні символи умовно домінуючих корів $A_1B_8C_1D_1F_2G_2H_1I_2J_2K_1L_3$ і бугаїв плідників $A_1B_8C_1D_1G_2H_1I_2J_4K_1L_2$, які програмою ведення галузі до 2025 року передбачено ефективно цілеспрямовано використовувати.

Вступ

Сьогодні в світі понад тисяча порід великої рогатої худоби. На жаль, не всі вони розвиваються, а 20 % з них знаходяться на межі зникнення, що приводить до звуження генетичного різноманіття, а відтак, ускладнюється ефективність селекційної роботи, без якої неможливий подальший породотворний процес. Тому наукова спільнота однією з актуальних проблем визнає збереження наявних генетичних ресурсів тварин. У 1992 році на всесвітньому саміті у Ріо-де-Жанейро 167 країнами, включаючи і Україну, була прийнята Міжнародна конвенція по збереженню біологічного різноманіття [8].

В поточний час в Україні розводять 34 породи великої рогатої худоби, з них 17 молочного напрямку продуктивності і 7 вітчизняних спеціалізованих м'ясних порід, в тому числі і сіра українська. Вона пройшла багатовіковий шлях породоформування від дикого туру до сучасного культурного генотипу. Її генетична і селекційна унікальність полягає в тому, що вона є носієм окремих генів і специфічних генних комплексів, еритроцитарних антигенів і резервуаром спадкових якостей, яких немає ні в одній з існуючих в світі порід. Нашими дослідженнями та науковцями інших установ доведено, що саме вони забезпечують характерне високе успадкування до (0,68) таких ознак, як відмінна екологічна адаптивність до складних кліматичних (жарких) і кормових умов степової зони, міцність конституції, пропорційність тілобудови, універсальна продуктивність, довголіття виробничого використання, резистентність до хвороб, стресостійкість, урівноважений темперамент, мілкоплідність (до 31 кг), легкість отелень, високу репродуктивну здатність (вихід телят на 100 корів 98–99 % – такого показника відтворення немає у жодної спеціалізованої м'ясної худоби світу), чітко виражений статевий диморфізм нащадків, доброзичливі материнські якості, довгорослість з інтенсивною енергією росту (середньодобовий приріст на відгодівлі 1200 г), гармонійність розвинутих м'язів, у 30-місячному

віці жива маса бугайців понад 700 кг. Одержаній від них яловичині притаманні мармуровість і такі смакові та кулінарні властивості як ніжність, соковитість, аромат, амінокислотна повноцінність (білково-якісний показник – відношення триптофану до оксипроліну – 4,5), відношення білка до жиру 1:1, що приваблюють споживача [19].

Через ці селекційно-генетичні і господарські ознаки замкнута популяція автохтонної сірої української худоби була материнською основою при виведенні з нашою участю першої української м'ясної породи, а також вітчизняних Лебединської, Волинської, Південної м'ясної порід і багатьох внутрішньопородних типів.

1. Генетичний розвиток популяцій

На жаль, дійсність останніх десятиріч – це зникнення окремих локальних порід. Ми можемо стати свідками практичного переходу в небуття такого національного надбання, як сира українська порода великої рогатої худоби.

Вітчизняні локальні породи тварин не можуть конкурувати з класичними спеціалізованими породами за основними продуктивними показниками, але залишаються носіями спадкових якостей, без яких подальше генетичне поліпшення популяції неможливе. Зі зникненням виду зникає і генофонд, що звужує різноманітність господарсько-корисних ознак, а відтак, обмежує подальший породотворний процес. Тому збереження його є важливою державною справою і однією з найбільш актуальних проблем сільського господарства.

Роль породи збільшується у зв'язку з тим, що в ході еволюційного процесу з кожним роком ризик втрати наявних генетичних ресурсів не знижується через природний відбір (слабі вибувають). За останні 80 років з 49 антигенів систем груп крові стало менше на один еритроцитарний антиген «Z» у А-системі і «J» – в В – найбільш інформативній системі, з 41 алелі залишилось 24, з 16 дослідних локусів частота біохімічних маркерів видалося виявити лише 5 алелей з усіх можливих фенотипів, в тому числі 3 рідкісних трансферина фенотипу альбуміну і 2 – постальбуміну. Дещо заспокоює низький коефіцієнт гомозиготності (0,14), що підтверджує про достатнє генетичне різноманіття. Вивчення поліморфізму свідчить про наявність рідких варіантів ізоферментів. Рестрикційний аналіз фрагментів мітохондріальної ДНК по 13 рестриктазам також виявив поліморфізм. Цитогенетичний моніторинг

показав значний індивідуальний хромосомний поліморфізм при широкому спектрі аберацій [1, 7].

Системний аналіз і використання даних імуногенетичного маркірування сприяють підвищенню ефективності селекції і збереженню генофонду за рахунок підтримки відповідного балансу алелофонду наявної популяції (978 голів, в тому числі 266 корів і 9 бугаїв-плідників). Встановлено, що в підконтрольному стаді не зустрічаються раніш існуючі 14 антигенів, у 21 антигена виявлена висока частота (51,6–100,0 %), у 8 дуже низька (0,7–2,8 %) і у 11 проміжна концентрація (12,5–48,6 %). Значна частина популяції є носієм специфічних алелей, які відрізняють її від інших порід. Розповсюдження їх у В-системі груп крові дає можливість аналізувати роль конкретного спадкового матеріалу в селекції породи. Тому що вони є маркерами і генотипів родоначальників груп родоводу, що дуже важливо при чистопородному розведенні і у попередженні інбридингу [22].

Для контролю генетичного різноманіття породи в якості маркерів ми визначали послідовність нуклеотидів ДНК (п. н.), поліморфізм яких обумовлен розбіжностями у нуклеотидному складі різних алелей одного локуса. Одним з таких типів генетичних маркерів є мікросателіти, тандемні олігонуклеотидні повтори довжиною 2–6 послідовностей, які мають кодомінантний характер спадкування і високий рівень поліморфізму. Аналіз генетичної структури по 10 мікросателітним локусам, які входять у стандартні панелі маркерів для генотипування великої рогатої худоби, також підтвердив поліморфізм породи. Кількість алелей в ній на локус коливається від 3 до 8. серед досліджуваних локусів виявлено три 6-алельних, два 5-алельних, три 4-алельних і сумарно 51 алель по 10 локусам (5 алелей на локус), довжина яких в межах від 77 до 260 послідовностей нуклеотидів [4].

Високий рівень гетерозиготності відзначається у 5 з 10 локусів з середнім рівнем успадкованого параметра 0,538–0,650. Всі контрольовані локуси можна віднести до цінних маркерів. Індекс інформативного поліморфізму 0,49–0,82. Це дозволяє використовувати їх для паспортизації, ідентифікації і підтвердження походження окремих тварин. Високий рівень мінливості за мікросателітними локусами і породоспецифічність окремих алелей також підтверджує цінність наявного генофонду, як носія унікального генетичного матеріалу і вимагає його збереження.

Дослідженнями білкового спектру плазми крові і молока нами виявлені характерні особливості породи – рідкісні спадкові блоки

казеїнових аллелей, що свідчить о резерві генетичної мінливості і є позитивним у збереженні генофонду. Біохімічні тести, електрофоретичні дослідження, створені вектори генних профілей, вивчений поліморфізм по генотипам (виявлено 24 казеїно-білкових генотипів) також підтверджують високу гетерогенність замкнутого стада. Таким чином, наявний генофонд сірої української породи за поліморфними системами білків крові і молока при цільоспрямованій селекції під генетичним контролем можливо успішно зберігати і примножувати як рідкісну локальну замкнуту популяцію [15].

Для цього визначено відносну селективну цінність тварин за 8 генотипам і їх комплексам, встановлено їх аллельний специфічний ранговий порядок в системі трансферина, а серед двохаллельних систем – в системі церулоплазмїна і ділянці взаємодії їх локусів.

Процесу збереження генофонду і консолідації біологічних та господарсько-корисних ознак сприяє і генеалогічна структура стада, оцінка якості нащадків родоначальників ліній, міжлінійні кроси. Результати генетичних і селекційних розробок дали змогу сформулювати філософію штучного відбору, тестування тварин за молекулярно-генетичним маркером з тим, щоб не тільки зберегти діапазон мінливості, але і використовувати їх у подальшому породотворному процесі, що дуже важливо у розвитку різноманіття біоценозу всього світу [17]. На цій основі розроблена і випроваджується концепція цільоспрямованої роботи з популяцією до 2025 році і вже є певні наслідки – збережені окремі гени та їх асоціації, хоча незначний закономірний дрейф має місце, усунути вади екстер'єру, покращено загальний габітус тварин, підвищено соматометричні показники деяких ознак [13].

Успішному проведенню селекційно-генетичної роботи сприяє також запропонована нами маловитратна технологія вирощування тварин з урахуванням сезону року і кормової бази, біологічних особливостей великої рогатої худоби взагалі і сірої української породи зокрема, згідно якої працює потоково-цехова система – відбувається цілорічний, рівномірний, безперервний і послідовний процес у 5 спеціалізованих технологічних цехах: пологовий, інтенсивного вирощування телят з коровами на підсосі, ремонтного молодняка (окремо бугайців і телиць) та відгодівлі. Для кожного цеха розроблені технологічні карти, раціони і параметри кінцевих результатів.

У зв'язку з удосконаленням технології утримання тварин, еколого-кlimатичними зміними, які відбуваються останнім часом,

і впливом кормового фону є необхідність постійно стежити за динамікою показників біологічних та господарсько-корисних ознак худоби. Збереження генофонду зумовлене звуженням генетичного різноманіття і втратою генів, що відбувається за рахунок спрямованої селекції за обмеженими ознаками протягом багатьох поколінь. Розведення в замкнутій популяції призводить до наростання гомозиготності, що не бажано, в малочисельних популяціях неможливо формувати генеалогічну структуру.

Метрологічні підходи ґрунтуються на взаємодії «генотип-середовище» впродовж життя тварини. Кожен генотип має свою специфіку взаємодії щодо впливу зовнішніх факторів на формування фенотипу.

Для вивчення особливостей росту бугайців на м'ясо за маловитратною (огорожене природне пасовище при навантаженні 1 гол / 2 га) та традиційною технологіями в господарстві були відібрані 9-ти місячні бугайці у дослідну та контрольну групи і вирощували протягом 128 діб. Жива маса тварин на початку дослідження становила $247,0 \pm 2,38$ і $248,0 \pm 2,16$ кг, на кінець – $370,0 \pm 5,61$ та $333,0 \pm 4,42$ кг відповідно. Таким чином більш високи прирости (на 37,0 кг; $P > 0,999$) отримано на бугайцях вирощених за маловитратною технологією [12].

Робота на досягнутому не зупиняється. Ефективне розведення сірої української породи в замкнутому стаді неможливе без імунногенетичного контролю походження тварин, оскільки це обмежує високу точність родоводів і не дає можливості аналізувати їхні генотипи з застосуванням генетичних маркерів. Тому одним із методів який використовується нами, є введення в содо бугаїв-плідників з рідкісними алелями. Це дасть можливість своєчасно фіксувати всі зміни в генетичній структурі популяції і приймати відповідні заходи щодо формування її в бажаному напрямку.

Використання традиційних методів селекції у поєднанні з сучасними прийомами довгострокового зберігання сперми та постійним генетичним контролем дає можливість вести роботу в локальному замкнутому стаді сірої української породи та зберігати її унікальний генофонд з тим, щоб використовувати його у подальшому породотворному процесі. Контроль за станом збереження генофонду здійснюємо шляхом постійного аналізу інтенсивності росту та розвитку тварин, формуванням екстер'єрного типу фізіологічної зрілості на основі показників систематичного зважування та взяття промірів окремих статей екстер'єру.

Щоб уникнути негативного явища, проводимо відбір корів за висотою в холці і підбір бугаїв-плідників, які відрізняються характерними промірами та є препотентними за цією ознакою. Формування будови тіла тварин триває в період росту та розвитку тому важлива оптимізація технології вирощування молодняка.

Під імуногенетичним і цитогенетичним контролем уточнюються цільові стандарти інтегрованих параметрів, оцінюються препотентність бугаїв-плідників і забезпечується розвиток високопродуктивних родин щоб у адаптивній і репродуктивній нормі зберегти селекційно-генетичний вектор фенотипу і довголіття генотипів, визначається відповідна методологія.

2. Біохімічний моніторинг генотипів

Враховуючи, що кращим барометром стану породи є повномасштабна оцінка біохімічних показників сироватки крові, нами проведені певні дослідження молодняка різних генотипів за генами гормону росту – GH (табл. 1), пролактину – PRL (табл. 2), і лептину – LEP (табл. 3).

Одержані результати характеризують біологічні процеси, що відбуваються в організмі. Деяка різниця показників свідчить про різний рівень інтенсивності метаболізму генотипів, хоча більшість з них знаходиться в межах норми, підтверджуючи, що загальний гомеостаз збережено [11].

На початок 2021 року в Україні обліковувалось 850 голів сірої української породи (з них 364 корови) в тому числі в племзаводі дослідному господарстві «Поливанівка» державної установи «Інститут зернових культур» національної академії аграрних наук 265 корів і 12 бугаїв (всього 751 голова), племрепродукторі «Маркеєво» Інституту тваринництва степових районів НААН «Асканія нова» 37 корів і 2 бугаї та підсобному господарстві Києво-Печерської лаври 62 корови і 3 бугаї. За краніологічною класифікацією худоба відноситься до *Bos taurus premigenius*.

За габітусом – високоногі і довгі тварини. Середні соматометричні показники (проміри) відповідають стандарту породи: висота в холці бугаїв 150 см (lim 146–154, C_v – 3,8), корів – 132 см (lim 130–136, C_v – 4,2), в крижах бугаїв – 152 см (lim 148–164, C_v – 2,9), корів – 135 см (lim 131–139, C_v – 3,8), коса довжина тулуба бугаїв 185 см (lim 181–188, C_v – 3,5), корів – 162 см (lim 158–165, C_v – 4,8). Розтели проходять без додаткової допомоги. Бугайці народжуються живою масою 31 ± 3 кг, телиці – 27 ± 2 кг.

Таблиця 1

**Біохімічні показники сироватки крові молодняка
сирої української породи різних генотипів
за геном гормону росту (GH)**

Показник	Біометричні показники	Генотип	
		LL (n-7)	LV (n 14)
Загальний білок, г/л	$\bar{X} \pm S_x$	83,81 ± 0,586	82,56 ± 0,626
	Cv, %	1,85	2,83
Альбуміни, %	$\bar{X} \pm S_x$	42,85 ± 0,796	42,23 ± 0,557
	Cv, %	4,91	4,93
Сума глобулінів, %	$\bar{X} \pm S_x$	57,14 ± 0,796	57,76 ± 0,557
	Cv, %	3,69	3,61
Коефіцієнт А/Г	$\bar{X} \pm S_x$	0,75 ± 0,029	0,73 ± 0,016
	Cv, %	10,40	8,61
Альфа-глобуліни, %	$\bar{X} \pm S_x$	15,10 ± 1,157	12,80 ± 1,116
	Cv, %	20,30	32,61
Альфа1-глобуліни, %	$\bar{X} \pm S_x$	5,90 ± 0,461	4,62 ± 0,391
	Cv, %	20,70	31,71
Альфа2-глобуліни, %	$\bar{X} \pm S_x$	9,20 ± 1,34	8,17 ± 1,037
	Cv, %	37,70	47,51
Бета-глобуліни, %	$\bar{X} \pm S_x$	11,24 ± 1,214	11,45 ± 0,585
	Cv, %	28,60	19,11
Гамма-глобуліни, %	$\bar{X} \pm S_x$	30,80 ± 1,315	33,50 ± 1,324
	Cv, %	11,30	14,79
Фосфор неорганічний, ммоль/л	$\bar{X} \pm S_x$	1,87 ± 0,094	1,76 ± 0,052
	Cv, %	13,30	11,02
Кальцій загальний, ммоль/л	$\bar{X} \pm S_x$	2,48 ± 0,045	2,57 ± 0,031
	Cv, %	4,89	4,60
Глюкоза, ммоль/л	$\bar{X} \pm S_x$	3,31 ± 0,045	3,26 ± 0,042
	Cv, %	3,67	4,89
Холестерин, ммоль/л	$\bar{X} \pm S_x$	3,52 ± 0,137	3,48 ± 0,071
	Cv, %	10,30	7,70
АсАТ, од/л	$\bar{X} \pm S_x$	27,28 ± 1,475	26,85 ± 1,821
	Cv, %	14,30	25,37
АлАТ, од/л	$\bar{X} \pm S_x$	20,00 ± 1,951	19,64 ± 1,117
	Cv, %	25,80	21,28
Фосфатаза лужна, од/л	$\bar{X} \pm S_x$	186,42 ± 3,476	182,71 ± 6,698
	Cv, %	4,93	13,71
Сечовина, ммоль/л	$\bar{X} \pm S_x$	4,07 ± 0,114	3,89 ± 0,064
	Cv, %	7,47	6,17
Креатинін, мкмоль/л	$\bar{X} \pm S_x$	90,57 ± 1,962	91,07 ± 1,126
	Cv, %	5,73	4,62

Таблиця 2

Біохімічні показники сироватки крові молодняка великої рогатої худоби різних генотипів за геном пролактину (PRL)

Показник	Біометричні показники	Генотип		
		AA (n-10)	BB (n-2)	AB (n-9)
Загальний білок, г/л	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	83,34 ± 0,482	81,95	82,80 ± 0,822
	Cv, %	1,83		2,97
Альбуміни, %	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	43,02 ± 0,710	40,70	42,18 ± 0,630
	Cv, %	5,22		4,48
Сума глобулінів, %	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	56,98 ± 0,710	59,30	57,81 ± 0,630
	Cv, %	3,94		3,27
Коефіцієнт А/Г	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	0,76 ± 0,026	0,70	0,73 ± 0,017
	Cv, %	11,09		6,81
Альфа-глобуліни, %	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	12,31 ± 1,401	16,95	14,22 ± 0,982
	Cv, %	36,01		20,73
Альфа1-глобуліни, %	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	4,89 ± 0,486	6,00	5,01 ± 0,461
	Cv, %	31,46		27,62
Альфа 2-глобуліни, %	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	7,41 ± 1,184	10,95	9,20 ± 1,00
	Cv, %	50,55		32,93
Бета-глобуліни, %	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	11,00 ± 0,967	11,05	11,88 ± 0,708
	Cv, %	27,79		17,88
Гамма-глобуліни, %	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	33,67 ± 1,378	31,30	31,70 ± 1,663
	Cv, %	12,94		15,74
Фосфор неорганічний, ммоль/л	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	1,74 ± 0,040	1,80	1,86 ± 0,092
	Cv, %	7,27		14,91
Кальцій загальний, ммоль/л	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	2,56 ± 0,040	2,45	2,55 ± 0,044
	Cv, %	4,94		5,21
Глюкоза, ммоль/л	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	3,27 ± 0,039	3,20	3,31 ± 0,051
	Cv, %	3,82		4,64
Холестерин, ммоль/л	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	3,61 ± 0,112	3,35	3,41 ± 0,071
	Cv, %	9,81		6,29
АсАТ, од/л	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	27,00 ± 1,693	33,0	25,67 ± 2,204
	Cv, %	19,83		25,77
АлАТ, од/л	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	17,80 ± 1,412	24,0	21,00 ± 1,290
	Cv, %	25,09		18,44
Фосфатаза лужна, од/л	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	190,50 ± 3,019	183,0	176,88 ± 9,818
	Cv, %	5,01		16,65
Сечовина, ммоль/л	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	3,94 ± 0,102	3,95	3,96 ± 0,079
	Cv, %	8,21		6,04
Креатинін, мкмоль/л	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	92,80 ± 1,289	93,5	88,22 ± 1,320
	Cv, %	4,39		4,49

Таблиця 3

Біохімічні показники сироватки крові молодняку великої рогатої худоби різних генотипів за геном лептину (LEP)

Показник	Біометричні показники	Генотип		
		сс (n-10)	ст (n-2)	тт (n-9)
Загальний білок, г/л	$\bar{X} \pm Sx$	83,02 ± 0,510	82,07 ± 1,650	84,8
	Cv, %	2,53	3,48	
Альбуміни, %	$\bar{X} \pm Sx$	42,31 ± 0,490	43,03 ± 1,734	42,9
	Cv, %	4,77	6,98	
Сума глобулінів, %	$\bar{X} \pm Sx$	57,68 ± 0,490	56,96 ± 1,734	57,1
	Cv, %	3,50	5,27	
Коефіцієнт А/Г	$\bar{X} \pm Sx$	0,73 ± 0,014	0,76 ± 0,067	0,80
	Cv, %	8,24	15,06	
Альфа-глобуліни, %	$\bar{X} \pm Sx$	13,04 ± 0,879	15,43 ± 3,437	16,9
	Cv, %	27,80	38,57	
Альфа1-глобуліни, %	$\bar{X} \pm Sx$	5,21 ± 0,386	4,06 ± 0,284	5,2
	Cv, %	30,57	12,13	
Альфа2-глобуліни, %	$\bar{X} \pm Sx$	7,82 ± 0,791	11,36 ± 3,166	11,7
	Cv, %	41,70	48,24	
Бета-глобуліни, %	$\bar{X} \pm Sx$	11,42 ± 0,626	11,46 ± 1,674	10,4
	Cv, %	22,59	25,29	
Гамма-глобуліни, %	$\bar{X} \pm Sx$	33,21 ± 1,111	30,06 ± 3,068	29,8
	Cv, %	13,79	17,67	
Фосфор неорганічний, ммоль/л	$\bar{X} \pm Sx$	1,80 ± 0,055	1,73 ± 0,067	2,0
	Cv, %	12,72	6,67	
Кальцій загальний, ммоль/л	$\bar{X} \pm Sx$	2,55 ± 0,029	2,56 ± 0,088	2,4
	Cv, %	4,82	5,95	
Глюкоза, ммоль/л	$\bar{X} \pm Sx$	3,30 ± 0,034	3,16 ± 0,088	3,2
	Cv, %	4,34	4,82	
Холестерин, ммоль/л	$\bar{X} \pm Sx$	3,51 ± 0,077	3,40 ± 0,100	3,50
	Cv, %	9,11	5,09	
АсАТ, од/л	$\bar{X} \pm Sx$	26,52 ± 1,500	30,33 ± 2,667	25,0
	Cv, %	23,31	15,22	
АлАТ, од/л	$\bar{X} \pm Sx$	19,23 ± 1,076	21,33 ± 2,667	24,0
	Cv, %	23,06	21,65	
Фосфатаза лужна, од/л	$\bar{X} \pm Sx$	181,17 ± 5,366	197,67 ± 5,364	190,0
	Cv, %	12,21	4,70	
Сечовина, ммоль/л	$\bar{X} \pm Sx$	3,92 ± 0,068	4,03 ± 0,120	4,20
	Cv, %	7,18	5,16	
Креатинін, мкмоль/л	$\bar{X} \pm Sx$	91,17 ± 1,120	90,67 ± 2,403	87,0
	Cv, %	5,07	4,59	

Молочність корів – 220–240 кг Жива маса дорослих бугаїв – до 1200 кг, корів – до 600 кг. Забійний вихід – до 60 %. Індекс м'ясності 4,4–4,5. Співвідношення білок-жир в туші 1:1,5. дегустаційна оцінка яловичини 4,1–4,5 балів. Вихід шкіри – 10–11 %, яка вже у річному віці бугайців відноситься до категорії «важких» (понад 25 кг).

Тварини стійко з високим достовірним коефіцієнтом спадковості передають нащадкам специфічні біологічні особливості (сіра масть, ліроподібна форма рогів, компактна тілобудова з пропорційно розвинутими м'язами, добра акліматизація до жаркого клімату і адаптація до безпасовищних кормових умов степової зони, підвищена резистентність до захворювань, дрібноплідність, довгорослість, міцна конституція, стресостійкість, рідкісні гени та їх специфічні асоціації, еритроцитарні антигени) [6].

У виробничих умовах генофондне стадо утримується лише у дослідному господарстві «Поливанівка» в якому тварини належать до двох ліній (Петушка 191У і Шамріна ХУ-41) та 20 родинам. Успадкування господарсько-корисних ознак обумовлені змінами обміну речовин.

Бугайці сучасного стада характеризуються дещо повільним типом інтенсивності росту: індекс формування (Δt) складає 0,343 бала, напруженості росту (I_n) 0,125 бала та рівномірності росту (I_p) – 0,480 бала.

Кров – необхідна життєве середовище для всіх клітин, тканин і органів тварин. Вона забезпечує клітини і тканини живильними речовинами, доставляє кисень і видаляє вуглекислоту, переносить продукти обміну речовин до органів виділення, встановлює гормональний зв'язок між органами і системами, виконує захисні функції організму (утворення антитіл і фагоцитів), створює для всіх клітин однорідне середовище (осмотичний тиск) і відіграє велику роль у розподілі тепла.

Успадковані господарсько-корисні ознаки обумовлені глибокими змінами обміну речовин, тому що зростання, розвиток і м'ясна продуктивність тісно взаємопов'язані з останнім. Обмінні функції по перетравності і всмоктуванню їжі протікають, як відомо, в двох напрямках: по-перше, в безперервній зміні складових частин крові і тканинах, по-друге, мобілізації великих кількостей води, білків і мінеральних речовин, що впливає на перебіг проміжного і загального обміну речовин.

Загальна картина біохімічних показників крові піддослідних бугайців у віці 12 місяців представлена в таблиці 4.

Таблиця 4

Біохімічні показники сироватки крові бичків різних ліній, n = 10

Показники, одиниці виміру	Лінія		
	Шампіра	Петушка	Норма
Вміст загального білка, г/л	83,22 ± 0,801	83,10 ± 0,907	70–85
Альбуміни, %	42,58 ± 1,219	41,40 ± 0,636	40–50
Сума глобулінів	57,42 ± 1,219	58,60 ± 0,636	43,76
Коефіцієнт А/Г	0,76 ± 0,040	0,71 ± 0,016	0,70–0,80
Альфа-глобуліни, %	12,00 ± 0,995	10,35 ± 1,404	10–20
Альфа 1-глобуліни, %	5,46 ± 0,737	4,41 ± 0,801	4–6
Альфа 2-глобуліни, %	6,52 ± 0,896	5,91 ± 0,770	8–12
Бета-глобуліни, %	9,50 ± 0,655	12,01 ± 0,698	8–16
Гамма-глобуліни, %	35,92 ± 0,487	36,23 ± 1,427	25–40
Холестерин, ммоль/л	3,40 ± 0,144	3,58 ± 0,107	2,3–4,5
АсАТ, од/л	25,80 ± 2,887	27,50 ± 2,801	10–50
АлАТ, од/л	20,40 ± 2,227	18,67 ± 1,686	10–30
Фосфатаза лужна, од/л	191,00 ± 5,603	167,50 ± 13,328	100–200

Встановлено, що вміст загального білка в сироватці крові в межах фізіологічної норми, але з незначними коливаннями по альбуміновій і глобуліновій фракціям. Концентрація альфа-глобулінів, альфа 2-глобулінів і бета-глобулінів, активності ферментів сироватки крові аспартатамінотрансферази (АсАТ), аланінамінотрансферази (АлАТ) і лужної фосфатази також в межах норми.

Бугайці лінії Петушка характеризуються більш високими показниками вмісту за сумою глобулінів (на 1,18 %, $td = 1,37$, $P < 0,95$), бета-глобулінів (на 2,51 %, $td = 2,78$, $P > 0,95$), гамма-глобулінів (на 0,31 %, $td = 0,20$, $P < 0,95$), холестерину (на 0,18 ммоль/л, $td = 1,05$, $P < 0,95$) і активності аспартатамінотрансферази (АсТ) (на 1,70 од / л, $td = 0,50$, $P < 0,95$).

Популяційно-фенетичний аналіз [10] стада свідчить, що сучасному маточному поголів'ю характерні 7 типів масті, основною з яких є А₁ (сіра) – 54 %. Забарвлення голови представлено 9 типами, основними серед них є В₈ (світло-сіре волосся на фронтальній частині, темно-сірий низ) – 35,1 % та В₁ (повністю сіра) – 21,4 %. 65,5 % корів несуть фен С₁ (чорні «окуляри» навколо очей), 94,0 % – фен D₁ (відсутнє чорне обрамлення на вухах, 58,9 % – фен F₂ (відсутній завиток шерсті на лобі), 6,5 % – фен G₁ (горбоносність

(сагайдача морда), 83,3 % – фен Н₁ (світло забарвлене кільце навколо носо-губного дзеркала), 94,6 % – фен К₁ (підпалини темно-сірого, червоно-сірого кольору на тулубі і кінцівках). 64,3 % корів мають світлий ремінь по хребту (I₃) та 73,2 % – чорне забарвлення вульви (J₂). За феногрупою L (розподіл світлих і темних ділянок забарвлення покрівів) у 36,3 % поголів'я тулуб забарвлений рівномірно (L₃), 34,5 % – має «борсучий тип забарвлення» (верх світлий низ темний, L₁) та у 29,2 % корів – передня третина тулуба темна (L₂). Формулу умовної типової (найчастіші фени) сучасної корови можна записати так: A₁B₈C₁D₁F₂G₂H₁I₂J₂K₁L₃.

Імуногенетичний аналіз стада показує, що серед породоспецифічних алелей є B, B₂, G₃, J₁, Q, T₁, G₂, K, V, E, O. Коефіцієнт гомозиготності для системи B складає 0,14, що свідчить про достатню генетичну різноманітність [7]. Проте порівняно з 1976 р. сучасне поголів'я втратило деякі алелі: O, E/I/, BPQA/D/, G₂Y₂E/, DGKY₂E/OG//, G₂Y₂I/ – внаслідок обмеженої різноманітності алелей у бугаїв-плідників більш високою стала гомозиготність (0,38 проти 0,05), що вказує на поступову втрату генних блоків. Тому, одним із запропонованих нами методів є введення в стаді бугаїв-плідників з рідкісними алелями. Це дасть можливість своєчасно фіксувати зміни в генетичній структурі стада і приймати відповідні заходи щодо формування її в бажаному напрямку [14]. Аналіз біохімічних маркерів білків сироватки крові показує, що альбумін і постальбумін виявлено у трьох фенотипів AA, BB, і AB, пострасформи – теж у трьох фенотипів FF, FS, і SS. По гемоглобін у всі досліджені тварини стада мають тип A. При рестрикційному аналізі мітохондріальної ДНК поліморфізм виявлений тільки по ендонуклеазі Eco 471. Тобто, селекційною роботою створено збалансований, стабільний та унікальний поліморфний геном породи. Високий рівень генетичної різноманітності в стаді пояснюється дією природного добору, який запобігає зниженню резерву спадкової мінливості. При цьому внутрішньо-генні рекомбінації сприяють створенню нових алелів.

Цитогенетичний моніторинг засвідчує значний індивідуальний хромосомний поліморфізм, хромосомну аберацію, широкий білковий спектр плазми крові (коефіцієнт гомозиготності 0,68). Тобто достатній запас генетичної мінливості, що є позитивним для збереження породи. Таке різноманіття алелей не зустрічається в інших породах. В еритроцитах знайдено варіант білка фосфоглюкомутази.

Результати розрахунку коефіцієнтів парної кореляції підтверджує наявність достовірних зв'язків між біохімічними показниками сироватки крові та показниками зростання бичків в ранньому онтогенезі (табл. 5).

Таблиця 5

Рівень кореляційних зв'язків між ознаками росту і біохімічними показниками сироватки крові бугайців, n = 20

Показники росту, міс.	Біохімічні показники сироватки крові						
	1	2	3	4	5	6	7
8	0,110	-0,020	0,020	0,063	0,177	0,497*	0,207
9	0,004	0,333	-0,333	-0,117	-0,105	0,132	0,434*
10	0,630	0,196	-0,196	0,115	0,153	0,221	0,280
11	0,360	0,193	-0,193	0,051	-0,181	0,170	0,421
12	0,107	-0,047	0,077	0,055	0,425	0,226	-0,040
13	-0,030	0,392	-0,392	-0,052	-0,363	-0,037	0,459*

Примітки: 1 – вміст загального білка, г/л; 2 – альбуміни, %; 3 – сума глобулінів, %; 4 – холестерин, ммоль/л; 5 – аспартатамінотрансфераза (АСТ), од/л; 6 – аланінамінотрансфераза (АлАТ), од/л; 7 – фосфатаза лужна, од/л; 8 – жива маса при народженні, кг; 9 – жива маса у віці 6 місяців, кг; 10 – жива маса у віці 12 місяців, кг; 11 – середньодобовий приріст живої маси за період від народження до 6-місячного віку, г; 12 – середньодобовий приріст живої маси за період від 6 до 12-місячного віку, г; 13 – коефіцієнт інтенсивності формування за період від народження до 12-місячного віку, балів; * – $P > 0,95$.

Достовірно кореляційний зв'язок встановили за такими парам ознак: жива маса при народженні \times активність аланінаміно-трансферази (АлАТ) $+0,497 \pm 0,1991$ ($tr = 2,51$), активність лужної фосфатази \times жива маса у віці 6 місяців $+0,434 \pm 0,2067$ ($tr = 2,10$), активність лужної фосфатази \times коефіцієнт інтенсивності формування за період від народження до 12-місячного віку $+0,459 \pm 0,2038$ ($tr = 2,25$).

З метою оцінки бугайців різних ліній за власною продуктивністю дослідили їх на контрольно-випробувальній станції, в оптимальних умовах $n = 15$), (табл. 6).

Результати досліджень свідчать, що бугайці різних ліній в межах одній піддослідній групі за середніми показниками росту у різні вікові періоди достовірно не відрізняються [20].

Таблиця 6

Динаміка живої маси бугайців, n = 15

Вік тварин	Загальне стадо	Лінія	
		Петушка	Шамріна
При народженні	27,4 ± 0,20	27,3 ± 0,25	27,7 ± 0,33
При відлученні від матерів (8 міс.)	175,4 ± 2,70	177,8 ± 2,98	169,3 ± 5,41
12 місяців	309,5 ± 4,80	314,7 ± 4,87	296,5 ± 10,43
15 місяців	404,3 ± 6,35	403,8 ± 7,98	406,0 ± 9,17

Передзабійна жива маса бугайців, що належали до ліній Петушка 191-У (n = 3, у віці 585 днів) і Шамріна ХУ-41 (n = 3, у віці 573 днів) становила відповідно 403 ± 4,91 та 405 ± 4,51 кг. За результатами контрольного забою маса парної туші та вихід туші тварин різних ліній дорівнювали відповідно: Петушка 191-У – 192,0 ± 3,12 кг і 47,6 ± 0,21 %; Шамріна ХУ-41 – 188,3 ± 4,15 кг та 46,5 ± 0,51 %. Довжина лівої напівтуші і заду та обхват заду залежно від лінійної належності були відповідно: Петушка 191-У – 212,7 ± 2,60; 53,3 ± 1,20 та 103,0 ± 2,00 см; Шамріна ХУ-41 – 211,0 ± 0,58; 56,0 ± 2,08 та 103,0 ± 0,58 см. Таким чином, за відповідними та м'ясними якостями значної та достовірної різниці між бугайцями різної лінійної належності не встановлено.

Дослідження характеру успадкування показників розвитку тварин свідчить про вірогідність та вплив матерів на живу масу та середньодобові прирости у їхніх дочок. Так, коефіцієнт успадкованості показників розвитку, визначений шляхом подвоєної кореляції (мати – дочка) за показниками м'ясної продуктивності становив від 0,49 до 0,61 % (табл. 7).

Таблиця 7

Характер успадкування селекційних ознак, h²

Ознака	h ² (мати- дочка; h ² = 2r)	η ² (частка впливу батька; однофакторний дисперсійний аналіз)
Жива маса у 18-міс. віці	0,60	25,9
Середньодобовий приріст: від відлучення до 18 міс. від народження до 18 міс.	0,49 0,61	12,9 25,5
Індекс рівномірності росту за період 6–18 міс. віку)	0,29	27,4
Прижиттєвий показник відтворної здатності корови	0,24	-

На формування тієї чи іншої ознаки у потомстві мають вплив обое батьків. В зв'язку з цим розрахована частка впливу батька на ознаки, які становлять в межах 12,9–25,9 ($P > 0,95$).

Таким чином, встановлений адитивний характер успадкування ознак живої маси тварин в ранньому онтогенезі за дії штучного добору, що дає підстави для добору тварин за ознаками м'ясної продуктивності матерів.

Для високої ефективності збереження генотипу слід обов'язково враховувати ці особливості і ознаки при закріпленні бугаїв-плідників за маточним стадом, підборі пар, доборі молодняка, спрямованого його вирощування і подальшого використання. Постійний контроль за можливими мікроеволюційними генетичними змінами в популяції вимагає тестування і моніторинг кожної генерації нащадків для вжиття необхідних заходів [5].

3. Популяційно-фенотиповий аналогів стада

Дослідження відтворювальної здатності свідчать, що коефіцієнт варіації окремих ознак підтверджує можливості проведення ефективної селекційно-плеємної роботи в стаді. Встановлено (табл. 8), що зі збільшенням кількості лактацій тривалість сервіс-періоду зменшується, що сприяє більш повному прояву генетичного потенціалу, репродуктивної функції маточного поголів'я і збільшенню коефіцієнту мінливості. Підвищена тривалість сервіс-періоду (lim 29–161 днів), а, отже, і міжотельного періоду в 2021 році у різновікових корів 1–3 лактації (lim 312–443 днів), переконує в необхідності запліднення їх в першу ж охоту після отелення, що підвищить коефіцієнт використання генетичного потенціалу репродуктивної здатності популяції і забезпечить стабільний розвиток генофонду для подальшого його використання в селекційній роботі.

Зі збільшенням кількості лактацій знижується і коефіцієнт дрібноплідності, тобто телята народжуються з живою масою, близькою до стандарту породи. Очевидно, вік корів сприяє інволюції репродуктивних органів для розвитку плода відповідно стандарту породи [9].

Кондиція корів (вгодованість) в цілому характеризує стан здоров'я тварин і їх енергетичний статус. Для корів на останньому місяці тільності бажано щоб вона була на рівні 3,5–4,0 балів. Під час експерименту встановлено, що за 5–10 днів до отелення кондиція корів ($n = 16$) становила $2,61 \pm 0,102$ балів ($Cv = 15,6\%$), через 30–35 днів після отелення – $2,30 \pm 0,164$ балів ($Cv = 16\%$), а на 70–80 день підсисного періоду – $2,23 \pm 0,096$ балів ($P > 0,95$; $Cv = 14,8\%$).

Таблиця 8

Відтворювальна здатність корів

Лактація	Біометричні дані			
	$\bar{X} \pm S_x$	$\sigma \pm S_x$	lim	$C_v \pm S_x$
Сервіс-період, дні:				
I	155,4 ± 8,26	113,6 ± 5,84	36–161	73,1 ± 3,76
II	130,5 ± 9,34	123,6 ± 6,61	33–142	94,7 ± 5,06
III	91,3 ± 7,47	124,1 ± 6,69	29–102	95,6 ± 5,44
Міжотельний період, дні				
I	438,6 ± 8,26	113,8 ± 5,83	388–443	25,9 ± 1,32
II	412,3 ± 9,38	124,8 ± 6,63	359–417	30,2 ± 1,60
III	354,1 ± 8,73	129,1 ± 6,74	312–361	31,4 ± 1,68
Коефіцієнт мелкоплодності, од				
I	5,4 ± 0,04	0,56 ± 0,029	3,8–7,7	10,4 ± 0,53
II	4,9 ± 0,04	0,55 ± 0,031	3,4–7,4	11,2 ± 0,64
III	5,0 ± 0,04	0,55 ± 0,032	3,5–7,3	10,9 ± 0,49

Енергетика корів в деякій мірі визначає не тільки їх життєздатність, а й створює передумови для формування енергетики потомства [16]. Енергія підтримки життєдіяльності підсисних корів динамічно підвищувалася з черговим отеленням у міру збільшення їх живої маси (триваючим зростанням первісток) (табл. 9).

Таблиця 9

Енергетика корів і новонароджених телят, МДж/добу

Лактація	Біометричні дані			
	$\bar{X} \pm S_x$	$\sigma \pm S_x$	lim	$C_v \pm S_x$
Чиста енергія підтримки життєдіяльності корів, МДж/добу				
I	40,3 ± 0,14	2,00 ± 0,102	34,7–54,7	4,9 ± 0,25
II	43,4 ± 0,19	2,49 ± 0,140	37,1–57,7	5,7 ± 0,32
III	44,9 ± 0,22	2,51 ± 0,144	39,4–59,1	5,8 ± 0,34
Чиста енергія підтримки життєдіяльності новонароджених телят, МДж				
I	4,5 ± 0,03	0,53 ± 0,027	3,0–5,4	11,7 ± 0,60
II	4,6 ± 0,02	0,27 ± 0,014	3,6–5,2	13,8 ± 0,30
III	4,5 ± 0,03	0,31 ± 0,019	3,5–5,1	12,4 ± 0,41

Енергетика матері позитивно впливає не тільки на розвиток плода, але і на подальше життя новонароджених телят в період підсосу, на енергію їх росту (табл. 10). Однак чиста енергія підтримки потомства за період підсосу практично не залежала від

віку корів за перші три лактації ($r = -0,05 - +0,13$), що очевидно пов'язано з оптимальними умовами годівлі та утримання в період тільності матерів і стандартної для породи масою телят при народженні. Простежується незначна кореляція витрат чистої енергії на підтримку життєдіяльності молодняку при народженні і при відбитті ($r = 0,185$).

Таблиця 10

Чиста енергія приросту телят МДж

Лактація	Біометричні дані			
	$\bar{X} \pm S_x$	$\sigma \pm S_x$	lim	$C_v \pm S_x$
Чиста енергія підтримки життєдіяльності телят при відлучки, МДж/добу				
I	19,3 ± 0,08	1,17 ± 0,062	14,5-22,7	6,0 ± 0,31
II	19,4 ± 0,11	1,30 ± 0,076	14,0-22,6	6,7 ± 0,31
III	19,6 ± 0,17	1,36 ± 0,081	14,2-21,9	6,6 ± 0,42
Чиста енергія приросту телят за підсосний період (240 дн.), МДж				
I	3779,8 ± 26,6	352,31 ± 21,287	2325-4825	9,3 ± 0,56
II	3789,8 ± 32,45	386,70 ± 23,811	2400-4875	10,2 ± 0,62
III	3805,3 ± 33,12	391,42 ± 21,639	2421-4816	10,9 ± 0,74

Кореляційний аналіз свідчить, що зв'язок між живою масою корів, чистою енергією їх тіла і чистою енергією підтримки організму з інтенсивністю росту потомства в ембріональний і постембріональний періоди і їх чистою енергією слабкий, а по зв'язку репродуктивної функції з енергією приплоду навіть негативний. У той же час, за більшістю показників спостерігається деяка тенденція до поліпшення зв'язків з віком (лактацією) корів. Цю закономірність можна використовувати в подальшій селекційно-племінній роботі з популяцією [3].

Критеріями визначення реакції генотипів на зміну середовищних факторів прийнято параметри екологічної пластичності і стабільності. Для їх розрахунку проведено дисперсійний аналіз і встановлено відсутність впливу фактору «умови (рік)» та варіант підбору на тривалість міжотельного періоду (табл. 11) (F-критерій становив: для фактору А (рік) – F_{факт} = 0,54; F_{крит} = 2,17; фактору В (варіант підбору) – F_{факт} = 0,76; F_{крит} = 3,92.

Враховуючи, що тварини знаходяться в однакових умовах і постійний напрямок селекційної роботи під генетичним

контролем, то немає необхідності наявну популяцію оцінювати за пластичністю і стабільністю [23].

Таблиця 11

Вплив різних факторів на тривалість міжотельного періоду

Джерело дисперсії	Сума квадратів	Ступені вільності	Середній квадрат	$F_{\text{факт}}$	$F_{\text{крит при } \alpha = 0,05}$	P-значущість	%-ий внесок у факторну суму квадр.	%-ий внесок у загальну суму квадр.
Загальна, Су	1101314,87	134						
Факторна, Сх	14535198	1						
Фактор, А	25422	6	4237	0,54	2,17	0,7733	0,2 %	2,3 %
Фактор, В	5914	1	5914	0,76	3,92	0,3850	0,0 %	0,5 %
Взаємодія, АВ	128609	6	21435	2,76	2,17	0,0152	0,9 %	11,7 %

Дослідженнями характеру успадкування та мінливості біологічно цінних ознак в популяції сірої української породи ($n = 89$) встановлено, що середній показник живої маси при народженні, відлучці (8 міс.), 12 та 18 міс. становив $25 \pm 0,3$; $176 \pm 1,3$; $267 \pm 3,0$; $376 \pm 2,7$ кг з середнім рівнем варіювання (табл. 12). У самок наступного покоління середнє значення цього показника достовірно знизилось у період розвитку до 8 міс. на 5 кг ($171 \pm 1,3$; $P > 0,95$), а в інші вікові періоди різниці незначна або недостовірна. У корів та їх дочок середнє значення середньодобових приростів за періодами 0–8; 8–18 та 0–18 міс. відповідно становили – $0,72 \pm 0,006$ і $0,70 \pm 0,006$; $0,59 \pm 0,007$ і $0,58 \pm 0,012$; $0,64 \pm 0,005$ та $0,63 \pm 0,005$ кг. За мінливості 8,3 і 8,4; 11,9 і 13,1; 7,5 та 7,1 %.

Розрахований відносний приріст у тварин різних поколінь у період від народження до 18-ти місячного віку становив на рівні 174 %. За інтенсивністю формування організму худоба в розрізі поколінь достовірно відрізнялися між собою (табл. 13). Так, матері порівняно дочками мали більш інтенсивний та рівномірний тип розвитку (на 0,032 од.; $P > 0,99$).

Таблиця 12

Жива маса тварин в ранньому онтогенезі, $\bar{X} \pm S\bar{x}$

Тварини	Жива маса (кг) у віці							
	Ново-народжені	Cv, %	при відлучці (8 міс)	Cv, %	12 міс	Cv, %	18 міс	Cv, %
Матері	25 ± 0,3	10,4	176 ± 1,3	7,2	267 ± 3,0	10,5	376 ± 2,7	6,9
Дочки	25 ± 0,2	8,0	171 ± 1,3	7,0	268 ± 2,4	8,3	369 ± 2,6	6,6

Таблиця 13

13. Індекс рівномірності росту маточного поголів'я

Тварини	Ip	
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	Cv, %
Матері	0,10 ± 0,0094	17,5
Дочки	0,478 ± 0,0063	12,5

Аналіз показників відтворювальної здатності маточного поголів'я різних поколінь (n = 140) показує, що вік першого отелення більший у корів-матерів на 225 днів (P > 0,95), ніж у їх дочок і коефіцієнт відтворення вищий на 13,67 % (P > 0,999) (табл. 14).

Таблиця 14

Показники відтворювальної здатності маточного поголів'я, n = 70

Тварини	Вік I отелення		Тривалість життя	
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	Cv, %	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	Cv, %
Матері	1363,4 ± 79,30	48,7	11,4 ± 0,38	28,1
Дочки	1137,9 ± 52,39	38,2	-	-
	Коефіцієнт відтворення		Індекс генетичної подібності	
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	Cv, %	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	Cv, %
Матері	69,43 ± 1,501	18,1	92,0 ± 1,62	14,8
Дочки	55,77 ± 1,867	28,0	92,6 ± 2,21	18,5

Досліджуваному масиву тварин характерний високий прижиттєвий показник відтворної здатності корови, який становив на рівні 92 %. Худобі притаманна висока тривалість господарського використання (корови за 8-ю лактацією в структурі сучасного стада

займають біля 35 %). Відповідний коефіцієнт корів-матерів становив 0,65 % ($C_v = 22,4$), за високої тривалості життя. Високі показники відтворювальної здатності корів сірої худрби відмічені і нашими науковцями [2].

4. Еволюційні зміни в популяції

В наслідок цілеспрямованої генетично-селекційної роботи, яка проводиться нами понад 40 років, в популяції відбуваються певні позитивні еволюційні зміни. Для порівняння сформовано середні показники по наявних тваринах (I група) і тих, що вибули (II група).

Жива маса корів сучасного стада (I група, $n = 254$) та вибувших корів (II група, $n = 98$) на дату народження становила відповідно 25,6 і 27,9 кг (табл. 15); при відлученні (7-місячних) – 174,7 і 178,0 кг, 12-міс – 263,8 і 233,1 кг та 18-ти місячних – 375,4 і 344,0 кг (табл. 15).

Таблиця 15

15. Жива маса корів, кг, $\bar{X} \pm S\bar{x}$

Вік тварин	Група	
	I (живі тварини)	II (вибувші тварини)
При народженні	26,5 ± 0,17	27,9 ± 0,31
При відлучці	174,7 ± 1,00	178,0 ± 2,09
12 міс.	263,8 ± 1,62	233,1 ± 2,68
18 міс.	375,4 ± 1,56	344,0 ± 3,02

За абсолютним, середньодобовим та відносним приростами живої маси від народження до 18-місячного віку телиці I групи переважають одноліток II групи на 33,7 кг ($P > 0,999$), 0,06 кг ($P > 0,999$) та 0,04 ($P > 0,999$) відповідно (табл. 16). Результати досліджень показали, що темпи розвитку тварин протягом четверть століття дещо змінилися. Корови сучасного стада характеризуються повільним типом інтенсивності росту. Так, індекс формування складає – 0,343 напруженості – 0,125 та рівномірності – 0,480 що на 0,031 ($P < 0,95$), 0,019 ($P > 0,99$) та 0,035 ($P > 0,999$) більше ніж у худоби вибувшого стада.

Корови стали мілкішими, вузькотілими, проте більш видовженими і достовірно поступаються за висотою в холці на 4,2 см ($P > 0,999$), глибиною грудей на 4,4 см ($P > 0,999$), шириною грудей та шириною в клубках – на 0,1 ($P < 0,95$) і 7 ($P > 0,999$), обхватом грудей та п'ястка – на 12 ($P > 0,999$) та 0,3 см ($P > 0,999$) відповідно (табл. 17). Однак переважали за непрямою довжиною тулуба – на 7,6 см ($P > 0,999$).

Таблиця 16

Характеристика інтенсивності росту корів, $\bar{X} \pm S\bar{x}$

Показники	Група	
	I (живі тварини)	II (вибувші тварини)
Абсолютний ріст, кг	349,8 ± 1,58	316,1 ± 2,95
Середньодобовий приріст, кг	0,64 ± 0,003	0,58 ± 0,005
Відносний приріст, кг	1,74 ± 0,002	1,70 ± 0,003
Індекс формування (Δt)	0,343 ± 0,0086	0,326 ± 0,207
Індекс напруженості (Ін)	0,125 ± 0,0032	0,111 ± 0,0075
Індекс рівномірності (Ір)	0,480 ± 0,0044	0,443 ± 0,0076

Таблиця 17

Екстер'єрні особливості корів, $\bar{X} \pm S\bar{x}$

Показники	Група	
	I (живі тварини)	II (вибувші тварини)
Висота в холці	127,1 ± 0,17	131,3 ± 0,32
Глибина грудей	65,2 ± 0,23	69,6 ± 0,22
Ширина грудей	41,5 ± 0,17	41,6 ± 0,21
Ширина в клубях	45,1 ± 0,29	52,1 ± 0,25
Коса довжина тулуба	151,8 ± 0,70	144,2 ± 0,37
Обхват грудей	178,3 ± 0,61	190,3 ± 0,51
Обхват п'ястка	18,2 ± 0,06	18,5 ± 0,06

Вивчення особливостей будови тіла поголів'я за індексами дозволило підтвердити більшу крупнотілість вибувчих тварин (табл. 18). В той же час вони поступалися за індексами: розтягнутості – на 9,7 ($P > 0,999$), грудним – на 4,2 ($P > 0,999$), довгоногості на 1,5 ($P > 0,999$); одночасно перевершуючи за індексами – збитості на 14,1 ($P > 0,999$), масивності на 4,6 ($P > 0,999$) і глибокогрудості на 2,7 у.о. ($P > 0,999$).

За останні десятиліття відбулися суттєві зміни за проявом фенотипової мінливості показників росту і розвитку наявних та вибувчих тварин, проте в розрізі ліній, достовірної різниці за показниками росту, розвитку та відтворювальної здатності нащадків Петушка та Шамріна не встановлено (табл. 19). Худобі сірої української породи характерна висока тривалість господарського використання. Так, корови за 8-ю лактацією в

структурі сучасного стада займають близько 27 %. В середньому отримано телят за прижиттєвий період на одну корову – $5,6 \pm 0,19$ гол, а за період життя від вибувших – $6,7 \pm 0,30$ гол відповідно.

Таблиця 18

Індекси будови корів, $\bar{X} \pm S\bar{x}$

Індекси	Група	
	I (живі тварини)	II (тварини з ГПК)
Довгоногості	$48,7 \pm 0,17$	$47,2 \pm 0,16$
Грудний	$63,9 \pm 0,37$	$59,7 \pm 0,18$
Збитості	$118,0 \pm 0,63$	$132,1 \pm 0,29$
Розтягнутості	$119,5 \pm 0,59$	$109,8 \pm 0,28$
Масивності	$140,4 \pm 0,49$	$145,0 \pm 0,37$
Глибокогрудості	$51,3 \pm 0,17$	$53,0 \pm 0,16$

Таблиця 18

Показники росту тварин різних корів, кг, $\bar{X} \pm S\bar{x}$

Вік тварин	Лінія			
	Петушка		Шампіна	
	I (живі тварини)	II (вибувші тварини)	I (живі тварини)	II (вибувші тварини)
Новонародженні	$25,6 \pm 0,17$	$27,9 \pm 0,33$	$25,5 \pm 0,61$	$27,7 \pm 0,75$
При відлучці	$175,2 \pm 1,04$	$174,4 \pm 3,22$	$169,9 \pm 3,25$	$183,6 \pm 3,85$
12 міс	$264,3 \pm 1,68$	$231,6 \pm 3,24$	$259,1 \pm 5,98$	$238,2 \pm 4,13$
18 міс	$376,4 \pm 1,59$	$341,8 \pm 3,35$	$365,0 \pm 6,36$	$351,5 \pm 6,74$

Встановлено, що молочність корів сучасного стада більша, ніж у аналогів вибувшого стада на 13–24 кг ($P > 0,999$) (табл. 20).

Таблиця 20

20. Молочність корів, кг, $\bar{X} \pm S\bar{x}$

Лактація	Група	
	I (живі тварини)	II (вибувші тварини)
I	$151 \pm 0,9$	$129 \pm 2,3$
II	$152 \pm 1,1$	$130 \pm 1,5$
III	$154 \pm 1,1$	$132 \pm 1,6$
IV	$157 \pm 1,3$	$133 \pm 1,6$
V	$156 \pm 1,4$	$143 \pm 2,8$

Розраховані середні значення індексів інтенсивності формування телиць, що належать до лінії Петушка 191-У, які складають 0,341, індексу напруженості – 0,125 та індексу рівномірності – 0,483, що відповідно менше на 0,024 ($P < 0,95$), 0,005 ($P < 0,95$) та більше на 0,026 ($P < 0,95$) ніж у телиць лінії Шамріна ХУ-41 (табл. 21).

Таблиця 21

Показники росту та розвитку телиць різних ліній, $\bar{X} \pm \bar{Sx}$

Показники	Лінія			
	Петушка		Шамріна	
	I група	II група	I група	II група
Абсолютний ріст, кг	350,8 ± 1,60	313,9 ± 3,26	339,4 ± 6,41	323,9 ± 6,61
Середньодоб. приріст, кг	0,64 ± 0,003	0,57 ± 0,006	0,62 ± 0,012	0,59 ± 0,012
Відносний приріст, кг	1,74 ± 0,002	1,70 ± 0,006	1,74 ± 0,007	1,71 ± 0,008
Індекс формування (Δt)	0,341 ± 0,0090	0,334 ± 0,0260	0,365 ± 0,0275	0,301 ± 0,0204
Індекс напруженості (I_n)	0,125 ± 0,0034	0,113 ± 0,0094	0,130 ± 0,0100	0,104 ± 0,0076
Індекс рівномірності (I_p)	0,483 ± 0,0047	0,439 ± 0,0091	0,457 ± 0,0120	0,456 ± 0,0116

В генофондному стаді визначено певну фенотипну різноманітність порівняно з вибувшими тваринами за лінійними промірами (табл. 22): глибина грудей ($K_1 = 0,10$ проти 0,27; $K_2 = 0,07$ проти 0,29), ширина в клубках ($K_1 = 0,15$ проти 0,38; $K_2 = 0,09$ проти 0,42), непряма довжина тулуба ($K_1 = - 0,13$ проти 0,48; $K_2 = - 0,11$ проти 0,47), обхват грудей ($K_1 = 0,08$ проти 0,34; $K_2 = 0,06$ проти 0,37).

Проте вони стали більш одноманітні за показниками живої маси: при відлученні (0,18 проти – 0,36), у віці 18-ти міс. (0,17 проти 0,0004); параметром висота в холці (0,34 проти – 0,06).

Генофондне поголів'я сірої української породи за впливу антропогенних факторів та кліматичних умов протягом останнього часу зберегло свої цінні господарські особливості та продуктивні якості. Це і висока життєздатність, невибагливість до місцевих кормів та умов утримання, міцність конституції, тривалість продуктивного використання, дрібноплідність, багатоплідність, добра енергія росту, стійкість до епізоотій тощо.

Таблиця 22

Коефіцієнти фенотипової консолідації телиць, $\bar{X} \pm S_x$

Показники	Наявні тварини		Вибувші тварини	
	K ₁	K ₂	K ₁	K ₂
Висота в холці	0,34	0,33	-0,06	-0,04
Глибина грудей	0,10	0,07	0,27	0,29
Ширина грудей	0,01	0,01	-0,01	-0,01
Ширина в клубах	0,15	0,09	0,38	0,42
Коса довжина тулуба	-0,13	-0,01	0,48	0,47
Обхват грудей	0,08	0,06	0,34	0,37
Обхват п'ястка	-0,02	-0,03	0,07	0,08
Жива маса при відлучці	0,18	0,18	-0,36	-0,35
Жива маса у 18 міс	0,17	0,19	0,0004	-0,07
Індекс формування (Δt)	0,14	0,15	-0,29	-0,34
Індекс напруженості (In)	0,13	0,15	-0,26	-0,38
Індекс рівномірності (Ip)	0,04	0,06	-0,01	0,08

Примітка: коефіцієнт фенотипової консолідації розрахований з використанням коефіцієнту мінливості (C_v), а K_2 – коефіцієнт середнього квадратичного відхилення (G) за методикою Ю.П. Полупана (2005 р.) [18].

Ретроспективний аналіз розвитку бугайів-плідників ($n = 20$), які працювали в стаді останні 20 років показав, що за ваговими показниками в ранньому онтогенезі значної та достовірної різниці залежно від їх лінійної належності не встановлено. Середні значення була такі: жива маса при народженні – $30,3 \pm 0,77$; у 8 місяців – $234,7 \pm 4,53$; у 12 місяців – $337,6 \pm 5,26$; у 18 місяців – $455,2 \pm 7,59$; та у 2 роки – $549,9 \pm 12,98$ кг. Середньодобові прирости за період від 8 до 12-місячного віку дорівнювали $0,844 \pm 0,0245$ кг.

Між бугайцями різних генотипів за показниками будови тіла (висота в холці та крижах, ширина грудей) у різні вікові періоди також значної та достовірної різниці не встановлено (табл. 23). Молодняк, який належить до лінії Петушка 191-У у річному віці, хоч і не вірогідно, але був більш видовжений (на 3,8 см, $P < 0,95$; $137,8 \pm 2,05$) порівняно з ровесниками, отриманими від плідників лінії Шамріна ХУ-41. За обхватом грудей ($147,9 \pm 1,37$) поступався останнім на 3,8 см ($P < 0,95$). А за висотою в холці та в крижах різниця відсутня ($114,9 \pm 1,09$; $114,8 \pm 1,76$ і $119,2 \pm 1,06$; $119,2 \pm 1,58$).

У 15-ти місячному віці між тваринами різних ліній і за показниками лінійних промірів суттєвої різниці не виявлено. Проте відмічається тенденція кращого росту бугайців, що належать до лінії Шамріна ХУ-41 за промірами висота в холці та крижах ($122,0 \pm 1,08$ проти $120,8 \pm 0,80$ та $128,0 \pm 1,08$ проти $125,2 \pm 0,91$ см).

Таблиця 23

Лінійні проміри бугайців, $\bar{X} \pm Sx$

Тварини	Висота в холці	Висота в крижах	Непряма довжина тулуба	Ширина тулуба	Обхват грудей
8-ми міс					
Стадо (n = 21)	94,9 ± 0,32	96,4 ± 0,37	97,4 ± 0,43	29,4 ± 0,27	125,9 ± 0,36
Петушка (n = 15)	94,9 ± 0,40	96,3 ± 0,42	97,4 ± 0,55	29,5 ± 0,31	125,7 ± 0,42
Шамрина (n = 6)	95,0 ± 0,58	96,7 ± 0,80	97,3 ± 0,71	29,2 ± 0,60	126,3 ± 0,71
12-ти міс					
Стадо (n = 21)	114,9 ± 0,90	119,2 ± 0,86	136,7 ± 1,56	33,8 ± 0,33	149,0 ± 1,24
Петушка (n = 15)	114,9 ± 1,09	119,2 ± 1,06	137,8 ± 2,05	33,6 ± 0,45	147,9 ± 1,37
Шамрина (n = 6)	114,8 ± 1,76	119,2 ± 1,58	134,0 ± 1,69	34,2 ± 0,31	151,7 ± 2,53
15-ти міс					
Стадо (n = 21)	121,1 ± 0,66	125,8 ± 0,79	152,8 ± 1,49	37,5 ± 0,65	173,2 ± 1,37
Петушка (n = 15)	120,8 ± 0,80	125,2 ± 0,91	153,1 ± 1,88	37,5 ± 0,81	172,3 ± 1,51
Шамрина (n = 6)	122,0 ± 1,08	128,0 ± 1,08	152,0 ± 1,58	37,8 ± 0,85	176,2 ± 3,09

Кратність збільшення промірів у бугайців ліній Петушка 191-У та Шамрина ХУ-41 майже однакова. Від 8 до 12-місячного віку бичків різних ліній висота в холці збільшилася на 1,21 і 1,21; висота в крижах – 1,24 і 1,23; непряма довжина тулуба – 1,41 і 1,38; ширина грудей – 1,14 і 1,17; обхват грудей – 1,18 та 1,20 раза.

З метою подальшого використання плідників у стаді рекомендовано відбирати бугайців у 15-місячному віці з урахуванням додатково таких параметрів: жива маса – від 410 кг, висота в холці – 124 см; висота в крижах – 128 см, непряма довжини тулуба – 153 см; ширина грудей – 39 см; обхват грудей – 179 см. Для збільшення генетичного різноманіття стада рекомендовано підвищити кількість представників лінії Шамрина ХУ-41.

В загальному стаді корів (телиць) понад 70 % тварин належать до лінії Петушка 191-У і майже 30 % – до лінії Шамрина ХУ-41. Розвиток

їх дочок наведено у таблиці 24, а коефіцієнт їх власної продуктивності – у табл. 25.

Таблиця 24

Розвиток дочок бугаїв-плідників, $\bar{X} \pm S_x$

Плідник	n	Жива маса у віці 18 місяців, кг	Середньодобовий приріст від народження до 18-місячного віку, кг
Ворон 7843	5	379 ± 6,5	0,638 ± 0,0135
Запрет 7915	8	361 ± 4,9	0,612 ± 0,0087
Захват 9087	8	374 ± 10,3	0,635 ± 0,0184
Ікар 0742	13	375 ± 7,2	0,637 ± 0,0129
Легіон 0739	12	381 ± 6,5	0,647 ± 0,0120
Рейн 1626	12	378 ± 8,1	0,643 ± 0,0147
Таран 9293	14	360 ± 7,5	0,611 ± 0,0138
Таран 5093	14	388 ± 4,3	0,659 ± 0,0083
Мускат 1493	7	379 ± 7,3	0,644 ± 0,0139
Бізон 15	4	385 ± 14,5	0,656 ± 0,0273
Марат 9037	6	368 ± 9,8	0,617 ± 0,0172
Ручей 3207	15	373 ± 5,8	0,634 ± 0,011
Тайфун 1593	8	384 ± 5,5	0,656 ± 0,0114
Улан 1527	6	375 ± 4,2	0,639 ± 0,0078
Чеснок 2993	8	384 ± 7,1	0,657 ± 0,013
Малиш 1917	5	332 ± 12,5	0,550 ± 0,023
Каприз 9145	4	343 ± 16,2	0,578 ± 0,0287
Паром 197	4	399 ± 10,2	0,686 ± 0,0193

Таблиця 25

Ступінь препотентності бугаїв-плідників за живою масою 18-міс. дочок

Плідник	n	П ₂	Плідник	n	П ₂
Ворон 7843	5	0,36	Бізон 15	4	-0,29
Запрет 7915	8	0,37	Марат 9037	6	-0,10
Захват 9087	8	-0,33	Ручей 3207	15	-0,006
Ікар 0742	13	-0,17	Тайфун 1593	8	0,33
Легіон 0739	12	0,00	Улан 1527	6	0,55
Рейн 1626	12	-0,26	Чеснок 2993	8	0,12
Таран 9293	14	-0,33	Каприз 9145	4	-0,62
Таран 5093	14	0,31	Паром 197	4	0,14
Мускат 1493	7	0,14			

Нащадки різних бугаїв плідників розвиваються з різною енергією росту, що дає можливість цілеспрямовано проводити селекційно-племінну роботу в породі.

Різна ступінь препотентності бугаїв-плідників сприяє інтенсивності їх використання у збереженні генофонду худоби.

Висновки

1. Встановлено еволюційні закономірності спадковості та мінливості цінних біологічних ознак сірої української породи за дії природного та штучного добору в наслідок чого змінюється концентрація та зустрічаємість фенів.

2. Сучасна популяція сірої української породи консолідована за розвитком фенотипових ознак – тривалістю господарського використання, відтворювальною здатністю, продуктивними і забійними якостями при дискретних варіаціях забарвлення шкірного покриву, різниці інтегрованих показників між коровами-матерями та їх дочками за енергетичними параметрами.

3. Формула генетичних символів умовної домінуючої корови сучасної популяції складає $A_1B_8C_1D_1F_2G_2H_1I_2J_2K_1L_3$ (у 1991 вона була $A_1B_1C_1D_1F_2G_2H_1I_2L_4J_2K_1L_3$), а умовно домінуючого бугая-плідника – відповідно $A_1B_8C_1D_1G_2H_1I_2L_4K_1L_2$ (у 1991 вона була $A_1B_1C_1D_1G_1H_1I_2L_4K_1L_1$) [18]. Розраховані коефіцієнт фенетичної різноманітності і частка рідкісних фенів сучасного стада, які складають $\mu = 2,47 \pm 0,035$ і $h = 0,15 \pm 0,007$ проти $\mu = 2,41 \pm 0,035$ та $h = 0,17 \pm 0,028$ у 1991р. Про певні зміни вказує і генетична подібність, яка становить 0,876. Розведення сірої української породи з використанням маточного поголів'я і препотентних бугаїв плідників з чітко вираженими м'ясними формами сприятиме полишенню постачання населення продуктами тваринного походження і зміцнить продовольчу безпеку України.

4. Генофондне стадо набуває ознак, які притаманні худобі м'ясного напрямку продуктивності. Вони характеризуються вищими показниками приросту живої маси (на 33,7 кг; $P > 0,999$), повільним типом інтенсивності росту ($\Delta t = 0,343 \pm 0,0086$; $I_n = 0,125 \pm 0,0032$; $I_p = 0,480 \pm 0,0044$), меншими лінійними промірами (висота в холці – $127,1 \pm 0,17$), вузькотілими (ширина в клубах – $52,1 \pm 0,25$, обхват грудей – $178,3 \pm 0,61$) та більш видовженими (непряма довжина тулуба – $151,8 \pm 0,70$ см). Коефіцієнти успадкованості деяких ознак росту тварин у

замкнутому стаді дають підстави відбирати корів за ознаками м'ясної продуктивності матерів ($h_2 = 0,49-0,61$).

Список використаних джерел:

1. Баченко Д.М. Сучасні проблеми збереження українських локальних та малочисельних порід великої рогатої худоби методом *ex situ*. Розведення і генетика тварин. 2015. Вип. 49. С. 221–224.
2. Вдовиченко Ю.В., Фурса Н.М. Продуктивність та відтворювальні якості тварин сірої української породи великої рогатої худоби асканійської селекції. *Науковий вісник «Асканія-Нова»*. 2017. № 10. С. 157–166.
3. Годованець Л.В., Гуменний В.Д. Зберігаємо сіру українську. *Тваринництво України*. 1987. № 4. С. 68–69.
4. Гузев І. В., Чиркова О. П. Методика збереження генофонду локальних порід у закритих популяціях. Методики наукових досліджень із селекції, генетики та біотехнології в тваринництві. Київ : Аграрна наука, 2005. С. 14–21.
5. Гуменний В.Д. Внутрішньопородна селекція при збереженні генофонду сірої української породи. *Розведення і генетика тварин*. 2009. Вип. 43. С.13–23.
6. Гуменний В.Д., Вовк С.О., Вуйцик Ю., Пілярчик Р. Науково-методичні та організаційні заходи із збереження генофонду сірої української породи великої рогатої худоби. *Науковий вісник ЛНУВМБ ім. Гжицького*. 2014. Т. 16, № 2(3). С. 69–75.
7. Дзіцюк В., Гуменний В. Сіра українська порода. Окремі генетичні характеристики. *Тваринництво України*. 2008. № 8. С. 21–24.
8. Доповідь про стан генетичних ресурсів тваринництва України. М.В. Зубець, В.П. Буркат, Д.О. Мельничук, О.І. Костенко та ін. 2003. 72 с.
9. Дохи Й. Простой метод выражения плодовитости коров. *Вестник Венгерской с.-х. литературы*. 1963. № 3. С. 27.
10. Животовский Л.А. Фенетика популяций. Москва : Наука, 1982. С. 38–44.
11. Зубець М. В., Буркат В. П., Мельник Ю.Ф. та ін. Методичні аспекти збереження генофонду сільськогосподарських тварин: Київ : Аграрна наука, 2007. 120 с.
12. Козирь В.С., Барабаш В.І., Олійник С.О., Чегорка П.Т. Сіра українська худоба: минуле, сучасне, майбутнє : монографія. Дніпропетровськ : Деліта, 2008. 243 с.

13. Козир В. С., Денисюк О. В., Халак В. І., Дімчя Г. Г., Майстренко А.Н., Сокрут О. В. Концепція цілеспрямованого збереження сірої української породи та використання її у подальшому породотворному процесі : методичні рекомендації. Дніпро : Нова ідеологія, 2020. 62 с.

14. Козир В.С., Попікова Т.М. Мікроеволюційні процеси у генофондному стаді сірої української породи в умовах ДГ «Поливанівка». Дніпропетровськ. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони*. 2011. № 1. С. 181–186.

15. Маринчук Г.Е. Полиморфные системы лактопротеинов КРС, как генные маркеры. Днепропетровск : Деліта, 2007. 262 с.

16. Методические рекомендации по энергетическому и белковому питанию крупного рогатого скота Харьков, Харьковская городская типография. № 16. 1987 65 с.

17. Мохначова Н.Б. Особливості генетичної структури сірої української породи великої рогатої худоби за комплексними генотипами. *Розведення і генетика тварин*. 2018. Вип. 55. С. 235–242.

18. Полупан Ю.П. Методи визначення ступеня фенотипної консолідації селекційних груп тварин. *Методики наукових досліджень із селекції, генетики та біотехнології у тваринництві* : науковий збірник / кол. авторів, Київ : Аграрна наука, 2005. С. 52–75.

19. Резнікова Ю.М., Полупан Ю.П., Дус П.П. Природна резистентність корів сірої української породи. *Біологія тварин*. 2016. Т. 18. № 1. С. 111–116.

20. Сірацький Й.З. Федорович Є.І., Кадиш В.О. Методи оцінки відтворювальної здатності худоби: Методики наукових досліджень із селекції, генетики та біотехнології у тваринництві. Київ : Аграрна наука, 2005. С. 175–178.

21. Столповский Ю.А. Генетический мониторинг и рациональное использование генофонда серой украинской породы крупного рогатого скота. Санкт-Петербург, 1992. 19 с.

22. Эйснер Ф.Ф., Подоба Б.Е., Дасюк О.П. Система подбора пар при сохранении серого украинского скота. *Генетическая теория отбора, подбора и методов разведения животных*. Новосибирск : Наука, 1976. С. 69–75.

23. Эйснер Ф.Ф. О сохранении серого украинского скота. *Науч.-техн. бюл. Южн. Отд-ние ВАСХНИЛ НИИ животноводства Лесостепи и Полесья УССР*. Харків, 1986. № 44. С. 3–4.

DOI <https://doi.org/10.36059/978-966-397-240-4-14>

Крамаренко О. С.

*кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри технології переробки, стандартизації
і сертифікації продукції тваринництва
Миколаївський національний аграрний університет
м. Миколаїв*

Крамаренко С. С.

*доктор біологічних наук, професор,
професор кафедри генетики, годівлі тварин та біотехнології
Миколаївський національний аграрний університет
м. Миколаїв*

**АСОЦІАЦІЯ МІЖ ГЕТЕРОЗИГОТНІСТЮ
ЗА МІКРОСАТЕЛІТАМИ ДНК ТА ПРОДУКТИВНІСТЮ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТВАРИН**

Анотація. Основною метою нашої роботи було визначення зв'язку між гетерозиготністю (як на рівні окремих локусів, так й індивідуальною оцінкою мультилокусної гетерозиготності) за локусами мікросателітів ДНК (МС-ДНК) та продуктивністю сільськогосподарських тварин, а саме ознаками відтворення свиноматок великої білої породи та живою масою телиць південної м'ясної породи.

Для свиноматок великої білої породи відмічено переважання особин із гомозиготним генотипом над гетерозиготами у відношенні показників багатоплідності та, відповідно, протилежна картина у відношенні кількості та частки мертвонароджених порослят у гнізді. Кореляція між гетерозиготністю та ознаками відтворення мала негативний знак для більшості використаних в аналізі локусів МС-ДНК, що пов'язано із схрещуванням племінних тварин різного походження (англійської та угорської селекції) та, відповідно, проявом аутбредної депресії.

Для телиць південної м'ясної породи встановлено вірогідний вплив локусу VM2113 на живу масу у віці 15 міс. та локусу VM1818 на живу масу у віці 8 міс. та наявність асоціації між живою масою та оцінками міри d^2 для чотирьох локусів МС-ДНК (VM2113, SPS115, ETH3 та VM1824). Виявлені зв'язки у більшості випадків мали

позитивний знак, тобто, чим більше різниця між довжиною алелів МС-ДНК в межах індивідуального генотипу, тим вище жива маса телиць.

Таким чином, характер зв'язку між гетерозиготністю та продуктивністю серед досліджених груп свиней та худоби в значній мірі залежав як від походження тварин, так і напряму селекційно-племінної роботи в господарствах.

Вступ

При організації селекційної роботи серед сільськогосподарських тварин значною проблемою є схрещування між близькими родичами, тобто, організмами, які мають спільного предка і отримали від обох батьків однакові алельні копії ідентичні за походженням (*identical by descent*). В геномі нащадків від таких схрещувань збільшується кількість локусів, що мають два функціонально подібних алеля і, таким чином, знижується рівень гетерозиготності. Наслідками цих процесів є інбредна депресія (*inbreeding depression*), що негативно впливає на компоненти загальної пристосованості організму (виживаність, репродуктивний успіх, ріст та розвиток, тощо), а для сільськогосподарських тварин – ще й рівень продуктивності [8; 14; 32].

Але з іншого боку не менша увага повинна приділятися аутбридингу, тобто, схрещуванню між віддалено спорідненими особинами, наприклад, тварин із різних популяцій або підвидів. В цьому випадку можна очікувати як підвищення загальної пристосованості внаслідок зростання рівня гетерозиготності (прояв «гібридної сили» – *hybrid vigor*), так й, навпаки, її зниження, що може бути спричинено аутбредною депресією (*outbreeding depression*). Описано три основні механізми, що можуть бути відповідальними за прояв аутбредної депресії: 1) хромосомні порушення, що призводять до часткової або повної стерильності гібридів F₁; 2) адаптивна диференціація між популяціями; 3) ефект «пляшкового горлечка» (*bottleneck effect*) та генетичний дрейф [13].

Не зважаючи на те, що *a priori* мікросателіти ДНК (МС-ДНК) є нейтральними молекулярно-генетичними маркерами, починаючи з середини 1990-х років почали з'являтися докази наявності вірогідних асоціацій між присутністю певних алелів локусів МС-ДНК в генотипі із ознаками продуктивності сільськогосподарських тварин [3]. Паралельно з цим було встановлено, що рівень гетерозиготності в популяціях диких тварин як за окремими

структурними генами і локусами МС-ДНК, так й індивідуальні оцінки мультилокусної гетерозиготності, мали позитивний вплив на розвиток ознак, пов'язаних із загальною пристосованістю особин. Прояв такого зв'язку набув визначення «кореляції між гетерозиготністю та пристосованістю» (*heterozygosity-fitness correlations*, HFCs) і першою роботою, де було продемонстровано цей феномен є піонерське дослідження [33] на устриці. Дві основні гіпотези було висунуто для пояснення цього феномену й обидві вони розглядають важливість таких типів міжалельної взаємодії, як домінування та наддомінування (гетерозис), а також нерівноважне зчеплення між алелями різних генів [40]. При цьому, оскільки було доведено, що кореляція має місце не лише із гетерозиготністю структурних генів, але й нейтральних МС-ДНК, більш обґрунтованою вважається гіпотеза «асоціативного наддомінування» (*associative overdominance*) [15; 17].

Хоча негативні наслідки інбридингу та зниження гетерозиготності на відтворювальні якості та виживаність в популяціях диких тварин вже добре вивчено, відомо небагато досліджень щодо їх впливу на ознаки продуктивності у свійських та сільськогосподарських тварин. Протягом останніх 20 років з'явилася низка публікацій, що розглядають вплив різних оцінок гетерозиготності (коефіцієнт інбридингу, гетерозиготність та міра d^2 як для окремих структурних генів та локусів МС-ДНК, так й їх мультилокусна оцінка) на ознаки тварин, які розводяться в штучних умовах – риби [7], хутрових звірів [19], курей [21] та качок [6], свиней [16; 17; 22; 38; 39], кіз [15], коней [11; 25], овець [34; 36], яків [18] та худоби [12].

Таким чином, основною метою нашої роботи було визначення зв'язку між гетерозиготністю (як на рівні окремих локусів, так й індивідуальною оцінкою мультилокусної гетерозиготності) за локусами МС-ДНК та продуктивністю сільськогосподарських тварин, а саме ознаками відтворення свиноматок великої білої породи та живою масою телиць південної м'ясної породи.

1. Асоціація між гетерозиготністю та ознаками відтворення свиноматок великої білої породи

Дослідження було проведено на поголів'ї свиноматок великої білої породи (ВБП), які утримувалися в умовах двох господарств: ТОВ «Таврійські свині» Херсонської області ($n = 51$) та СГПП «Техмет-Юг» Миколаївської області ($n = 72$).

У дослідженні було використано 11 локусів мікросателітів ДНК, що рекомендовані Міжнародною спілкою генетики тварин (ISAG) – *S0101, S0155, S0228, S0355, S0386, Sw24, Sw72, Sw240, Sw857, Sw936 та Sw951*. Усі лабораторні дослідження було проведено в умовах Лабораторії молекулярних основ селекції тварин Центру біотехнології та молекулярної діагностики Федерального наукового центру тваринництва ім. академіка Л. К. Ернста. Методи лабораторного аналізу детально описано в [23].

Для кожного локусу МС-ДНК була визначена кількість гомозиготних та гетерозиготних особин і розрахована оцінка фактичної гетерозиготності на локус (*SLH*). Для кожної особини було визначено оцінку мультилокусної гетерозиготності (*MLH*), як частка локусів МС-ДНК, що знаходилися у гетерозиготному стані від загальної кількості локусів, за якими дану особину було генотиповано.

Крім того, для кожної свиноматки за кожним локусом МС-ДНК було розраховано оцінки міри d^2 , як квадрат різниці між довжиною обох алелів (в кількості тандемних повторів) в індивідуальному генотипі. Середню мультилокусну оцінку d^2 (*mean d²*) було розраховано для всіх локусів, за якими дану особину було генотиповано, згідно [10].

Для кожної свиноматки також було оцінено наступні ознаки відтворення: загальна кількість поросят при народженні (TNB – total no. piglets born), багатоплідність (NBA – no. piglets born alive), кількість мертвонароджених поросят (NSB – no. of stillborn piglets), частка мертвонароджених поросят (FSB – freq. of stillborn piglets) та кількість поросят при відлученні (NW – no. weaned piglets) протягом перших п'яти опоросів.

Для перевірки гіпотези щодо відсутності впливу генотипу (гомо- чи гетерозиготний) за локусом МС-ДНК на ознаки відтворення свиноматок ВБП було використано критерій Стьюдента. Для перевірки гіпотези щодо відсутності зв'язку між залежною ознакою (ознаки відтворення) та мірою d^2 було використано коефіцієнт рангової кореляції Спірмена (*Rs*). Аналізи було проведено окремо для кожного господарства, кожного локусу МС-ДНК та для кожної залежної ознаки.

Для перевірки гіпотези щодо відсутності зв'язку між залежною ознакою (ознаки відтворення) та індивідуальними оцінками як мультилокусної гетерозиготності (*MLH*), так і міри *mean d²*, було використано алгоритм дисперсійного аналізу Р.Фішера, де у якості факторної змінної було використано градації ознак. Оцінки *MLH* було згруповано у сім класів: менше 0,400, 0,401–0,500, 0,501–0,600, 0,601–0,700, 0,701–0,800, 0,801–0,900 та більше 0,901. Оцінки

середньої мультилокусної оцінки міри d^2 також було згруповано у сім класів: менше 5,0, 5,1–10,0, 10,1–15,0, 15,1–20,0, 20,1–25,0, 25,1–30,0 та більше 30,1 тандемних повторів².

Порівняння частки гомо- та гетерозиготних особин за кожним локусом МС-ДНК в двох господарствах було проведено за допомогою точного критерію Фішера (P_F), а порівняння оцінок міри d^2 – за допомогою непараметричного тесту Манна-Уїтні. Всю статистичну обробку було проведено на підставі посібника [4] за допомогою програмного забезпечення STATISTICA v.7 (Stat Soft Inc.)

Оцінки фактичної гетерозиготності (тобто, частка особин, які мали гетерозиготний генотип) для досліджених свиноматок ВБП варіювали в значних межах – від 0,386 (локус *Sw240*; СГПП «Техмет-Юг») до 0,812 (локус *Sw857*; СГПП «Техмет-Юг»), при цьому, вірогідні відмінності між тваринами з різних господарств було встановлено лише для локусів *S0155* та *Sw240*. При цьому, особини СГПП «Техмет-Юг» в обох випадках поступалися свиноматкам з ТОВ «Таврійські свині» (табл. 1).

Таблиця 1

Показники мінливості ($Mean \pm SE$) гетерозиготності (SLH) та оцінки міри d^2 за локусами МС-ДНК свиноматок ВБП різних господарств

Локус	SLH			міра d^2		
	ТОВ «Таврійські свині» ($n = 51$)	СГПП «Техмет-Юг» ($n = 72$)	P_F	ТОВ «Таврійські свині» ($n = 51$)	СГПП «Техмет-Юг» ($n = 72$)	М-W тест
<i>S0101</i>	0,765 ± 0,060	0,648 ± 0,057	ns	10,67 ± 3,27	16,15 ± 3,30	ns
<i>S0155</i>	0,706 ± 0,064	0,443 ± 0,060	0,005	13,43 ± 2,46	4,20 ± 1,27	3,19**
<i>S0228</i>	0,686 ± 0,066	0,732 ± 0,053	ns	11,27 ± 3,54	10,24 ± 2,61	ns
<i>S0355</i>	0,745 ± 0,062	0,735 ± 0,054	ns	75,18 ± 10,62	47,07 ± 7,27	ns
<i>S0386</i>	0,500 ± 0,071	0,529 ± 0,060	ns	9,34 ± 1,87	7,54 ± 1,18	ns
<i>Sw24</i>	0,633 ± 0,070	0,605 ± 0,075	ns	9,12 ± 4,81	6,98 ± 1,71	ns
<i>Sw72</i>	0,725 ± 0,063	0,706 ± 0,056	ns	6,29 ± 1,23	13,19 ± 1,69	2,22*
<i>Sw240</i>	0,725 ± 0,063	0,386 ± 0,059	< 0,001	29,00 ± 5,20	6,33 ± 2,01	4,52***
<i>Sw857</i>	0,720 ± 0,064	0,812 ± 0,047	ns	6,66 ± 1,60	11,49 ± 1,69	ns
<i>Sw936</i>	0,667 ± 0,067	0,657 ± 0,058	ns	19,04 ± 4,10	19,90 ± 3,00	ns
<i>Sw951</i>	0,647 ± 0,068	0,696 ± 0,056	ns	3,75 ± 0,85	4,81 ± 0,82	ns

Примітка: * - $P < 0,05$; ** - $P < 0,01$; *** - $P < 0,001$; ns - $P > 0,05$. P_F – результати точного критерію Фішера. М-W тест – результати непараметричного тесту Манна-Уїтні.

Оцінки міри d^2 також коливалися в досить значних межах – від 3,75 (локус *Sw951*; ТОВ «Таврійські свині») до 75,18 (локус *S0355*; ТОВ «Таврійські свині») тандемних повторів². Результати непараметричного тесту Манна-Уїтні свідчать, що вірогідні відмінності між тваринами різних господарств у відношенні оцінок цього показника було відмічено для трьох локусів – *S0155*, *Sw72* та *Sw240*. При цьому, в першому та третьому випадках знову ж таки переважали особини з ТОВ «Таврійські свині», а для локусу *Sw72* вони, навпаки, поступалися свинوماتкам СГПП «Техмет-Юг» (див. табл. 1).

З 11 використаних в аналізі локусів МС-ДНК, лише для двох не було встановлено вірогідних відмінностей між особинами із гомо- та гетерозиготним генотипом серед особин обох господарств – для *S0155* та *Sw857*. Для решти локусів вплив генотипу мав місце серед особин ТОВ «Таврійські свині» для трьох, а серед особин СГПП «Техмет-Юг» – для восьми локусів (табл. 2).

Таблиця 2

**Вплив генотипу (гомо- чи гетерозиготний)
за локусами МС-ДНК на ознаки відтворення свинوماتок
ВБП різних господарств**

Локус	ТОВ «Таврійські свині» (n = 51)		СГПП «Техмет-Юг» (n = 72)	
	Ознака	Різниця	Ознака	Різниця
<i>S0101</i>	ns	-	TNB2 (*); NBA2 (**); NW2 (**)	Hm > Ht
			TNB3 (*); NBA3 (*); NW3 (*)	Hm > Ht
<i>S0155</i>	ns	-	ns	-
<i>S0228</i>	NSB1 (**); FSB1 (*)	Hm < Ht	ns	-
<i>S0355</i>	ns	-	NW3 (*)	Hm > Ht
<i>S0386</i>	ns	-	NSB3 (*); FSB3 (*)	Hm < Ht
<i>Sw24</i>	ns	-	TNB3 (**); NBA3 (**); NW3 (*)	Hm > Ht
<i>Sw72</i>	ns	-	TNB2 (*); NBA2 (*); NW2 (*)	Hm > Ht
<i>Sw240</i>	ns	-	NW1 (**); NBA3 (*)	Hm > Ht
<i>Sw857</i>	ns	-	ns	-
<i>Sw936</i>	NSB5 (*)	Hm > Ht	NW1 (*)	Hm > Ht
<i>Sw951</i>	NBA4 (*); NBA5 (*)	Hm > Ht	NW4 (*); NW5 (*)	Hm > Ht

Примітка: Hm – гомозиготний генотип; Ht – гетерозиготний генотип.

Найчастіше вірогідні відмінності було відмічено для ознак відтворення свиноматок протягом II-го та III-го опоросів. Лише для локусу *Sw951* такі відмінності стосувалися рівня відтворювальних якостей серед самих дорослих тварин, що використано в аналізі (IV-го та V-го опоросів).

Характерною особливістю отриманих результатів є переважання особин із гомозиготним генотипом над гетерозиготами у відношенні показників багатоплідності (TNB, NBA та NW) та, відповідно, протилежна картина у відношенні кількості та частки мертвонароджених поросят у гнізді (NSB та FSB). Лише в одному випадку (локус *Sw936*; ТОВ «Таврійські свині») свиноматки із гетерозиготним генотипом мали вірогідно меншу кількість мертвонароджених поросят протягом V-го опоросу.

Для всіх досліджених локусів МС-ДНК було встановлено наявність вірогідного зв'язку між оцінками міри d^2 за локусами МС-ДНК та ознаками відтворення свиноматок ВБП, хоча, знову ж таки, серед особин ТОВ «Таврійські свині» така асоціація зустрічалася значно рідше, ніж серед особин СГПП «Техмет-Юг» (табл. 3).

Отримані результати у більшості випадків свідчать про зниження показників багатоплідності та, відповідно, збільшення кількості/частки мертвонароджених поросят у гнізді із зростанням оцінок міри d^2 , тобто, із зростанням ступеню відмінності між дощипкою обох алелів в індивідуальному генотипі.

Протилежну картину було відмічено лише при дослідженні локусів *Sw857* (для обох господарств) та *Sw951* (для ТОВ «Таврійські свині»). В цих випадках зростання оцінок міри d^2 призводило до збільшення загальної кількості поросят при народженні протягом I–II-го та IV-го опоросів, відповідно. Аналогічні (за сенсом) результати було відмічено для кількості/частки мертвонароджених поросят у гнізді свиноматок ТОВ «Таврійські свині» протягом IV-го (локус *Sw240*) та V-го (локус *Sw936*) опоросів (див. табл. 3). Таким чином, в більшості випадків було зафіксовано прояв негативних HFCs.

Що стосується індивідуальних оцінок мультилокусної гетерозиготності (MLH) та оцінок міри $mean\ d^2$ за локусами МС-ДНК серед свиноматок ВБП з обох господарств, то, в цілому, особини СГПП «Техмет-Юг» характеризувалися більш низьким рівнем генетичної мінливості, але вірогідні відмінності було встановлено лише у відношенні міри $mean\ d^2$ (непараметричний тест Манна-Уїтні: $P < 0,05$) (табл. 4).

Таблиця 3

Коефіцієнти рангової кореляції Спірмена (R_s) між оцінками міри d^2 за локусами МС-ДНК та ознаками відтворення свиноматок ВВП різних господарств

Локус	ТОВ «Таврійські свині» ($n = 51$)	СГПП «Техмет-Юг» ($n = 72$)
<i>S0101</i>	ns	TNB3 (-0,303*), NBA3 (-0,311*)
<i>S0155</i>	ns	TNB1 (-0,247*)
<i>S0228</i>	NSB1 (0,387*), FSB1 (0,377*)	ns
<i>S0355</i>	ns	NSB2 (0,403**); FSB2 (0,404**); NW2 (-0,371**); NBA3 (-0,359*); NW3 (-0,378*)
<i>S0386</i>	ns	NSB5 (0,639*); FSB5 (0,635*)
<i>Sw24</i>	ns	TNB3 (-0,543**); NBA3 (-0,593***); NW3 (-0,405*)
<i>Sw72</i>	ns	TNB2 (-0,298*); NBA2 (-0,309*); NW2 (-0,277*)
<i>Sw240</i>	NSB4 (-0,402*); FSB4 (-0,407*)	NW1 (-0,375**)
<i>Sw857</i>	TNB1 (0,344*)	TNB2 (0,283*)
<i>Sw936</i>	NBA2 (-0,331); TNB5 (- 0,445**); NSB5 (-0,333*)	NW1 (-0,260*)
<i>Sw951</i>	TNB4 (0,338*)	NW1 (-0,323*); NW4 (-0,559*); NSB1 (0,292*); FSB1 (0,289*)

Примітка: Наведено лише вірогідні оцінки коефіцієнту рангової кореляції Спірмена.

Таблиця 4

Показники мінливості ($Mean \pm SE$) індивідуальних оцінок мультилокусної гетерозиготності (MLH) та оцінок міри $mean d^2$ за локусами МС-ДНК свиноматок ВВП різних господарств

Показ- ник	ТОВ «Таврійські свині» ($n = 51$)		СГПП «Техмет-Юг» ($n = 72$)		M-W тест
	min - max	$Mean \pm SE$	min - max	$Mean \pm SE$	
<i>MLH</i>	0,200-1,000	0,683 \pm 0,022	0,200-1,000	0,625 \pm 0,020	ns
mean d^2	1,82-39,45	17,64 \pm 1,45	0,56-32,20	13,26 \pm 0,92	2,22*

Розподіл за індивідуальними оцінками мультилокусної гетерозиготності за локусами МС-ДНК свиноматок ВБП різних господарств мав асиметричну форму із довгим «хвостом» у бік низьких значень (рис. 1А).

Очікувано, частка особин у СГПП «Техмет-Юг» із дуже високими оцінками *MLH* (вище 0,800) була майже вдвічі нижче, ніж серед свиноматок ТОВ «Таврійські свині». Що стосується особливостей розподілу за індивідуальними оцінками міри *mean d²* за локусами МС-ДНК, то для свиноматок СГПП «Техмет-Юг» він має унімодальну асиметричну форму з довгим «хвостом» у бік високих значень. Для особин ТОВ «Таврійські свині» цей розподіл має бімодальну форму (рис. 1В).

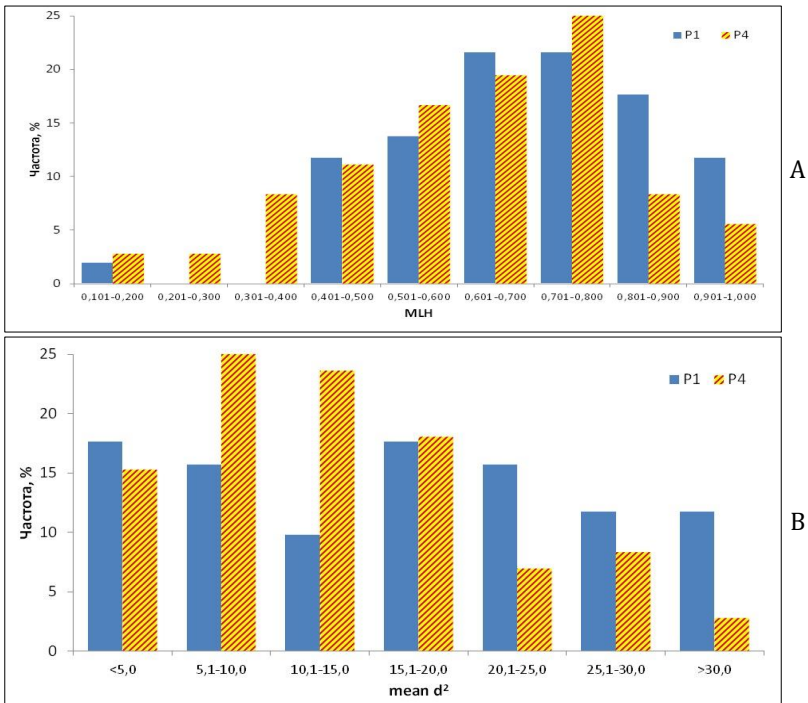


Рис. 1. Розподіл індивідуальних оцінок мультилокусної гетерозиготності (А) та міри *mean d²* (В) за локусами МС-ДНК свиноматок ВБП різних господарств: P1 – ТОВ «Таврійські свині»; P4 – СГПП «Техмет-Юг»

Вірогідний вплив індивідуальних оцінок мультилокусної гетерозиготності було встановлено лише на багатоплідність та кількість поросят при відлучення протягом III-го опоросу і лише в одному господарстві – СГПП «Техмет-Юг» (для NBA3: $F_{6;39} = 2,34$; $P = 0,050$; для NW3: $F_{6;38} = 2,80$; $P = 0,024$). При цьому, середні оцінки ознак відтворення були найбільшими для тварин із індивідуальними оцінками мультилокусної гетерозиготності в межах 0,401–0,500 та знижувалися із зростанням рівня їх гетерозиготності. З іншого боку, багатоплідність свиноматок також мала тенденцію до зниження серед тварин із дуже низькими оцінками мультилокусної гетерозиготності (рис. 2А).

Характерно, що вплив індивідуальних оцінок міри $mean d^2$ за локусами МС-ДНК на багатоплідність як при народженні, так й при відлученні, що також було встановлено для свиноматок під час III-го опоросу, був значно сильніший (у всіх випадках: $P = 0,001-0,014$). Таким чином, не стільки факт гетерозиготності впливав на ознаки відтворення свиноматок, скільки ступінь відмінностей в довжині алелів в індивідуальному генотипі.

В цілому, спостерігалася вірогідна тенденція до зниження рівня багатоплідності свиноматок ВВП із зростанням індивідуальних оцінок міри $mean d^2$ за дослідженими локусами МС-ДНК, що може слугувати проявом аутбредної депресії (рис. 2В).

Дослідження було проведено на поголів'ї телиць таврійського внутрішньопородного типу південної м'ясної породи (ПМП) (загалом – 192 голови) ДП «ДГ Асканійське» Асканійської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту зрошуваного землеробства НААН Каховського району Херсонської області. Частина з них представляла низькокровний за зебу підтип (НК), а інша частина – висококровний за зебу підтип (БК) [2].

У дослідженні було використано 10 мікросателітних локусів, що рекомендовані Міжнародною спілкою генетики тварин (ISAG) – *TGLA227*, *BM2113*, *TGLA53*, *ETH10*, *SPS115*, *TGLA122*, *INRA023*, *BM1818*, *ETH3* та *BM1824*. Усі лабораторні дослідження було проведено в умовах Лабораторії молекулярних основ селекції тварин Центру біотехнології та молекулярної діагностики Федерального наукового центру тваринництва ім. академіка Л. К. Ернста. Методи лабораторного аналізу детально наведено в [2].

Для кожного локусу МС-ДНК була визначена кількість гомозиготних (*N_{hom}*) та гетерозиготних (*N_{het}*) особин і розраховані оцінки фактичної гетерозиготності на локус (*SLH*).

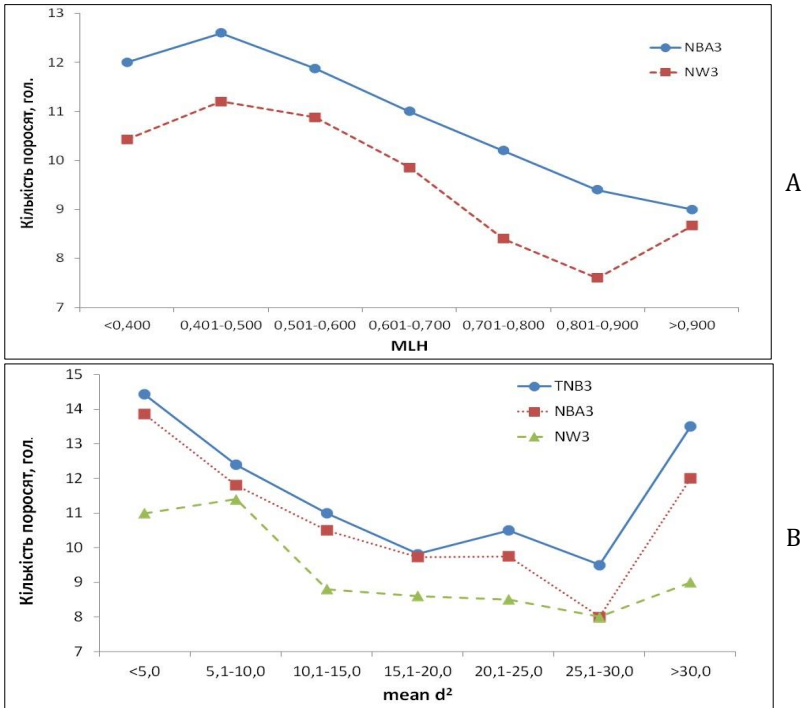


Рис. 2. Вплив індивідуальних оцінок мультилокусної гетерозиготності (А) та оцінок міри $mean d^2$ (В) за локусами МС-ДНК на ознаки відтворення свиноматок ВБП ІІІ-го опоросу в умовах СГПП «Техмет-Юг»

2. Асоціація між гетерозиготністю та живою масою телиць південної м'ясної породи

Для кожної особини було визначено значення мультилокусної гетерозиготності (MLH), як частка локусів МС-ДНК, що знаходилися у гетерозиготному стані від загальної кількості локусів, за якими дану особину було генотиповано.

Крім того, для кожної телиці за кожним локусом МС-ДНК були розраховані абсолютна різниця між довжиною обох алелів (в кількості тандемних повторів) в індивідуальному генотипі (IDA) та міра d^2 , як квадрат різниці між довжиною обох алелів (в кількості тандемних повторів) в індивідуальному генотипі. Середню

мультилокусну оцінку міри d^2 (*mean d²*) було розраховано для всіх локусів, за якими дану особину було генотиповано, згідно [10].

Із фенотипових ознак для кожної телиці були використані наступні (в кг): жива маса при народженні (WB), при відлученні (WW), у віці 8 міс. (W8), 12 міс. (W12), 15 міс. (W15) та 18 міс. (W18).

Оскільки жива маса телиць вірогідно відрізнялась серед особин різних підтипів (табл. 5), було використано алгоритм двофакторного дисперсійного аналізу, де у якості фіксованих факторів мінливості залежної ознаки (жива маса у різному віці) було розглянуто вплив належності телиці до певного підтипу (НК або ВК), вплив генотипу за певним локусом МС-ДНК (гомо- чи гетерозиготний), а також їх сумісний вплив. Аналіз було проведено окремо для кожного локусу МС-ДНК для кожної залежної ознаки.

Для перевірки гіпотези щодо відсутності зв'язку між залежною ознакою (жива маса у різному віці) та мірою d^2 було використано коефіцієнт рангової кореляції Спірмена (R_s). Аналіз було проведено окремо для кожного підтипу, кожного локусу МС-ДНК та для кожної залежної ознаки.

Таблиця 5

Показники мінливості (*Mean ± SE*) живої маси телиць ПМП різних підтипів в різному віці, кг

Ознака	Підтип	
	низькокровний (НК) (<i>n</i> = 36)	висококровний (ВК) (<i>n</i> = 38)
WB	23,8 ± 0,5	21,8 ± 0,5**
WW	193,4 ± 5,3	168,6 ± 5,0**
W8	205,1 ± 5,6	187,4 ± 5,7*
W12	247,7 ± 6,9	216,6 ± 6,5**
W15	295,9 ± 9,8	263,8 ± 6,9**
W18	351,5 ± 12,3	315,7 ± 7,6*

Для перевірки гіпотези щодо відсутності зв'язку між залежною ознакою (жива маса у різному віці) та індивідуальними оцінками мультилокусної гетерозиготності (*MLH*) і міри *mean d²* було використано алгоритм дисперсійного аналізу, де у якості факторної змінної було використано градації ознак. Оцінки *MLH* було згруповано у шість класів: менше 0,50, 0,51–0,60, 0,61–0,70, 0,71–0,80, 0,81–0,90 та більше 0,91. Оцінки середньої мультилокусної міри *mean d²* також було згруповано у шість класів: менше 5,0, 5,1–10,0, 10,1–15,0, 15,1–20,0, 20,1–25,0 та більше 25,1.

Всю статистичну обробку було проведено на підставі посібника [4] за допомогою програмного забезпечення STATISTICA v.7 (Stat Soft Inc.).

В цілому для всіх проаналізованих локусів МС-ДНК відмічалися суттєві відмінності у кількості особин, які мають гомо- та гетерозиготний генотип (критерій χ^2 -квадрат: $\chi^2 = 139,54$; $df = 9$; $P < 0,001$) та, відповідно, у відношенні оцінки фактичної гетерозиготності (табл. 6). Найнижчу оцінку гетерозиготності було відмічено для локусу *TGLA53* (0,421), а найвищу – для локусу *BM1818* (0,820).

Ступінь прояву гетерозиготності (тобто, квадрат різниці між довжиною алелів в індивідуальному генотипі, виражених у тандемних повторях) також суттєво варіювала для окремих локусів МС-ДНК. Найменшу оцінку цей показник мав для локусу *ETH3* ($d^2 = 4,81 \pm 0,76$), а найбільшу – для локусу *TGLA122* ($d^2 = 31,90 \pm 3,70$) (див. табл. 6).

Таблиця 6

Кількість гомозиготних (*N_{hom}*) та гетерозиготних (*N_{het}*) телиць ПМП, оцінки фактичної гетерозиготності (*SLH*) та середнього квадрату різниці між алелями в індивідуальному генотипі (міра d^2) для 10 локусів МС-ДНК

Локус	Кількість гомозиготних особин (<i>N_{hom}</i>)	Кількість гетерозиготних особин (<i>N_{het}</i>)	Фактична гетерозиготність (<i>SLH</i> \pm SE)	Квадрат різниці між довжиною обох алелів (міра d^2 \pm SE)
<i>TGLA227</i>	54	92	0,630 \pm 0,040	20,47 \pm 2,52
<i>BM2113</i>	41	150	0,785 \pm 0,030	16,34 \pm 1,40
<i>TGLA53</i>	62	45	0,421 \pm 0,048	5,83 \pm 1,10
<i>ETH10</i>	38	154	0,802 \pm 0,029	8,19 \pm 0,78
<i>SPS115</i>	54	138	0,719 \pm 0,032	5,17 \pm 0,48
<i>TGLA122</i>	40	152	0,792 \pm 0,029	31,90 \pm 3,70
<i>INRA023</i>	47	145	0,755 \pm 0,031	24,81 \pm 2,16
<i>BM1818</i>	34	155	0,820 \pm 0,028	6,04 \pm 0,57
<i>ETH3</i>	93	75	0,446 \pm 0,038	4,81 \pm 0,76
<i>BM1824</i>	81	111	0,578 \pm 0,036	5,36 \pm 0,79

Характерно, що для вивчених локусів МС-ДНК можна виділити окремі патерни залежно від характеру розподілу за оцінками абсолютної різниці між довжиною алелів в індивідуальному генотипі (*IDA*) телиць ПМП. Так, для локусів *ETH10* та *BM1824* характерно переважання гетерозиготних генотипів, що відрізняються лише одним тандемним повтором (рис. 3А). Для локусів *BM1818* та *ETH3* переважають гетерозиготні генотипи, що відрізняються двома тандемними повторами (рис. 3В). Для локусів *SPS115*, *TGLA122* та *TGLA53* відмічається наявність двох піків, що відповідають різниці у один та чотири тандемних повтори (рис. 3С), а для локусів *TGLA227* та *INRA023* – трьох піків, що відповідають трьом, шести та 10 тандемним повторам (рис. 3Д).

Характерно, між оцінками фактичної гетерозиготності (*SLH*) в розрізі окремих локусів та відповідними оцінками міри d^2 кореляція відсутня (коефіцієнт рангової кореляції Спірмена: $R_s = 0,503$; $P = 0,138$), що може свідчить про те, що обидва підходи відображують різні та незалежні характеристики локусів МС-ДНК.

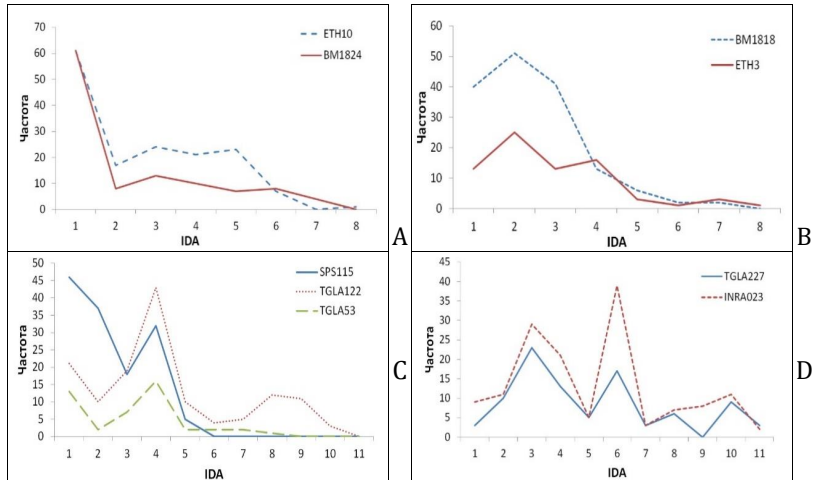


Рис. 3. Розподіл за оцінками абсолютної різниці між довжиною алелів (у тандемних повторах) в індивідуальному генотипі (*IDA*) телиць ПМП для різних локусів МС-ДНК: А – *ETH10* та *BM1824*; В – *BM1818* та *ETH3*; С – *SPS115*, *TGLA122* та *TGLA53*; Д – *TGLA227* та *INRA023*.

Результати двофакторного дисперсійного аналізу підтвердили наявність вірогідного впливу фактору «підтип» на живу масу телиць ПМП в різному віці (у всіх випадках: $P > 0,05$). Аналіз впливу генотипу особини (гомо- чи гетерозиготний) не залежно від підтипу, до якого вона відноситься, свідчить, що лише у двох випадках була виявлена вірогідна різниця. Це стосується впливу локусу *BM2113* на живу масу телиць у віці 15 міс. та впливу локусу *BM1818* на живу масу телиць у віці 8 міс. (табл. 7).

Таблиця 7

Вплив генотипу за локусами МС-ДНК на показники мінливості (*Mean ± SE*) живої маси телиць ПМП в різному віці, кг

Локус	Ознака	Генотип	
		гомозиготний	гетерозиготний
<i>BM2113</i>	W15	310,9 ± 15,8 (n = 10)	269,3 ± 6,1** (n = 49)
<i>BM1818</i>	W8	171,8 ± 12,8 (n = 8)	198,3 ± 4,3* (n = 59)

При цьому, для локусу *BM2113* гомозиготні особини вірогідно переважали особин із гетерозиготним генотипом (310,9 ± 15,8 та 269,3 ± 6,1 кг у віці 15 міс., відповідно); з іншого боку, для локусу *BM1818*, навпаки, особини із гетерозиготним генотипом вірогідно переважали гомозигот (198,3 ± 4,3 та 171,8 ± 12,8 кг у віці 8 міс., відповідно). Більш інформативними були результати аналізу сумісного впливу підтипу та генотипу за 10 локусами МС-ДНК на ознаки живої маси телиць ПМП в різному віці (табл. 8).

Таблиця 8

Оцінка сумісного впливу підтипу та генотипу за 10 локусами МС-ДНК на ознаки живої маси телиць ПМП в різному віці

Локус	Ознака					
	WB	WW	W8	W12	W15	W18
<i>TGLA227</i>	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<i>BM2113</i>	*	ns	ns	ns	ns	ns
<i>TGLA53</i>	*	ns	ns	ns	ns	ns
<i>ETH10</i>	ns	ns	ns	ns	ns	*
<i>SPS115</i>	ns	*	ns	*	*	ns
<i>TGLA122</i>	ns	ns	*	ns	*	ns
<i>INRA023</i>	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<i>BM1818</i>	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<i>ETH3</i>	ns	ns	ns	ns	*	*
<i>BM1824</i>	*	ns	ns	ns	*	ns

Лише для локусів *TGLA227*, *BM1818* та *INRA023* не було виявлено жодного випадку асоціації із живою масою телиць ПМП. Для решти локусів МС-ДНК такі випадки було зафіксовано від одного до трьох разів. В найбільшому ступені вірогідний вплив гетерозиготності за локусами МС-ДНК на їх живу масу було відмічено при народженні та у віці 15 міс. (див. табл. 8).

Вірогідний сумісний вплив, виявлений нами при аналізі, свідчить про те, що різниця між гомо- та гетерозиготними особинами відрізняється (як за величиною, так й за рівнем вірогідності) серед телиць різних підтипів (табл. 9). Так, наприклад, асоціація між гетерозиготністю за локусом *BM2113* та живою масою при народженні мала місце для особин низькокровного підтипу ($25,6 \pm 0,8$ кг для гомозиготних та $23,2 \pm 0,5$ кг для гетерозиготних генотипів, відповідно). Серед особин висококровного підтипу вірогідна різниця була відсутня. При наявності вірогідного впливу локусу мали місце як випадки переважання гомозиготних генотипів над гетерозиготними, так й переважання гетерозиготних генотипів над гомозиготними (див. табл. 9).

В табл. 10 наведено оцінки коефіцієнтів рангової кореляції Спірмена між живою масою телиць ПМП в різному віці та індивідуальними оцінками середнього квадрату різниці між алелями в індивідуальному генотипі (міра d^2) для 10 локусів МС-ДНК.

Таблиця 9

**Вплив генотипу за локусами МС-ДНК та підтипу
на показники мінливості ($Mean \pm SE$) живої маси телиць ПМП
в різному віці, кг**

Локус	Ознака	Низькокровний (НК) підтип		Висококровний (ВК) підтип	
		Гомо- зиготний генотип	Гетеро- зиготний генотип	Гомо- зиготний генотип	Гетеро- зиготний генотип
<i>BM2113</i>	WB	$25,6 \pm 0,8$ (n = 9)	$23,2 \pm 0,5^*$ (n = 27)	$20,0 \pm 1,7$ (n = 3)	$21,9 \pm 0,5$ (n = 35)
<i>SPS115</i>	WW	$204,7 \pm 14,9$ (n = 7)	$190,6 \pm 5,5$ (n = 25)	$151,2 \pm 8,9$ (n = 13)	$177,7 \pm 6,1^{**}$ (n = 25)
<i>TGLA122</i>	W8	$188,7 \pm 11,3$ (n = 9)	$212,6 \pm 5,9^*$ (n = 22)	$195,6 \pm 10,8$ (n = 10)	$184,5 \pm 6,7$ (n = 28)

Таблиця 10

Коефіцієнти рангової кореляції Спірмена між живою масою телиць ПМП в різному віці та індивідуальними оцінками середнього квадрату різниці між алелями в індивідуальному генотипі (міра d^2) для 10 локусів МС-ДНК

Локус	Підтип	
	низькокровний ($n = 36$)	висококровний ($n = 38$)
<i>TGLA227</i>	ns	ns
<i>BM2113</i>	WB (-0,432**)	W15 (-0,333*)
<i>TGLA53</i>	ns	ns
<i>ETH10</i>	ns	ns
<i>SPS115</i>	ns	WW (0,369*); W8 (0,353*); W12 (0,374*); W15 (0,443*) W18 (0,420*)
<i>TGLA122</i>	ns	ns
<i>INRA023</i>	ns	ns
<i>BM1818</i>	ns	ns
<i>ETH3</i>	WW (0,404*)	ns
<i>BM1824</i>	WB (-0,353*); W15 (0,462*)	ns

Примітка: Наведено лише вірогідні оцінки коефіцієнту рангової кореляції Спірмена.

Для чотирьох локусів МС-ДНК (*BM2113*, *SPS115*, *ETH3* та *BM1824*) було встановлено наявність асоціації між живою масою телиць ПМП та ступенем прояву гетерозиготності. При цьому, для трьох останніх асоціацію було відмічено лише для телиць одного підтипу (або низько-, або висококровного) і лише для локусу *BM2113* ця асоціація мала місце у тварин обох підтипів (див. табл. 10).

Найбільш суттєвий зв'язок із індивідуальною мірою d^2 було відмічено серед тварин висококровного підтипу у відношенні локусу *SPS115*. В цьому випадку вірогідні оцінки коефіцієнту рангової кореляції Спірмена було отримано для всіх фенотипових ознак, крім живої маси при народженні. У розрізі окремих ознак, в найбільшому ступені зв'язок між мірою d^2 було відмічено для живої маси при народженні, при відлученні та у віці 15 міс. (див. табл. 10), що співпадає із результатами, отриманими раніше при аналізі впливу типу генотипу (гомо- чи гетерозиготний) (див. табл. 8).

Виявлені зв'язки у більшості випадків мали позитивний знак, тобто, чим більше різниця між довжиною алелів в межах індивідуального генотипу, тим вище жива маса телиць. Особливо, це

характерно для локусу *SPS115*, а також для локусів *ETH3* та *BM1824*. Негативний знак асоціації між мірою d^2 та живою масою при народженні (серед тварин низькокрівного підтипу) та у віці 15 міс. (серед тварин висококрівного підтипу) було виявлено для локусу *BM2113*. Нарешті, для локусу *BM1824* відмічено зміну знаку в онтогенезі з негативного (для живої маси при народженні) на позитивний (для живої маси у віці 15 міс.). Таким чином, нами було встановлено наявність зв'язку між двома різними формами гетерозиготності та живою масою телиць ПМП, але прояв та напрямок цього зв'язку не співпадав у розрізі окремих локусів МС-ДНК.

На рис. 4 наведено розподіл за оцінками мультилокусної гетерозиготності (*MLH*) для телиць ПМП та середнього квадрату різниці між алелями в індивідуальному генотипі (міра *mean d²*) для 10 локусів МС-ДНК. В обох випадках розподіл мав асиметричну форму із довгим «хвостом» у бік низьких значень для *MLH* та у бік високих значень для міри *mean d²*.

В межах окремих особин оцінки мультилокусної гетерозиготності (*MLH*) варіювали від 0,300 до 1,000 із середнім значенням $0,685 \pm 0,011$, а оцінки міри *mean d²* варіювали від 1,57 до 39,11 із середнім значенням $13,16 \pm 0,56$ тандемних повторів². Встановлено наявність вірогідного та позитивного зв'язку між індивідуальними оцінками *MLH* та міри *mean d²* ($r = 0,363$; $P < 0,001$).

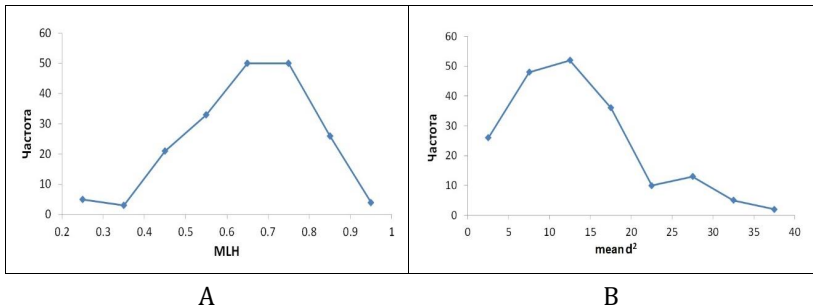


Рис. 4. Розподіл за оцінками мультилокусної гетерозиготності (*MLH*) для телиць ПМП (А) та середнього квадрату різниці між алелями в індивідуальному генотипі (міра *mean d²*) для 10 локусів МС-ДНК (В)

Вірогідний вплив градації за *MLH* на живу масу телиць ПМП було встановлено лише для живої маси тварин низькокрівного підтипу

при народженні ($F_{5; 30} = 2,57$; $P = 0,047$) та у віці 12 міс. ($F_{5; 25} = 3,05$; $P = 0,028$). При цьому, характер зв'язку між індивідуальними оцінками *MLH* та живою масою змінюється у ході онтогенезу. При народженні телиці із найнижчою живою масою характеризувалися близькими до середньої оцінками *MLH* (рис. 5А), а у віці 12 міс., навпаки, тварини із оцінками мультилокусної гетерозиготності у межах 0,60–0,90 мали найвищу живу масу (рис. 5В).

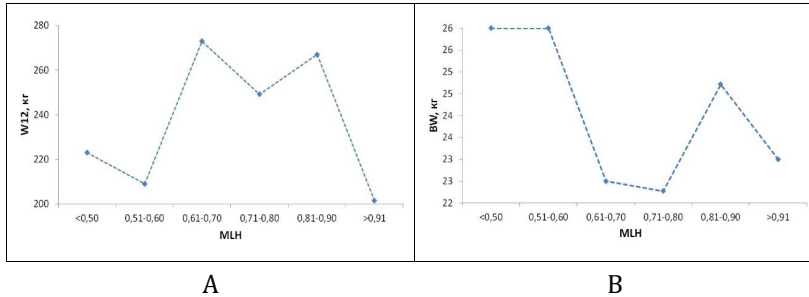


Рис. 5. Вплив середньої мультилокусної гетерозиготності (*MLH*) для 10 локусів МС-ДНК на живу масу телиць ПМП низькокрівного підтипу при народженні (А) та у віці 12 міс. (В)

У відношенні оцінок середнього квадрату різниці між алелями в індивідуальному генотипі (міра *mean d²*) нами вірогідних зв'язків із живою масою телиць ПМП в різному віці не встановлено. Доведено, що відповідні оцінки вірогідно відрізнялися ($F_{5; 47} = 2,54$; $P = 0,041$) у тварин різних підтипів для живої маси у віці 15 міс. (рис. 6).

Так, для телиць низькокрівного підтипу, які мали оцінку міри *mean d²* в межах 15,1–20,0 тандемних повторів², жива маса у віці 15 міс. була найвищою, а телиці висококрівного підтипу з аналогічними оцінками міри *mean d²*, навпаки, мали найнижчу живу масу в цьому віці (див. рис. 6).

3. Обговорення

В нашому дослідженні було встановлено, що ознаки відтворення (багатоплідність при народженні та відлученні, а також кількість/частка мертвонароджених поросят у гнізді) були вищими (для мертвонародження, відповідно, нижчими) серед свиноматок ВБП, що мали гомозиготний генотип за більшістю використаних в

аналізі локусів МС-ДНК (див. табл. 2). Таким чином, кореляція між гетерозиготністю та ознаками відтворення мала негативний знак, тобто, ми маємо справу з проявом негативних випадків НФС. Лише для локусу *Sw857* зростання оцінок міри d^2 призводило до збільшення загальної кількості порослят при народженні протягом I-II-го опоросів (табл. 3), що свідчить про прояв позитивних випадків НФС.

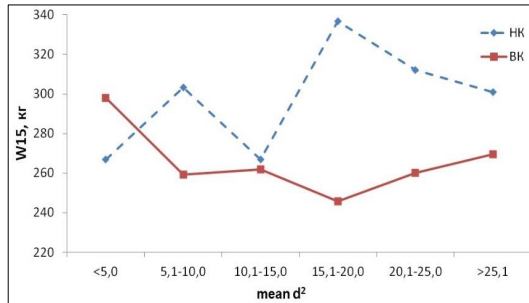


Рис. 6. Вплив підтипу та оцінок середнього квадрату різниці між алелями в індивідуальному генотипі ($mean d^2$) для 10 локусів МС-ДНК на живу масу телиць ПМП у віці 15 міс.

Однотиме існування в популяції позитивних та негативних випадків кореляції між гетерозиготністю (за різними генетичними маркерами) та компонентами виживаності раніше вже було показано при дослідженні популяції колючки триголкової (*Gasterosteus aculeatus*) із естуарію р. Святого Лаврентія (Канада) [20]. Різний напрямок НФС може бути також пов'язаний із типом генетичного маркера. При дослідженні синиці блакитної (*Cyanistes caeruleus*) із Австрії було показано, що вплив MLN на виживаність за нейтральними та функціональними локусами мав різний напрямок [30]. Негативний вплив функціональних локусів краще пояснювався локальними ефектами, а позитивний вплив нейтральних маркерів міг відобразити ефект інбридингу в популяції. Тому, негативні НФС можуть бути проявом впливу окремих локусів чи аутбредної депресії. При цьому, щоб НФС відображала вплив аутбридингу, мультилокусна гетерозиготність, виміряна за допомогою МС-ДНК локусів, повинна відображати гетерозиготність загального геному та рівень індивідуального інбридингу (або аутбридингу) [30].

В переважній більшості робіт, де розглядався вплив різних оцінок гетерозиготності (коефіцієнт інбридингу, гетерозиготність та оцінки міри d^2 як для окремих структурних генів та локусів МС-ДНК, так й їх мультилокусна оцінка) на ознаки тварин, які розводяться в штучних умовах найчастіше відмічалось переважання гетерозиготних особин над гомозиготними. Хоча у випадку тилапії було встановлено, що особини, гомозиготні за локусом *UNH146*, переважали гетерозигот за довжиною та масою тіла [7].

Для природних популяцій прояв негативних випадків HFCs не рідкість, хоча вони реєструється значно рідше, ніж випадки позитивного зв'язку між гетерозиготністю та компонентами пристосованості [9]. Крім того, негативні випадки HFCs частіше реєструвалися при аналізі малочислених вибірок та при використанні оцінок *mean d²* [9], що також підтверджується отриманими нами результатами.

Доведено, що залежність між оцінками гетерозиготності та компонентами пристосованості (в т.ч., й ознаками відтворення) має криволінійну форму, як це було показано при дослідженні окуня синьозябрового (*Lepomis macrochirus*) в озері Opinicon (Канада) [28]. Таким чином, можна очікувати, що пристосованість буде збільшуватися із зростанням рівня гетерозиготності особин, але після досягнення максимуму буде вже знижуватися при подальшому зростанню рівня гетерозиготності. Отримані нами результати (див. рис. 1А) повністю узгоджуються з цією гіпотезою, враховуючи, що особини з низькими індивідуальними оцінками мультилокусної гетерозиготності в дослідженій вибірці свиноматок (із СГПП «Техмет-Юг») були не чисельні й, відповідно, ліва частина цієї залежності є «обрізаною».

Дійсно, більшість досліджень, що відмічали вірогідні випадки HFCs, вказували на лінійний, позитивний зв'язок між мірами індивідуальної гетерозиготності та ознаками, що пов'язані із пристосованістю, тобто, більш високий рівень гетерозиготності мав позитивний прояв [9]. Рідше відмічався негативний вплив гетерозиготності, що може бути проявом криволінійного зв'язку між гетерозиготністю та ознаками, тобто, особини із проміжним рівнем гетерозиготності мали перевагу над особинами із дуже низьким, чи дуже високим рівнем гетерозиготності [26; 28; 29].

З іншого боку, в господарстві СГПП «Техмет-Юг» використовувались дві групи тварин, які відрізняються за походженням – свині англійської та угорської селекції. Більшість тварин, яких було

досліджено, є різними варіантами схрещування між ними (F_1 , F_2 , BC_1 та ін.). У таких помісних тварин може проявлятися порушення генних комплексів, що були сформовані внаслідок тривалої селекційної роботи із кожною групою плідників, результатом якого і є аутбредна депресія, що супроводжувалась зниженням ознак відтворення при схрещуванні дуже генетично віддалених особин (див. рис. 2В).

Крім того, висока гетерозиготність може бути пов'язана зі зниженням пристосованості в ситуаціях, коли діє аутбредна депресія, але це вимагає схрещування між локально адаптованими популяціями [31], якими в нашому випадку є групи племінних тварин різного походження – англійської та угорської селекції, відповідно. В роботі [5] відмічено наявність суттєвих відмінностей щодо особливостей терморегуляції організму свиней угорської та англійської селекції в умовах півдня України. Крім того, помісні тварини, які є результатом схрещування свиней англійської та угорської селекції вірогідно поступалися за середньодобовим приростом та довжиною напівтуші ровесницям, які мали батьками лише тварин угорської селекції [1]. Характерно, що в ТОВ «Таврійські свині» використовувалися лише свині великої білої породи англійської селекції.

Встановлені нами вірогідні зв'язки між індивідуальними оцінками гетерозиготності свиноматок ВБП за локусами МС-ДНК та ознаками відтворення мали місце лише протягом III-го опоросу, тобто, віку, коли багатоплідність свиноматок досягає свого максимуму. Раніше, при дослідженні альпійського козла (*Capra ibex*) також було встановлено, що вплив MLN мав віково-специфічний характер [37].

Крім того, елементи штучного відбору (індивідуальне вибракування) можуть бути відповідальними за формування негативних випадків HFCs. Є висока ймовірність того, що після I-го та II-го опоросів були вибракувані свиноматки, більшість яких мала низькі показники багатоплідності та оцінки гетерозиготності одночасно, що й призвело до формування негативного зв'язку у свиноматок протягом III-го опоросу. Підтвердженням цієї гіпотези є той факт, що оцінки коефіцієнту рангової кореляції (R_s) між гетерозиготністю та ознаками багатоплідності серед всіх першоопоросок були невірогідними. Але, якщо при розрахунках не враховувалися першоопороски, яких було потім вибракувано, то відповідні оцінки коефіцієнту рангової кореляції (R_s) ставали

вірогідними ($P < 0,05$) та мали негативний знак. Аналогічну ситуацію було відмічено раніше при дослідженні тетерука євразійського (*Lyrurus tetrix*). Було показано [35], що до відбору загальний зв'язок із пристосованістю самиць формувал позитивні HFCs. Однак, після того, як відбір за життєздатністю елімінував з популяції самиць з низькою гетерозиготністю та випадкову вибірку інших самиць (біля 20 %), загальний зв'язок мав негативний знак.

Для популяції антільської горлиці (*Zenaida aurita*) на о-ві Барбадос було встановлено наявність вірогідної негативної кореляції між індивідуальними оцінками MLN та станом тіла (*body condition*) серед ювенільних особин (тобто, гомозиготні особини мали кращі показники оцінки стану тіла, ніж гетерозиготні), що свідчить про прояв аутбредної депресії. Серед дорослих особин така закономірність була відсутня [27].

Було встановлено, що у свійських та сільськогосподарських тварин гетерозиготність вірогідно впливала на проміри тіла [6; 7; 11], репродуктивні ознаки [19], якість м'яса [22], вміст жиру в молоці [18], стійкість до паразитів [24] та хвороб [12; 34; 36]. Але найчастіше було встановлено наявність певної асоціації між показниками гетерозиготності із живою масою та їх приростами [15; 16; 21; 38; 39], що було відмічено й в нашому дослідженні. Так, для телиць ПМП нами було доведено вірогідний вплив локусу *BM2113* на живу масу у віці 15 міс. та локусу *BM1818* на живу масу у віці 8 міс. (див. табл. 7). В розрізі різних підтипів для більшості локусів МС-ДНК зв'язок між локусами МС-ДНК було відмічено для живої маси при народженні та у віці 15 міс. (див. табл. 8). Характерно, що раніше [3] нами було встановлено три алеля (*BM1824*¹⁷⁸, *TGLA227*⁸³, *BM1818*²⁵⁸), наявність яких в генотипі телиць ПМП забезпечувала більш інтенсивний ріст живої маси та один алель (*BM2113*¹⁴¹), що пов'язаний із повільним зростанням живої маси у різні вікові періоди.

Наявність вірогідних зв'язків між ознаками та гетерозиготністю за окремими локусами МС-ДНК раніше вже було доведено для різних тварин. Так, гетерозиготність за локусом *UNH146* впливала на довжину тіла та живу масу прісноводної тилапії (*Oreochromis spp.*) [7], гетерозиготність за локусами *INRA111* та *BMS2847* була пов'язана зі стійкістю свійської худоби до туберкульозу [12], а гетерозиготність за локусом *BMC5221* – із стійкістю до копитної гнилі у овець [34; 36].

При цьому, як і в нашому випадку, цей зв'язок не завжди демонструє перевагу особин із гетерозиготним генотипом над гомозиготами, що можна було б очікувати, виходячи з теорії гетерозису. Перевагу гомозиготних особин над гетерозиготами було відмічено, наприклад, для довжини тіла тилапії [7]. З іншого боку, вівці гомозиготні за локусом *BMC5221* характеризувалися підвищеним ризиком захворіти на копитну гниль, а в групі тварин, де цю хворобу не було виявлено, навпаки, спостерігався дуже значний дефіцит гомозигот за цим локусом [34; 36].

Аналогічна ситуація мала місце і у відношенні зв'язку індивідуальних оцінок мультилокусної гетерозиготності (*MLH*) із ознаками продуктивності. Встановлено [38], що для свиней оцінки *MLH*, що були отримані для 56 локусів МС-ДНК, розташованих на 1-й, 2-й, 11-й, 13-й, 17-й та 18-й хромосомах (т.зв. *геномна гетерозиготність, genomic heterozygosity*), вірогідно та позитивно пов'язані з забійною масою та середньодобовими приростами живої маси тварин, хоча при цьому зв'язок із товщиною шпигу був відсутній. Оцінки *MLH*, розраховані для 15 локусів МС-ДНК, були вірогідно та негативно пов'язані із кількістю легеневих гельмінтів (*Protostrongylus spp.*) у диких баранів-товсторогів [24]. Також були відмічені вірогідні асоціації між індивідуальними оцінками мультилокусної гетерозиготності та живою масою, висотою у холці, довжиною тіла, обхватом грудей та обхватом п'ястка у кіз породи Tongshan Black-boned [15].

В цілому, зв'язок геномної гетерозиготності з ознаками варіює від хромосоми до хромосоми, а асоціація між гетерозиготністю та продуктивністю носить скоріше нелінійний комплексний характер внаслідок складної взаємодії між окремими генами [38].

Вірогідний зв'язок також мав місце між середньою мультилокусною оцінкою міри d^2 та певними промірами тіла кобил породи Lipizzan [11]. З іншого боку, вірогідної кореляції між оцінками міри d^2 та живою масою курей відмічено не було [21], як й в нашому дослідженні.

Існують також підтвердження гіпотези про те, що зараження паразитами та чутливість до хвороб може бути наслідком зниженої гетерозиготності у популяціях диких та свійських тварин, а деякі окремі локуси можуть обумовлювати стійкість до паразитів та хвороб [12; 24; 34]. Також, індивідуальний рівень гетерозиготності може бути використано у якості прогностичної ознаки при аналізі ростових процесів сільськогосподарських тварин [15]. Важливою

перевагою цього підходу є те, що він може бути використаний вже на ранніх етапах онтогенезу [6].

Таким чином, використання моделей, що включають оцінки гетерозиготності, призводить до більш точного відбору ремонтних тварин для селекційних цілей, що може збільшити генетичний приріст ознак продуктивності, ймовірно, внаслідок домінантної дії окремих генів [16].

Висновки

Нами було встановлено переважання особин із гомозиготним генотипом над гетерозиготним у відношенні показників багатоплідності та, відповідно, протилежну картину у відношенні кількості та частки мертвонароджених поросят у гнізді. В найбільшому ступені це було характерно для особин СГПП «Техмет-Юг». Таким чином, кореляція між гетерозиготністю та ознаками відтворення мала негативний знак, тобто, ми мали справу з проявом негативних випадків HFCs. Ми робимо висновок, що слід бути обережним при схрещуванні племінних тварин різного походження (англійської та угорської селекції), щоб уникнути аутбредної депресії.

Аналіз впливу генотипу телиць ПМП (гомо- чи гетерозиготний) не залежно від підтипу, до якого вони відносяться, свідчить, що лише у двох випадках було виявлено вірогідну різницю. Це стосується впливу локусу *BM2113* на живу масу телиць у віці 15 міс. та впливу локусу *BM1818* на живу масу телиць у віці 8 міс. Для чотирьох локусів МС-ДНК (*BM2113*, *SPS115*, *ETH3* та *BM1824*) було встановлено наявність асоціації між живою масою телиць ПМП та ступенем прояву гетерозиготності. Найбільш суттєвий зв'язок з індивідуальною мірою d^2 було відмічено серед тварин висококровного підтипу у відношенні локусу *SPS115*. У розрізі окремих ознак, в найбільшому ступені зв'язок між мірою d^2 було відмічено для живої маси при народженні, при відлученні та у віці 15 міс. В цілому, оцінки індивідуальної гетерозиготності для 10 локусів МС-ДНК та середні мультилокусні оцінки d^2 були слабко пов'язані із живою масою телиць південної м'ясної породи.

Таким чином, характер зв'язку між гетерозиготністю та продуктивністю серед досліджених груп свиней та худоби в значній мірі залежав як від походження тварин, так і напряму селекційно-племінної роботи в господарствах.

Подяки. Робота виконана в рамках фінансування за держбюджетними тематиками Міністерства освіти і науки України (номера

державної реєстрації – 0119U001042 та 0121U109492). Автори висловлюють подяку керівництву та фахівцям ТОВ «Таврійські свині» Херсонської області, СГПП «Техмет-Юг» Миколаївської області та ДП «ДГ Асканійське» Асканійської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту зрошувального землеробства НААН Каховського району Херсонської області.

Список використаних джерел:

1. Кислинская А. И. Откормочные и мясные качества чистопородного молодняка свиней крупной белой породы венгерской селекции и их помесей в постадаптацияльный период. *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. 2013. Т. 10. С. 167–171.
2. Крамаренко О.С. *Оцінювання генетичної структури та прогнозування продуктивності тварин південної м'ясної породи за ДНК-маркерами* : монографія. Миколаїв : Іліон, 2017. 166 с.
3. Крамаренко О. С., Сухоручко Т. О., Крамаренко С. С. Поліморфізм та асоціація STR-локусів з ознаками росту телиць південної м'ясної породи. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 113. С. 181–192.
4. Крамаренко С. С., Луговий С. І., Лихач А. В., Крамаренко О. С. *Аналіз біометричних даних у розведенні та селекції тварин* : навчальний посібник. Миколаїв : МНАУ, 2019. 226 с.
5. Кислинська А. І. Терморегуляція організму свиней імпортової популяції в процесі адаптації на півдні України. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2012. Вип. № 78, ч. 2 (1). С. 76–81.
6. Agatep R. C. Microsatellite loci heterozygosity and fitness correlations among three genetic groups of domesticated mallard ducks (*Anas platyrhynchos domesticus* L.) in the Philippines. *Journal of Agricultural Technology*. 2015. Vol. 11(7). P. 1439–1447.
7. Appleyard S. A., Renwick J. M., Mather P. B. Individual heterozygosity levels and relative growth performance in *Oreochromis niloticus* (L.) cultured under Fijian conditions. *Aquaculture Research*. 2001. Vol. 32(4). P. 287–296.
8. Bjelland D. W., Weigel K. A., Vukasinovic N., Nkrumah J. D. Evaluation of inbreeding depression in Holstein cattle using whole-genome SNP markers and alternative measures of genomic inbreeding. *Journal of Dairy Science*. 2013. Vol. 96(7). P. 4697–4706.

9. Chapman J. R., Nakagawa S., Coltman D. W., Slate J., Sheldon B. C. A quantitative review of heterozygosity–fitness correlations in animal populations. *Molecular Ecology*. 2009. Vol. 18(13). P. 2746–2765.
10. Coulson T. N., Pemberton J. M., Albon S. D., Beaumont M., Marshall T. C., Guinness F. E., Clutton-Brock T. H. Microsatellites reveal heterosis in red deer. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*. 1998. Vol. 265(1395). P. 489–495.
11. Curik I., Zechner P., Sölkner J., Achmann R., Bodo I., Dovc P., Kavarić T., Martić E., Brem G. Inbreeding, microsatellite heterozygosity, and morphological traits in Lipizzan horses. *Journal of Heredity*. 2003. Vol. 94(2). P. 125–132.
12. Driscoll E. E., Hoffman J. I., Green L. E., Medley G. F., Amos W. A preliminary study of genetic factors that influence susceptibility to bovine tuberculosis in the British cattle herd. *PLoS One*. 2011. Vol. 6(4). e18806.
13. Frankham R., Ballou J. D., Eldridge M. D., Lacy R. C., Ralls K., Dudash M. R., Fenster C. B. Predicting the probability of outbreeding depression. *Conservation Biology*. 2011. Vol. 25(3). P. 465–475.
14. González-Reco O., De Maturana E. L., Gutiérrez J. P. Inbreeding depression on female fertility and calving ease in Spanish dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 2007. Vol. 90(12). P. 5744–5752.
15. Han Y. G., Liu G. Q., Jiang X. P., Liang G. M., He C. B., Wang D. W., Wu Y., Xiang X. L., Hu J., Peng Y. Q. Investigation of individual heterozygosity correlated to growth traits in Tongshan Black-boned goat. *Molecular Biology Reports*. 2013. Vol. 40(11). P. 6075–6079.
16. Iversen M. W., Nordbo O., Gjerlaug-Enger E., Grindflek E., Lopes M. S., Meuwissen T. Effects of heterozygosity on performance of purebred and crossbred pigs. *Genetics Selection Evolution*. 2019. Vol. 51(1). P. 1–13.
17. Jiang X. P., Liu G. Q., Xiong Y. Z. Investigation of gene and microsatellite heterozygosities correlated to growth rate in the Chinese Meishan pig. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2005. Vol. 18(7). P. 927–932.
18. Jiang X. P., Liu G. Q., Wang C., Mao Y. J., Xiong Y. Z. Milk trait heritability and correlation with heterozygosity in yak. *Journal of Applied Genetics*. 2004. Vol. 45(2). P. 215–224.
19. Kashtanov S. N., Lazebny O. E., Gracheva S. V. Fitness characteristics and allozyme heterozygosity in an artificial population of the sable *Martes zibellina* L. *Russian Journal of Genetics*. 2003. Vol. 39(12). P. 1438–1441.

20. Lieutenant-Gosselin M., Bernatchez L. Local heterozygosity-fitness correlations with global positive effects on fitness in threespine stickleback. *Evolution*. 2006. Vol. 60(8). P. 1658–1668.

21. Liu G. Q., Jiang X. P., Wang J. Y., Wang Z. Y. Correlations between heterozygosity at microsatellite loci, mean d^2 and body weight in a Chinese native chicken. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2006. Vol. 19(12). P. 1671–1677.

22. Liu G. Q., Jiang X. P., Xiong Y., Deng C., Qu Y. Effects of individual gene heterozygosity on meat quality traits in swine. *Journal of Nanjing Agricultural University*. 2003. Vol. 26(1). P. 56–60 (in Chinese).

23. Lugovoy S. I., Kharzinova V. R., Kramarenko S. S., Lykhach A. V., Kramarenko A. S., Lykhach V. Y. Genetic polymorphism of microsatellite loci and their association with reproductive traits in Ukrainian meat breed pigs. *Cytology and Genetics*. 2018. Vol. 52(5). P. 360–367.

24. Luikart G., Pilgrim K., Vistry J., Ezenwa V. O., Schwartz M. K. Candidate gene microsatellite variation is associated with parasitism in wild bighorn sheep. *Biology Letters*. 2008. Vol. 4(2). P. 228–231.

25. Luís C., Cothran E. G., Oom M. D. M. Inbreeding and genetic structure in the endangered Sorraia horse breed: implications for its conservation and management. *Journal of Heredity*. 2007. Vol. 98(3). P. 232–237.

26. Marshall T. C., Spalton J. A. Simultaneous inbreeding and outbreeding depression in reintroduced Arabian oryx. *Animal Conservation*. 2000. Vol. 3(3). P. 241–248.

27. Monceau K., Wattier R., Dechaume-Moncharmont F. X., Dubreuil C., Cézilly F. Heterozygosity-fitness correlations in adult and juvenile Zenaida dove, *Zenaida aurita*. *Journal of Heredity*. 2013. Vol. 104(1). P. 47–56.

28. Neff B. D. Stabilizing selection on genomic divergence in a wild fish population. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2004. Vol. 101(8). P. 2381–2385.

29. Olano-Marin J., Mueller J. C., Kempnaers B. Correlations between heterozygosity and reproductive success in the blue tit (*Cyanistes caeruleus*): an analysis of inbreeding and single locus effects. *Evolution*. 2011a. Vol. 65(11). P. 3175–3194.

30. Olano-Marin J., Mueller J. C., Kempnaers B. Heterozygosity and survival in blue tits (*Cyanistes caeruleus*): contrasting effects of presumably functional and neutral loci. *Molecular Ecology*. 2011b. Vol. 20(19). P. 4028–4041.

31. Richardson D. S., Komdeur J., Burke T. Inbreeding in the Seychelles warbler: environment-dependent maternal effects. *Evolution*. 2004. Vol. 58(9). P. 2037–2048.

32. Saura M., Fernández A., Varona L., Fernández A. I., de Cara M. Á. R., Barragán C., Villanueva B. Detecting inbreeding depression for reproductive traits in Iberian pigs using genome-wide data. *Genetics Selection Evolution*. 2015. Vol. 47(1). P. 1–9.

33. Singh S. M., Zouros E. Genetic variation associated with growth rate in the American oyster (*Crassostrea virginica*). *Evolution*. 1978. Vol. 32(2). P. 342–353.

34. Smith E. M., Hoffman J. I., Green L. E., Amos W. Preliminary association of microsatellite heterozygosity with footrot in domestic sheep. *Livestock Science*. 2012. Vol. 143(2–3). P. 293–299.

35. Soulsbury C. D., Lebigre C. Viability selection creates negative heterozygosity-fitness correlations in female Black Grouse *Lyrurus tetrix*. *Journal of Ornithology*. 2018. Vol. 159(1). P. 93–101.

36. Valilou R. H., Sarskanroud M. R., Rafat S. A., Ebrahimi M., Firouzamandi, M., Mohammadi S. A. Association between footrot resistance and microsatellite polymorphisms of *ovar-DRB1* and *BMC5221* loci in Iranian Ghezel sheep. *Revue de Medecine Veterinaire*. 2016. Vol. 167(11–12). P. 316–322.

37. von Hardenberg A., Bassano B., Festa-Bianchet M., Luikart G., Lanfranchi P., Coltman D. Age-dependent genetic effects on a secondary sexual trait in male Alpine ibex, *Capra ibex*. *Molecular Ecology*. 2007. Vol. 16(9). P. 1969–1980.

38. Wu X. L., Li X., Merete F. Association of microsatellite genomic heterozygosity with inbred pig performance under successive inbreeding. *Acta Genetica Sinica*. 2001. Vol. 28(1). P. 20–28 (in Chinese).

39. Zhang J. H., Xiong Y. Z., Deng C. Y. Correlations of genic heterozygosity and variances with heterosis in a pig population revealed by microsatellite DNA marker. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2005. Vol. 18(5). P. 620–625.

40. Zouros E. Associative overdominance: evaluating the effects of inbreeding and linkage disequilibrium. *Genetica*. 1993. Vol. 89(1). P. 35–46.

DOI <https://doi.org/10.36059/978-966-397-240-4-15>

Крамаренко С. С.

*доктор біологічних наук, професор,
професор кафедри генетики, годівлі тварин та біотехнології
Миколаївський національний аграрний університет
м. Миколаїв*

Ващенко П. А.

*доктор сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник,
старший науковий співробітник лабораторії селекції
Інститут свинарства і агропромислового виробництва
Національної академії аграрних наук України
м. Полтава*

Цибенко В. Г.

*кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник лабораторії інноваційних
технологій та експериментальних тваринницьких об'єктів
Інститут свинарства і агропромислового виробництва
Національної академії аграрних наук України
м. Полтава*

Крамаренко О. С.

*кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри технології переробки, стандартизації
і сертифікації продукції тваринництва
Миколаївський національний аграрний університет
м. Миколаїв*

**АНАЛІЗ ВПЛИВУ ГЕНЕТИЧНИХ ТА НЕ-ГЕНЕТИЧНИХ ФАКТОРІВ
НА ЖИВУ МАСУ ПОРОСЯТ ПРИ НАРОДЖЕННІ ТА ВІДЛУЧЕННІ**

Анотація. Метою нашої роботи був аналіз впливу генетичних та не-генетичних факторів на живу масу поросят при народженні (PWB) та відлученні (PWW), а також визначення невідповідних компонентів характеру їх мінливості у часі протягом 2007–2014 рр.

Для визначення вірогідності та ступеня впливу задіяних в аналізі факторів, нами було використано алгоритм загальної лінійної моделі (GLM). Для аналізу наявності не випадкової компоненти мінливості (циклічності) нами було використано оцінки автокореляційної функції. Доведено вірогідний вплив року та місяця опоросу на PWB та PWW (в обох випадках: $p < 0,001$), у той час як вірогідні відмінності між кнурцями та свиноматками не встановлено. Включення в модель інформації щодо генотипу кнура чи свиноматки (у якості випадкових факторів), суттєво змінює отримані LS-оцінки PWB та PWW, що пов'язано із особливостями технологічного процесу відтворення в господарстві, внаслідок чого в різні роки використовувалися кнури та свиноматки з різною племінною цінністю. Виявлені циклічні коливання живої маси порослят, обумовлені тривалістю продуктивного життя основного поголів'я у господарстві. Встановлено, що не стільки календарний рік чи календарний місяць мають важливе значення, скільки особливості кліматичних характеристик певного року/сезону/місяця опоросу й, насамперед, їх відхилення від оптимального значення, при якому відтворювальні функції свиноматок можуть бути реалізовані у максимальному ступені. На PWB встановлено достовірний вплив кліматичних умов місяця, що передував опоросу, у той час як на PWW впливу кліматичних умов не зафіксовано, що пов'язано із регулюванням мікроклімату у приміщеннях для утримання лактуючих свиноматок.

Вступ

Особливістю ведення галузі свинарства є його орієнтованість на отримання гібридних товарних свиней [1]. Водночас, надважливу роль у системі гібридизації відіграє якість вихідних чистопорідних прабатьківських або батьківських форм, які повинні відрізнятися високою племінною цінністю [2; 3]. Першою (материнською) породою у системах гібридизації, як правило, є велика біла, що за чисельністю поголів'я займає перше місце у світі та Україні [4; 5]. Відповідно до цього, при селекційній роботі з великою білою породою велику увагу приділяють ознакам репродуктивної здатності свиноматок [6–8].

Серед основних факторів, що впливають на відтворювальні якості, виділяють наступні: тривалість поросності, лактації та непродуктивного періоду [9], сезон осіменіння та опоросу [10; 11] та пов'язана із сезоном температура навколишнього середовища

[12; 13], кількість осіменінь або парувань [14], вік першого парування [15]. Визначення і врахування факторів, що впливають на продуктивність є необхідною умовою для коректного визначення племінної цінності тварин [16].

При цьому, проведені раніше дослідження надавали суперечливі результати щодо впливу року та сезону (або місяця) опоросу на відтворювальні якості свиноматок [17–19]. З іншого боку, було встановлено вірогідний сумісний вплив року та сезону (або місяця) опоросу як на кількісні, так й масові показники гнізда та окремих поросят при їх народженні та відлученні [20–22]. Ці результати можуть свідчити про те, що не стільки календарний рік чи календарний місяць мають важливе значення, скільки особливості кліматичних характеристик певного року/сезону/місяця опоросу й, насамперед, їх відхилення від оптимального значення, при якому відтворювальні функції свиноматок можуть бути реалізовані у максимальному ступені.

З іншого боку, не випадкові компоненти мінливості, такі, наприклад, як тренд та/або циклічність можуть проявлятися на часових масштабах, що перевищують один сезон або рік. В цьому випадку, найбільш придатними методами дослідження можуть виявитися методи аналізу часових рядів, наприклад, використання оцінок коефіцієнтів автокореляційної функції.

Аналіз даних щодо рівня молочної продуктивності був використаний раніше при створенні стохастичних моделей для короткострокового прогнозування надоїв корів [23] та кіз [24]. Аналіз часових рядів також був неодноразово використаний і в свинарстві, наприклад, при аналізі захворюваності свиней на мікобактеріоз [25], на паразитарну інфекцією свиней, викликану *Ascaris suum* [26] або репродуктивно-респіраторний синдром свиней, РРСС [27].

Таким чином, дослідження факторів, що впливають на репродуктивні якості великої білої породи та визначення племінної цінності свиней з урахуванням впливу даних факторів є актуальним завданням галузі свинарства. Крім того, нами було проведено аналіз показників живої маси поросят великої білої породи при народженні та відлученні з використанням методів аналізу часових рядів.

1. Матеріали та методи

Матеріали. Тварини, яких використано для аналізу, належали племінному заводу з розведення великої білої породи ТОВ «Селекційний племзавод «Золотоніський» (Черкаська обл., Україна).

Загалом у дослідженні було використано дані щодо 9552 поросят, отриманих від парування 898 свиноматок та 198 кнурів племінного стада великої білої породи (ВБП) протягом 2007–2014 років.

Для кожного поросяти було використано наступні дані (у кг): індивідуальна жива маса при народженні (piglet weight at birth, PWB) та при відлученні (piglet weight at weaning, PWW). Крім того, враховувалися наступні фактори: стать поросяти (кнурець/свинка), рік опоросу (2007–2014 рр.), місяць опоросу (січень – грудень), а також інформація щодо обох батьків – свиноматки та кнура. Крім того, для аналізу живої маси при відлученні також враховувався вік поросяти на дату відлучення (21–31 доба).

Математико-статистичні методи. Для визначення вірогідності та ступеня впливу задіяних в аналізі факторів, нами було використано алгоритм загальної лінійної моделі (GLM) із розрахунком відповідних LS-оцінок.

Для даних щодо живої маси при народженні було використано три різні моделі:

$$\begin{aligned} PWB_{ijkl} &= \mu + SEX_i + FY_j + FM_k + e_{ijkl}; & \text{(Модель 1)} \\ PWB_{ijklm} &= \mu + SEX_i + FY_j + FM_k + SIRE_l + e_{ijklm}; & \text{(Модель 2)} \\ PWB_{ijklm} &= \mu + SEX_i + FY_j + FM_k + DAM_l + e_{ijklm}; & \text{(Модель 3)} \end{aligned}$$

де PWB – індивідуальна жива маса поросяти при народженні;

μ – середнє популяційне значення;

SEX_i – фіксований фактор «стать поросяти» (дві градації);

FY_j – фіксований фактор «рік опоросу» (сім градацій);

FM_k – фіксований фактор «місяць опоросу» (12 градацій);

$SIRE_l$ – випадковий фактор «кнур» (198 градацій);

DAM_l – випадковий фактор «свиноматка» (898 градацій);

e_{ijkl} – випадкова помилка.

Для даних щодо живої маси при відлученні було використано також три різні моделі:

$$\begin{aligned} PWW_{ijklm} &= \mu + SEX_i + FY_j + FM_k + WA_l + e_{ijklm} & \text{(Модель 4)} \\ PWW_{ijklmn} &= \mu + SEX_i + FY_j + FM_k + WA_l + SIRE_m + e_{ijklmn} & \text{(Модель 5)} \\ PWW_{ijklmn} &= \mu + SEX_i + FY_j + FM_k + WA_l + DAM_m + e_{ijklmn} & \text{(Модель 6)} \end{aligned}$$

де PWW – індивідуальна жива маса поросяти при відлученні;

μ – середнє популяційне значення;

SEX_i – фіксований фактор «стать поросяти» (дві градації);
FY_j – фіксований фактор «рік опоросу» (сім градацій);
FM_k – фіксований фактор «місяць опоросу» (12 градацій);
WA_i – фіксований фактор «вік поросяти на дату відлучення»
(11 градацій);
SIRE_m – випадковий фактор «кнур» (198 градацій);
DAM_m – випадковий фактор «свиноматка» (898 градацій);
e_{ijkl} – випадкова помилка.

Виявлені характерні особливості часової (як у відношенні місяця опоросу, так і року опоросу) мінливості живої маси поросят при народженні та відлученні потребували додаткового аналізу. Для цього ми перекодували дату опоросу таким чином, що всім поросяттям, які були народжені у лютому 2007 р. було присвоєно код «1», у березні 2007 р. – код «2» і т. п. Таким чином, нами було отримано 94 субгрупи відповідно до місяця/року (MYFCode). Аналогічний підхід (використання значень «ковзного середнього» для 30-денних відрізків часу протягом декількох років дослідження) нещодавно було використано в роботі (Scanlan et al., 2019 [28]) при аналізі відтворювальних якостей помісних свиноматок ВБ × Ландрас.

Для PWW нами було розраховані середні значенні для кожної субгрупи (без урахування статі поросяти). Але оскільки для PWW суттєвий вплив встановлено для доби відлучення (див. нижче), для цього показника подальший аналіз було проведено з використанням LS-оцінок, що розраховані на підставі моделі 7:

$$PWW_{ijkl} = \mu + SEX_i + MYFCode_j + WA_k + e_{ijkl}; \quad (\text{Модель 7})$$

де PWW – індивідуальна жива маса поросяти при відлученні відповідно до субгрупи «рік/місяць опоросу»;

μ – середнє популяційне значення;

SEX_i – фіксований фактор «стать поросяти» (дві градації);

MYFCode_j – фіксований фактор субгрупи «місяць/рік опоросу» (94 градації);

WA_k – фіксований фактор «доба відлучення» (11 градацій);

e_{ijkl} – випадкова помилка.

Всі розрахунки було проведено з використанням модуля GLM пакету статистичних програм MINITAB Release 13.1 (MINITAB Inc. 2000). У всіх випадках вірогідними вважалися LS-оцінки, що мали $p \leq 0,05$.

Наявність тренду часової мінливості PWB та PWW поросят було оцінено з використанням коефіцієнта рангової кореляції Спірмена (R_s). Для аналізу наявності невивадової компоненти мінливості (циклічності) нами було використано оцінки автокореляційної функції (AR), що було розраховано для лагів від 1 до 36 місяців.

Для пояснення патернів часової мінливості оцінок PWB та PWW було використано два кліматичних показники для 12 місяців кожного року дослідження: середньомісячна температура та сума опадів за місяць. Крім того, нами було розраховано відхилення від середньої багаторічної температури для кожного місяця. Всі значення кліматичних показників було отримано для м. Золотоноша (Золотоніський район Черкаської області), що представлені в архіві за 2007–2014 роки на сайті <http://www.pogodaiklimat.ru>.

Наявність вірогідного впливу цих кліматичних показників на мінливість PWB та PWW було оцінено, використовуючи коефіцієнт рангової кореляції Спірмена (R_s) окремо для кожного сезону року: зима (грудень, січень, лютий), весна (березень, квітень, травень), літо (червень, липень, серпень) та осінь (вересень, жовтень, листопад).

Всі розрахунки було проведено з використанням пакету статистичних програм STATISTICA v. 7.0 (StatSoft Inc.).

2. Результати

Жива маса при народженні. В таблиці 1 наведено результати дисперсійного аналізу впливу факторів не-генетичної природи (модель 1) та з врахуванням генотипу кнурів й свиноматки (моделі 2 та 3, відповідно) на PWB.

Таблиця 1

Результати дисперсійного аналізу впливу різних факторів на живу масу поросят ВБП при народженні (моделі 1–3)

Фактор	Модель 1	Модель 2	Модель 3
SEX	$F(1; 9532) = 1,56^{ns}$	$F(1; 9333) = 0,73^{ns}$	$F(1; 8635) = 0,12^{ns}$
FY	$F(7; 9532) = 40,02^{***}$	$F(7; 9333) = 13,90^{***}$	$F(7; 8635) = 60,54^{***}$
FM	$F(11; 9532) = 5,12^{***}$	$F(11; 9333) = 7,98^{***}$	$F(11; 8635) = 12,46^{***}$
SIRE	–	$F(197; 9333) = 3,25^{***}$	–
DAM	–	–	$F(897; 8635) = 7,50^{***}$

Примітка. Тут та далі: * – $p \leq 0,05$; ** – $p \leq 0,01$; *** – $p \leq 0,001$; ns – $p > 0,05$.

Вірогідний вплив встановлено для всіх факторів, що було включено в моделі 1–3, за виключенням статі поросяти.

В середньому за весь період дослідження (2007–2014 рр.) жива маса поросят при народженні склала: для кнурців – $1,094 \pm 0,002$ кг ($n = 4476$); для свинок – $1,097 \pm 0,002$ ($n = 5076$).

В таблиці 2 наведено LS-оцінки PWB для різних факторів негенетичної природи (модель 1), та з врахуванням корегування на генотип кнура та свиноматки (модель 2 та 3, відповідно).

Таблиця 2

LS-оцінки (LSE \pm SE) впливу різних факторів на живу масу поросят ВБП при народженні (моделі 1–3), кг

Фактор / градації	Модель 1	Модель 2	Модель 3
1	2	3	4
Constant	$1,094 \pm 0,002$	$1,084 \pm 0,003$	$1,092 \pm 0,002$
SEX			
кнурці	$-0,002 \pm 0,002^{ns}$	$-0,001 \pm 0,002^{ns}$	$-0,001 \pm 0,001^{ns}$
свинки	0	0	0

Закінчення таблиці 2

1	2	3	4
FY			
2007	$-0,018 \pm 0,006^{***}$	$-0,085 \pm 0,016^{***}$	$-0,128 \pm 0,009^{***}$
2008	$0,001 \pm 0,004^{ns}$	$-0,032 \pm 0,010^{**}$	$-0,078 \pm 0,006^{***}$
2009	$0,024 \pm 0,003^{***}$	$-0,014 \pm 0,008^{ns}$	$-0,038 \pm 0,005^{***}$
2010	$0,022 \pm 0,004^{***}$	$0,022 \pm 0,007^{***}$	$0,002 \pm 0,005^{ns}$
2011	$0,040 \pm 0,004^{***}$	$0,056 \pm 0,007^{***}$	$0,059 \pm 0,004^{***}$
2012	$-0,019 \pm 0,004^{***}$	$0,007 \pm 0,008^{ns}$	$0,032 \pm 0,005^{***}$
2013	$-0,034 \pm 0,004^{***}$	$0,009 \pm 0,009^{ns}$	$0,048 \pm 0,006^{***}$
2014	0	0	0
FM			
Jan	$-0,018 \pm 0,005^{***}$	$-0,028 \pm 0,005^{***}$	$-0,036 \pm 0,005^{***}$
Feb	$0,003 \pm 0,005^{ns}$	$-0,006 \pm 0,005^{ns}$	$-0,001 \pm 0,005^{ns}$
Mar	$-0,012 \pm 0,005^*$	$-0,017 \pm 0,005^{***}$	$-0,015 \pm 0,005^{**}$
Apr	$0,008 \pm 0,005^{ns}$	$0,006 \pm 0,005^{ns}$	$-0,008 \pm 0,005^{ns}$
May	$-0,011 \pm 0,005^*$	$-0,014 \pm 0,005^{**}$	$-0,017 \pm 0,005^{***}$
Jun	$-0,001 \pm 0,005^{ns}$	$-0,001 \pm 0,005^{ns}$	$-0,001 \pm 0,005^{ns}$
Jul	$0,002 \pm 0,005^{ns}$	$0,002 \pm 0,005^{ns}$	$0,001 \pm 0,005^{ns}$
Aug	$0,015 \pm 0,005^{***}$	$0,018 \pm 0,005^{***}$	$0,017 \pm 0,005^{***}$
Sep	$0,011 \pm 0,005^*$	$0,015 \pm 0,005^{**}$	$0,010 \pm 0,005^*$
Oct	$0,020 \pm 0,005^{***}$	$0,029 \pm 0,005^{***}$	$0,030 \pm 0,005^{***}$
Nov	$-0,005 \pm 0,005^{ns}$	$0,007 \pm 0,006^{ns}$	$0,003 \pm 0,005^{ns}$
Dec	0	0	0

Для фактора «стать поросяти», як і очікувалося, LS-оцінки вірогідно не відрізнялись від 0 для всіх трьох моделей.

З іншого боку, було встановлено вірогідний вплив фактору «рік опоросу»; поросята, які були народжені в 2007, а також 2012–2013 рр. характеризувалися вірогідно нижчою оцінкою PWB у відношенні до середньо-популяційного значення, у той час як поросята, що народилися протягом 2009–2011 рр., навпаки, вірогідно його перевищували (табл. 2; модель 1). Таким чином, мають місце певні часові коливання PWB протягом періоду дослідження.

Включення в модель 1 додаткової інформації щодо генотипу кнура чи свиноматки (у якості випадкових факторів), суттєво змінює отримані LS-оцінки (табл. 2; моделі 2 та 3). Без суттєвих змін залишаються лише відповідні оцінки для поросят, які народилися у 2007 р. та 2011 р., при цьому, включення в аналіз генотипової інформації підвищує абсолютні значення LS-оцінок, тобто, підсилює виявлені відмінності. Аналогічна ситуація відмічається й у відношенні LS-оцінок PWB для тварин 2009 року народження. Для моделі 1 ця оцінка вірогідно не відрізнялася від 0 ($0,001 \pm 0,004$ кг), у той час як при включенні в аналіз генотипової інформації отримані LS-оцінки стають вже вірогідними.

Вплив кнура та свиноматки може мати й не співпадаючий напрямок. Так для моделі 1, LS-оцінки PWB поросят, які народилися протягом 2012–2013 рр, були вірогідно нижче середньо-популяційного значення, для моделі 2 (із включенням інформації щодо генотипу кнура) – близькі до 0, а для моделі 3 (із включенням інформації щодо генотипу свиноматки) вже вірогідно перевищують середньо-популяційну оцінку (табл. 2).

У відношенні календарного місяця опоросу, навпаки, включення в аналіз генотипової інформації не сприяло підвищенню точності отриманих LS-оцінок PWB. При цьому, поросята, які народилися в січні, березні та травні були в середньому легше, ніж в середньому для популяції за період дослідження, у той час як поросята, які народилися в кінці літа – восени (у серпні, вересні та жовтні), навпаки, вірогідно перевищували середньо-популяційну оцінку (табл. 2).

Жива маса при відлученні. Жива маса поросят при відлученні (PWW) демонструє аналогічні залежності у відношенні факторів як не-генетичної, так й генетичної природи; крім того, доведено вірогідний вплив доби відлучення (табл. 3).

Таблиця 3

Результати дисперсійного аналізу впливу різних факторів на живу масу поросят ВБП при відлученні (моделі 4–6)

Фактор	Модель 4	Модель 5	Модель 6
SEX	$F(1; 9514) = 0,05^{ns}$	$F(1; 9316) = 0,10^{ns}$	$F(1; 8618) = 1,72^{ns}$
FY	$F(7; 9514) = 108,77^{***}$	$F(7; 9316) = 45,79^{***}$	$F(7; 8618) = 79,61^{***}$
FM	$F(11; 9514) = 7,34^{***}$	$F(11; 9316) = 6,27^{***}$	$F(11; 8618) = 12,74^{***}$
WA	$F(10; 9514) = 21,78^{***}$	$F(10; 9316) = 26,19^{***}$	$F(10; 8618) = 34,75^{***}$
SIRE	-	$F(196; 9316) = 3,25^{***}$	-
DAM	-	-	$F(896; 8618) = 8,78^{***}$

В таблиці 4 наведено LS-оцінки PWW для різних факторів негенетичної природи (модель 4), та з врахуванням корегування на генотип кнурів та свиноматки (модель 5 та 6, відповідно).

LS-оцінки PWB та PWW суттєво відрізняються між собою для поросят, яких було народжено у різні роки. Для PWW позитивні та вірогідні LS-оцінки було відмічено для поросят 2008 та 2012–2013 року народження, у той час як з іншого боку у 2012–2013 рр., навпаки, народжувалися поросята із найнижчими значеннями PWB. Аналогічну ситуацію відмічено у відношенні років із мінімальними LS-оцінками PWW (2010–2011 рр.), у той час як LS-оцінки PWB протягом цього періоду були, навпаки, були найвищими за період дослідження (табл. 2, 4). Лише умови 2007 року були несприятливими як для PWB, так й PWW.

Суттєвої корекції LS-оцінок PWW при включенні у модель даних щодо кнурів не було відмічено. Лише для поросят 2009 року народження відповідна LS-оцінка при включенні інформації щодо генотипу кнурів стала негативною та вірогідною (табл. 4; модель 5).

Таблиця 4

LS-оцінки (LSE ± SE) впливу різних факторів на живу масу поросят ВБП при відлученні (моделі 4–6), кг

Фактор / градації	Модель 4	Модель 5	Модель 6
1	2	3	4
Constant	7,948 ± 0,037	7,912 ± 0,042	7,896 ± 0,039
SEX			
кнурці	-0,002 ± 0,011 ^{ns}	-0,003 ± 0,010 ^{ns}	-0,011 ± 0,009 ^{ns}
свинки	0	0	0
FY			

Закінчення таблиці 4

1	2	3	4
2007	-0,373 ± 0,043***	-0,421 ± 0,011***	0,032 ± 0,061 ^{ns}
2008	0,591 ± 0,036***	0,307 ± 0,074***	0,668 ± 0,045***
2009	0,020 ± 0,031 ^{ns}	-0,123 ± 0,055*	0,226 ± 0,038***
2010	-0,328 ± 0,033***	-0,377 ± 0,049***	-0,246 ± 0,035***
2011	-0,067 ± 0,033*	-0,074 ± 0,048 ^{ns}	-0,073 ± 0,035*
2012	0,370 ± 0,031***	0,526 ± 0,056***	0,152 ± 0,037***
2013	0,087 ± 0,031**	0,215 ± 0,068**	-0,214 ± 0,044***
2014	0	0	0
FM			
Jan	0,114 ± 0,035***	0,081 ± 0,036*	0,197 ± 0,033***
Feb	-0,026 ± 0,035 ^{ns}	0,020 ± 0,036 ^{ns}	0,064 ± 0,034 ^{ns}
Mar	0,032 ± 0,034 ^{ns}	0,044 ± 0,035 ^{ns}	0,003 ± 0,033 ^{ns}
Apr	0,064 ± 0,036 ^{ns}	0,096 ± 0,037**	0,089 ± 0,035*
May	0,172 ± 0,034***	0,177 ± 0,034***	0,175 ± 0,033***
Jun	-0,128 ± 0,035***	-0,111 ± 0,036**	-0,082 ± 0,034*
Jul	0,025 ± 0,034 ^{ns}	-0,011 ± 0,033 ^{ns}	-0,009 ± 0,033 ^{ns}
Aug	0,005 ± 0,034 ^{ns}	-0,016 ± 0,034 ^{ns}	-0,036 ± 0,034 ^{ns}
Sep	0,084 ± 0,037*	0,063 ± 0,038 ^{ns}	0,061 ± 0,036 ^{ns}
Oct	-0,065 ± 0,037 ^{ns}	-0,067 ± 0,037 ^{ns}	-0,083 ± 0,035*
Nov	-0,134 ± 0,039***	-0,157 ± 0,039***	-0,176 ± 0,037***
Dec	0	0	0
WA			
21	-0,326 ± 0,239 ^{ns}	-0,517 ± 0,234*	0,183 ± 0,276 ^{ns}
22	-0,522 ± 0,240*	-0,430 ± 0,234 ^{ns}	-1,235 ± 0,223***
23	-0,640 ± 0,107***	-0,564 ± 0,106***	-0,706 ± 0,110***
24	-0,335 ± 0,059***	-0,377 ± 0,058***	-0,436 ± 0,059***
25	-0,119 ± 0,048*	-0,207 ± 0,048***	-0,037 ± 0,049 ^{ns}
26	0,087 ± 0,047 ^{ns}	0,020 ± 0,047 ^{ns}	0,198 ± 0,048***
27	0,286 ± 0,045***	0,279 ± 0,045***	0,375 ± 0,045***
28	0,276 ± 0,048***	0,326 ± 0,048***	0,306 ± 0,049***
29	0,341 ± 0,049***	0,420 ± 0,048***	0,326 ± 0,049***
30	0,430 ± 0,056***	0,456 ± 0,056***	0,391 ± 0,056***
31	0	0	0

Корегуючий вплив інформації щодо генотипу свиноматки більш суттєвий, особливо це стосується поросят, яких було народжено у 2013 році; включення фактору «Свиноматка» призвело до отримання для них негативної вірогідної LS-оцінки для PWW.

Прояв сезонності характеру мінливості PWW має свою специфічність, що практично повністю не співпадає із результатами, що було отримано вище для LS-оцінок PWB. Так, найбільш масивні на момент відлучення були поросята, які народилися в січні, травні та вересні. У той час як поросята, народжені у січні та травні, навпаки, були найлегшими у відношенні PWB (табл. 2, 4). Найнижчими LS-оцінками PWW характеризувалися поросята, які були народжені в червні та листопаді.

Знову ж, у відношенні календарного місяця опоросу, включення в аналіз генотипової інформації не сприяло значному підвищенню точності отриманих LS-оцінок для PWW, що стали або трохи вищими (для поросят, які були народжені у квітні), або трохи нижчими (для поросят, які були народжені у вересні).

Аналогічну ситуацію щодо відсутності впливу генотипової інформації на відповідні LS-оцінки для PWW було відмічено й у відношенні впливу фактора «доба відлучення». В цілому, має місце зрозуміла тенденція – поросята, які були відлучені пізніше, мали більшу живу масу при відлученні.

Так, поросята, які були відлучені на 23–24 добу, вірогідно поступалися середньо-популяційному значенню, а поросята, які були відлучені на 27–30 добу, вірогідно перевищували середньо-популяційне значення (табл. 4).

Аналіз часової мінливості (на підставі автокореляційної функції). Середньомісячні оцінки PWB варіювали від $1,000 \pm 0,020$ кг (для народжених у січні 2012 р.) до $1,183 \pm 0,023$ кг (для народжених в вересні 2020 р.) (рис. 1). В цілому, вплив субгрупи «місяць/рік опоросу» на PWB був вірогідним – $F(93; 9458) = 6,55; p < 0,001$.

Ступінь невипадковості (тобто, наявність тренду чи циклів) характеру часової динаміки оцінок PWB було нами перевірено з використанням розрахунку автокореляційної функції для лагів від 1 до 36 місяців.

Будь-якого (негативного чи позитивного) тренду середньомісячних оцінок PWB протягом періоду дослідження нами встановлено не було ($R_s = -0,150; n = 94; p = 0,150$). Але, незважаючи на значні коливання оцінок PWB в межах двох-трьох сусідніх місяців, розглядаючи динаміку середньомісячних показників живої маси поросят ВБП при народженні протягом всього періоду дослідження, можна відмітити певні етапи підйому та, навпаки, зниження цих оцінок.

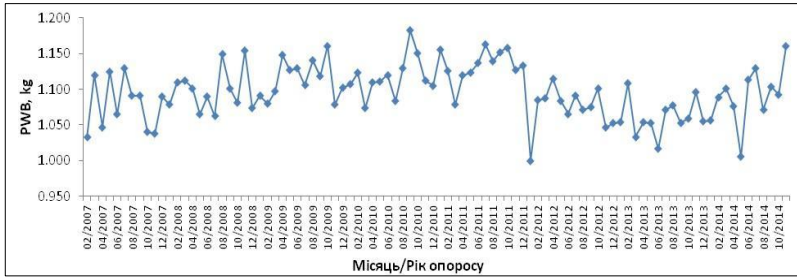


Рис. 1. Динаміка середньомісячних показників живої маси порослят ВБП при народженні відповідно до місяця/року опоросу протягом 2007–2014 рр.

Найбільші оцінки автокореляційної функції для часового ряду, що аналізується, було встановлено для дуже коротких лагів: $AR(1) = 0,303$ ($p < 0,01$), $AR(2) = 0,331$ ($p < 0,01$) та $AR(4) = 0,346$ ($p = 0,001$) (рис. 2). Це свідчить про наявність певної «інерції», що може охоплювати періоди в один-чотири місяці, протягом яких оцінки PWB були подібними.

З іншого боку, наявність вірогідних, але негативних, оцінок автокореляційної функції для дуже тривалих лагів, як, наприклад $AR(32) = -0,235$ ($p < 0,01$) та $AR(34) = -0,233$ ($p < 0,01$), свідчить про існування більш-менш чітких циклів, тривалістю біля трьох років.

LS-оцінки PWW коливалися в межах від $-1,529 \pm 0,131$ кг (для лютого 2007 р.) до $1,057 \pm 0,084$ кг (для липня 2008 р.). В цілому, вплив субгрупи «місяць/рік опоросу» на її PWW також був вірогідним – $F(93; 9439) = 21,99; p < 0,001$.

Як і в попередньому випадку, тренду LS-оцінок PWW протягом періоду дослідження встановлено також не було ($R_s = -0,178; n = 94; p = 0,086$). Але, на відміну від PWB, для часової мінливості LS-оцінок PWW етапи їх підйому та зниження виражено в більшому ступені (рис. 3).

При розгляді динаміки LS-оцінок PWW протягом всього періоду дослідження також можна отримати свідчення наявності певної «інерції», що може охоплювати періоди, протягом яких оцінки PWW були близькими.

Найбільші оцінки автокореляційної функції для часового ряду, що аналізується, було встановлено також для дуже коротких лагів, але їх величина була вище, ніж у випадку із PWB: $AR(1) = 0,659$

($p < 0,001$), $AR(2) = 0,609$ ($p < 0,001$) та $AR(3) = 0,460$ ($p < 0,001$) (рис. 4).

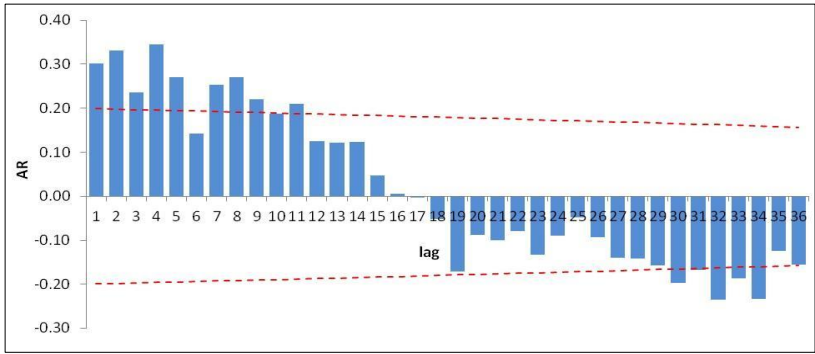


Рис. 2. Оцінки коефіцієнтів автокореляції (AR) середньомісячних показників живої маси поросят ВБП при народженні відповідно до місяця/року опоросу протягом 2007–2014 рр. для лагів від 1 до 36 місяців

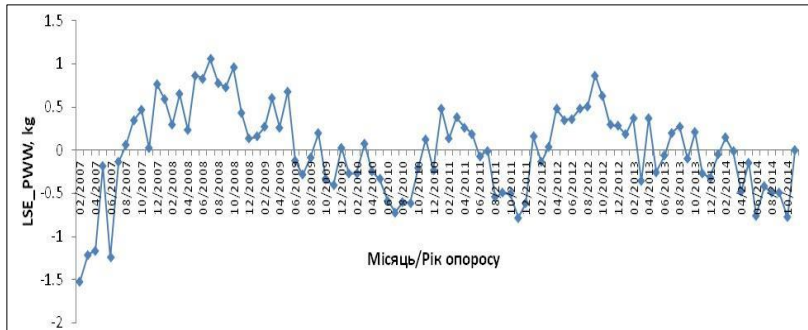


Рис. 3. Динаміка LS-оцінок живої маси поросят ВБП при відлученні відповідно до місяця/року опоросу протягом 2007–2014 рр. (модель 7)

З іншого боку, наявність вірогідних, але негативних, оцінок автокореляційної функції для дуже тривалих лагів, як, наприклад $AR(23) = -0,316$ ($p < 0,01$), $AR(24) = -0,280$ ($p < 0,01$) та $AR(25) = -0,277$ ($p < 0,01$), свідчить про існування більш-менш чітких циклів, тривалістю біля двох років.

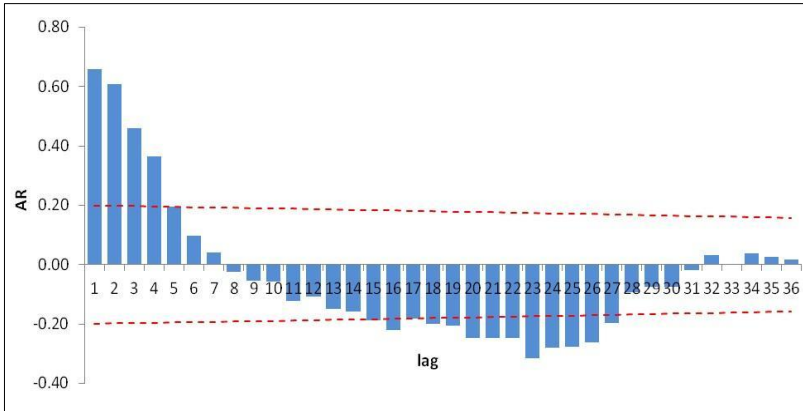


Рис. 4. Оцінки коефіцієнтів автокореляції (AR) LS-оцінок живої маси порослят ВВП при відлученні відповідно до місяця/року опоросу протягом 2007–2014 рр. (модель 7) для лагів від 1 до 36 місяців

Аналіз впливу кліматичних параметрів. Нами не було встановлено вірогідного впливу ані середньомісячної температури повітря, ані суми опадів за місяць на оцінки PWB протягом періоду дослідження.

При цьому, метеорологічні умови місяця, що передував місяцю опоросу, мали суттєве значення, проте, в різні сезони року такий зв'язок мав різну форму.

Для зимових місяців (грудень – лютий) було встановлено вірогідну кореляцію між оцінками PWB та відхиленням середньомісячної температури від середньої багаторічної для місяця, що передує місяцю опоросу (TD-1): $R_s = -0,446$; $n = 22$; $p = 0,038$.

Таким чином, більш висока температура повітря протягом останнього місяця поросності призводила до зниження живої маси порослят, якщо вони народжувалися взимку (рис. 5А).

Аналогічну залежність було отримано нами також для порослят, які були народжені протягом літніх місяців (червень – серпень): $R_s = -0,410$; $n = 24$; $p = 0,047$. Хоча в даному випадку, більш адекватною була криволінійна апроксимація залежності (рис. 5В).

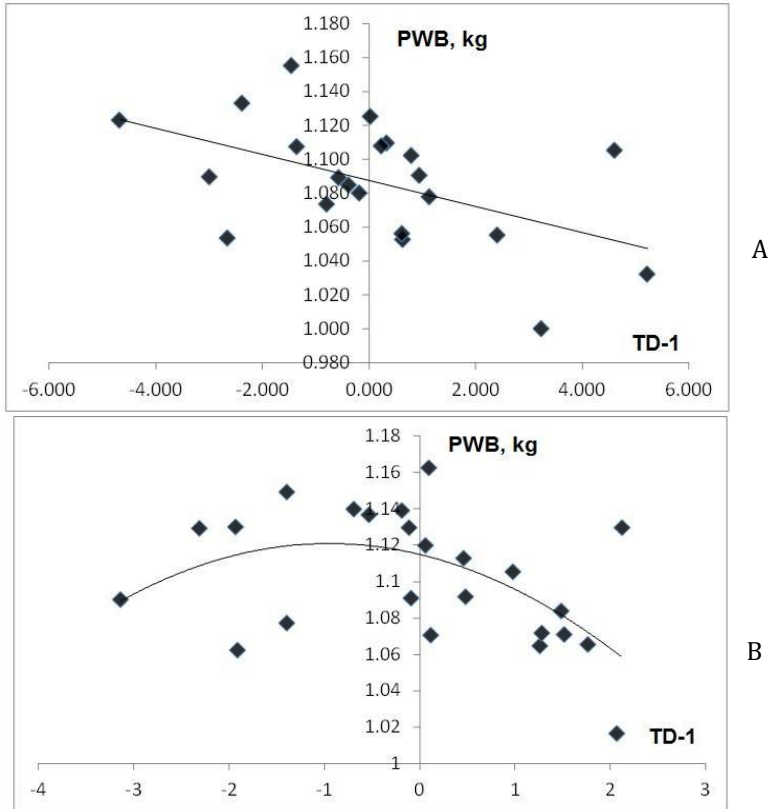


Рис. 5. Залежність між живою масою поросят при народженні (PWB) та відхиленням середньомісячної температури від середньої багаторічної для місяця, що передував місяцю опоросу (TD-1, у °C) в різні сезони року: А - зимові місяці; В - літні місяці

З іншого боку, для живої маси поросят, які були народжені навесні (березень – травень) та восени (вересень – листопад) найбільше значення мала не температура повітря, а сума опадів протягом місяця, що передував місяцю опоросу (PR-1): для поросят, народжених навесні: $R_s = -0,449$; $n = 24$; $p = 0,028$; для поросят, народжених восени: $R_s = -0,448$; $n = 24$; $p = 0,028$. Аналогічні залежності було отримано й у відношення відхилення від середньої

багаторічної суми опадів як для весняного, так й осіннього сезону опоросу.

Встановлено, що PWW в меншому ступені залежала від середньомісячної температури або суми опадів за місяць. Для LS-оцінок PWW, поросят народжених восени, було встановлено вірогідний зв'язок лише із відхиленням від середньої багаторічної температури повітря для місяця опоросу (TD0): $R_s = 0,431$; $n = 24$; $p = 0,034$.

Таким чином, відхилення від середньої багаторічної температури повітря місяця поросності призвело до підвищення PWW, якщо вони народжувалися восени (рис. 7).

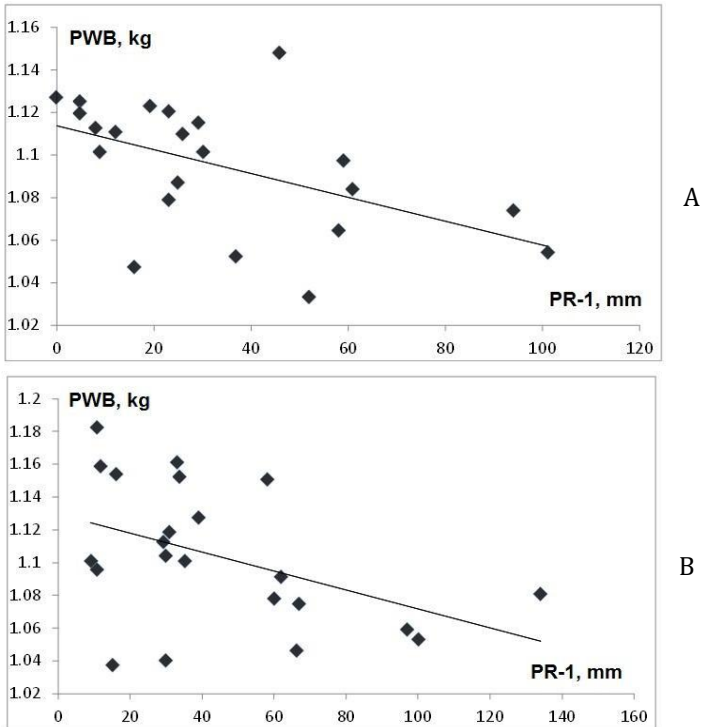


Рис. 6. Залежність між живою поросят при народженні (PWB) та сумою опадів для місяця, що передував місяцю опоросу (PR-1) в різні сезони року: А – весняні місяці; В – осінні місяці

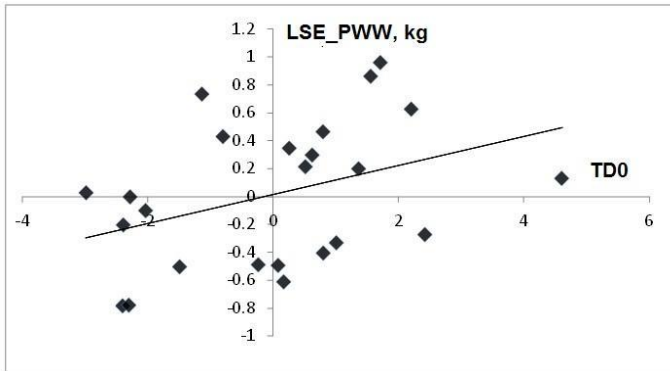


Рис. 7. Залежність між LS-оцінкою живої маси поросят при відлученні (LSE_PWW) та відхиленням середньомісячної температури від середньої багаторічної для місяця опоросу (TD0, у °C) в осінні місяці

3. Обговорення

Вплив статі на живу масу поросят при народженні та відлученні. В нашому дослідженні не було доведено впливу статі на живу масу поросят ВБП як при народженні (табл. 2), так і при відлученні (табл. 4).

В літературних джерелах, інформація, щодо впливу статі поросят на їх живу масу при народженні досить неоднозначна та суперечлива. Зустрічаються як свідчення вірогідного переважання за PWB та PWW кнурців над свинками [29; 30], так і відмічалось вірогідне переважання новонароджених свинок над кнурцями [31]. У той час як в інших дослідженнях не було доведено вірогідної різниці ані за живою масою, ані за приростами до відлучення між кнурцями та свинками, що узгоджується із результатами отриманими в [32; 33].

Можливо, така суперечливість отриманих результатів може бути пов'язана із процедурою формування вихідних вибірок кнурців та свинок при порівнянні. Так, при об'єднанні наших даних за окремі роки дослідження (2007–2014 рр.), вірогідну різницю не було отримано ані разу. При об'єднанні отриманих даних за окремі календарні місяці (січень – грудень) років дослідження, у двох випадках (для серпня та листопада) було доведено вірогідну різницю між живою масою кнурців та свинок при народженні

(у обох випадках $p < 0,05$). При цьому, в обох випадках свинки були важче, ніж кнурці. Нарешті, якщо отримані дані порівнювалися у межах окремих субгруп «місяць/рік опоросу», то лише у 11 випадках з 94 було встановлено вірогідну відмінність між живою масою кнурців та свинок при народженні (у всіх випадках $p < 0,05$). При цьому, в трьох випадках кнурці вірогідно переважали свинок, а ще у 8-ми – свинки вірогідно переважали кнурців за живою масою при народженні. Таким чином, частіше вірогідних відмінностей між кнурцями та свинками зареєстровано не було, а у той час, коли вплив статі мав все ж таки вірогідний характер, переважання за PWB поросят чоловічої або жіночої статі мало випадковий характер (критерій знаків: $p > 0,05$).

Загальноприйнятою є думка, що маса одного поросяти при народженні та відлученні мають позитивно спрямований корелятивний зв'язок [34]. Але, цей зв'язок досить слабкий, як і зв'язок між PWB та приростами до відлучення. На фоні цього було встановлено [30], що кореляція між PWW та приростами до відлучення була високо вірогідною ($r = 0,970$; $p \leq 0,001$). Невисокий рівень кореляції між PWB та PWW може бути пояснений тим, що більший вплив мала не власно PWB, а прирости до відлучення. Так, особини з високою PWB та низькими приростами при відлученні були на 0,2 кг легше, ніж тварини з низькою PWB та високими приростами [35].

З іншого боку, вказувалося, що прирости до відлучення були нижче у поросят із низькою живою масою при народженні (< 1545 г), якщо вони були свинками [36]. При цьому, кнурці частіше (у 70 % випадків) отримували доступ до перших двох сосків свиноматки, що забезпечувало їм більші прирости живої маси до відлучення [33]. Водночас, незважаючи на більшу живу масу при народженні, кнурці поступалися свинкам за оцінками життєздатності [37]. В цілому, збереженість поросят підвищувалася, якщо ці поросята були свинками, мали більшу живу масу при народженні та були народжені від свиноматок із трьома та більше опоросами [38].

Вік відлучення поросяти є дуже важливим фактором, що впливає як на PWW, так й на майбутні продуктивні ознаки тварини. В середньому PWW збільшувалася на 0,36 кг на кожну добу збільшення віку відлучення з 14 до 21 днів [39]. Хоча в роботі [21] відмічалось, що тривалість лактації (підсисного періоду) має квадратичний ефект на кількість поросят та живу масу гнізда при відлученні.

Більш пізній вік відлучення призводить до зростання середньодобових приростів та середньодобового споживання корму [40; 41],

зниження захворюваності [42] та смертності у поросят протягом перших 42-х днів після відлучення [40]. Серед поросят, що пізніше було відлучено, вірогідно знижувалася частка тварин, які втрачали у масі протягом першого тижня після відлучення [41]. Проте, необхідно пам'ятати, що при збільшенні віку відлучення, незважаючи на всі вказані вище переваги, знижується економічна ефективність використання свиноматки, збільшується необхідна мінімальна продуктивна площа маточних приміщень, збільшений лактаційний період негативно впливає на вгодованість свиноматки, що в свою чергу може створювати певні проблеми при її наступному осіменінні та зменшити тривалість її племінного використання [43].

Для поросят ВБП також встановлено вірогідний вплив віку відлучення на PWW, при цьому, включення до моделі інформації щодо генотипу свиноматки та кнура суттєво не змінювало отриманих результатів (табл. 4).

В середньому, PWW в нашому дослідженні збільшувалася на $0,130 \pm 0,006$ кг на кожен добу збільшення віку відлучення з 21 до 31 днів. Вірогідного впливу статі поросяти на збільшення PWW із зростанням віку відлучення не встановлено (для кнурців: $0,129 \pm 0,009$ кг/добу; для свинок: $0,131 \pm 0,008$ кг/добу).

Вплив року опоросу. Нами було встановлено вірогідний вплив року опоросу на оцінки PWB (табл. 1) та PWW (табл. 3). При цьому, окремі періоди з підвищеними значеннями чергувалися із періодами, коли оцінки вірогідно поступалися середньому популяційному (табл. 2, 4). Аналогічні більш-менш виражені коливання також було відмічено при аналізі часової мінливості (у форматі місяць/рік опоросу) основних відтворювальних характеристик (частка абортів, кількість поросят при народженні, багатоплідність та кількість поросят при відлученні) помісних свиноматок ВБ × Ландрас [28].

Раніше вірогідний вплив року опоросу вже було встановлено на живу масу поросят при народженні та відлученні [18; 19] та загальну масу гнізда при відлученні [18; 44].

Результати аналізу коефіцієнтів автокореляції (рис. 2, 4) свідчать, що характер часової мінливості оцінок PWB та PWW протягом періоду дослідження складається із двох компонент (коротко- та довготривалої), в основі яких можуть знаходитися різні механізми. По-перше, це більш-менш виражені дво- (для PWW) чи трьох-річні (для PWB) цикли, з одного боку, а також 3–4-місячні періоди «інерції», протягом яких оцінки живої маси поросят залишаються на відносно постійному рівні.

Такі довготривалі цикли можуть бути пояснені з урахуванням того, що середній продуктивний вік основного поголів'я в господарстві складає 2,5–3,5 роки. Тобто, саме з таким періодом проводиться масове вибракування плідників і, таким чином, ціле покоління основних кнурів замінюється на нове. З іншого боку, короткі цикли відповідають тривалості сезонів року (під час яких метеорологічні характеристики відносно постійні), і, таким чином, умови навколишнього середовища (температури повітря та суми опадів) здатні вплинути на процеси формування живої маси порослят при народженні та відлученні (див. нижче).

Крім того, включення додаткової інформації щодо генотипу кнура чи свиноматки (у якості випадкових факторів), суттєво змінює отримані LS-оцінки PWB та PWW. З нашої точки зору, це знову ж таки можна пов'язати із особливостями технологічного процесу відтворення в господарстві, внаслідок якого в різні роки використовувалися різні кнури та свиноматки, відповідно.

Так, із 198 кнурів, 90 використовувалося протягом лише одного року, 78 – протягом двох, 27 – протягом трьох і, нарешті, лише три кнури використовувалося протягом чотирьох років. Аналогічно, із 898 свиноматок, 426 використовувалося протягом лише одного року, 284 – протягом двох, 124 – протягом трьох, 41 – протягом чотирьох, 21 – протягом п'яти і, нарешті, лише дві свиноматки використовувалися протягом шести років.

Отримані у наших дослідженнях результати аналізу часової мінливості ознак репродуктивної здатності цілком очікувано відрізняються за тривалістю циклів від результатів отриманих для репродуктивно-респіраторного синдрому (PPCC) [27]. Якщо для PPCC, залежно від місцевості проведення досліджень, були характерні річні та 6-ти місячні цикли, то для LS-оцінок PWB та PWW – тривалість коротких циклів становить 3–4 місяця, а довгих 3–4 роки.

Циклічні коливання, що було зафіксовано при дослідженні ТВ (mycobacteriosis), також відрізнялись за тривалістю, що складала 6 місяців для коротких циклів і 24 місяці для довгих [25]. Спільним із результатами нашого дослідження, у даному випадку, є наявність коротко- і довготривалих циклів прояву ознаки.

Для худоби, яка характеризується більшою тривалістю періоду як постнатального онтогенезу, так й господарського використання, такі цикли можуть довгими і обіймати відрізки часу у 5–7 років [45].

Вплив сезону/місяця опоросу та кліматичних параметрів.

Нами встановлено, що місяць опоросу вірогідно впливав як на PWB, так й PWW (табл. 1, 3). При цьому, було виявлено певну сезонність – поросята, які були народжені в кінці літа та восени мали найбільшу живу масу при народженні. Така ж сезонність існувала і при включенні в модель генетичних даних щодо генотипу кнура та свиноматки (табл. 2). Цікаво, що раніше нами на стаді свиноматок ВБП іншого господарства вірогідний вплив сезону/місяця опоросу встановлено не було [19].

З іншого боку, вплив сезону опоросу на PWB раніше було встановлено на свиноматках порід ландрас, ВБП та їх помісей в Польщі [46]. Вони вказують, що в осінні місяці було відмічено найменшу кількість опоросів, що вплинуло на підвищення PWB та PWW. Аналогічну картину було відмічено й у нашому дослідженні – розподіл кількості отриманих новонароджених поросят по місяцях року вірогідно відхиляється від рівномірного (критерій Хі-квадрат: $\chi^2 = 77,27$; $df = 11$; $p < 0,001$) із значним зменшенням кількості поросят в вересні-грудні.

У дослідженнях [47] також встановлено статистично значиму різницю між живою масою поросят, які народились взимку та тих, які народились в літній період, при чому останні мали вірогідно більшу живу масу.

Крім того, в роботі [48] встановлено вірогідний вплив сезону запліднення на PWB. Ними встановлено, що свиноматки, яких було запліднено у весняні місяці (тобто, із опоросами у літні місяці), народжували особин із найбільшими значеннями PWB у порівнянні із тваринами, яких було запліднено в інші сезони року.

Результати дослідження, проведеного в США, свідчать, що свиноматки, яких було запліднено з листопада по січень (тобто, із опоросами в кінці зими та на початку весни), характеризувалися найбільшими значеннями загальної маси гнізда при народженні [49]. Перевагу PWB для весняних опоросів було продемонстровано в ще одному дослідженні з США [50]. З іншого боку, в цьому дослідженні не доведено вірогідного впливу сезону опоросу на PWW (при відлученні на 21-й день). А в роботі [18] не доведено вірогідного впливу сезону опоросу на загальну масу гнізда (при відлученні на 21-й день).

В нашому дослідженні, незважаючи на те, що вплив місяця опоросу на PWW був високо вірогідний (табл. 3), чіткої сезонності у відношенні цієї ознаки не встановлено – поросята, яких було народжено і в січні, і в квітні-травні, і в вересні, переважали

середньо-популяційну оцінку (табл. 4). В попередньому нашому дослідженні [19] максимальними оцінками PWW характеризувалися поросята, яких було народжено в літні місяці (червень та серпень). Цей результат суперечать даним [46], які встановили, що поросята з літніх опоросів, навпаки, мали найменшу PWW.

Така кількість суперечливих результатів може свідчити про те, що більше значення має не сезон (чи місяць) опоросу, а відхилення від оптимальних кліматичних умов (температури повітря та вологості), при яких свиноматки здатні проявляти максимальні значення своїх відтворювальних якостей в певні сезони (чи місяці) певних років проведених різними авторами досліджень.

Оскільки короткі цикли, що були виявлені у нашому дослідженні, співпадають із сезонами року, нами було досліджено вплив пов'язаних із сезоном параметрів клімату на PWB та PWW, проте вірогідного впливу встановлено не було ні для середньомісячної температури повітря, ані для суми опадів за місяць.

Але при цьому, було встановлено вірогідний зв'язок між середньомісячним значенням PWB та відхиленням середньомісячної температури від середньої багаторічної для місяця, що передує місяцю опоросу. Для поросят народжених у зимові місяці (грудень – лютий) було встановлено, що більш висока температура повітря протягом останнього місяця поросності призводила до народження поросят з нижчою живою масою (рис. 5А). Влітку, зниження PWB відбувалось при відхиленні температури протягом останнього місяця поросності від середньорічної в будь-яку сторону (як при підвищеній, так і при зниженій температурі) (рис. 5В).

Таким чином, відхилення від середньої багаторічної температури повітря протягом останнього місяця поросності призводила до зниження живої маси поросят, якщо вони народжувалися влітку. Можна зробити припущення, що середня багаторічна температура є найбільш оптимальною, при якій процеси формування плоду під час останнього місяця поросності сприяють народженню поросят з найбільшою масою. У дослідженнях [11] крім впливу на живу масу поросят, відмічається також вірогідний вплив високої температури влітку на показники репродуктивних ознак свиноматок, пов'язаний із викликаними високою температурою зниженням секреції GnRH та низькою концентрацією прогестерону. Крім того, висока температура влітку пов'язана із гіршою здатність свиноматок до запліднення, нижчою багатоплідністю та вищою смертністю серед поросят [12; 13].

З іншого боку, для живої маси поросят, яких було народжено навесні (березень – травень) та восени (вересень – листопад) найбільше значення мала не температура повітря, а сума опадів протягом місяця, що передує місяцю опоросу (рис. 6). Таким чином, більша кількість опадів протягом останнього місяця поросності призводила до зниження живої маси поросят, якщо вони народжувалися навесні чи восени. Отримані нами дані узгоджуються із результатами, що підвищення вологості повітря (даний показник залежить від кількості опадів) негативно впливало на багатоплідність [51]. Про вплив вологості повітря на розмір гнізда вказується й у роботі [52], при цьому зазначається, що із збільшенням відносної вологості зменшується середній розмір гнізд поросят.

Характерно, що мають місце суттєві відмінності основних механізмів, що формують живу масу поросят при народженні та при відлученні. Для PWB більше значення мають умови навколишнього середовища, особливо, протягом останнього місяця поросності, у той час як PWW в меншому ступені залежить від умов середовища (причому, вже після народження поросят), а в більшому, напевно, від генетичних факторів (наприклад, материнські властивості свиноматки) чи технологічних. Так, свиноматки під час останнього місяця поросності знаходяться в умовах, близьких до умов навколишнього середовища і лише за 5–7 днів до опоросу переводяться в бокси для опоросу, де встановлено система клімат-контролю (температура підтримується із відхиленням у межах ± 3 °C незалежно від температури навколишнього середовища) й знаходяться в цих контрольованих умовах утримання й під час перебування із поросятами до їх відлучення.

Висновки

Доведено вірогідний вплив року та місяця опоросу на PWB та PWW (в обох випадках: $p < 0,001$), у той час як вірогідних відмінностей між кнурцями та свинками не встановлено. Включення в модель інформації щодо генотипу кнура чи свиноматки (у якості випадкових факторів), суттєво змінює отримані LS-оцінки PWB та PWW, що пов'язано із особливостями технологічного процесу відтворення в господарстві, внаслідок якого в різні роки використовувалися різні кнури та свиноматки.

Виявлені 3–4 річні цикли коливання живої маси поросят, обумовлені тривалістю продуктивного життя основного поголів'я у господарстві – покоління основних кнурів-плідників оновлюється

саме з такою періодичністю. Вплив сезону та кліматичних параметрів на живу масу поросят пов'язаний ймовірно із різницею у технологіях утримання поросних та лактуючих свиноматок. На живу масу поросят при народженні встановлено достовірний вплив кліматичних умов місяця, що передував опоросу, у той час як на живу масу при відлученні впливу кліматичних умов не зафіксовано, що, на нашу думку, пов'язано із регулюванням мікроклімату у приміщеннях для утримання лактуючих свиноматок.

Подяки. Робота виконана в рамках фінансування за держбюджетними тематиками Національної академії аграрних наук України (номери державної реєстрації 0111U004042 та 0114U002381) та Міністерства освіти і науки України (номери державної реєстрації 0119U001042 та 0121U109492). Автори висловлюють подяку керівництву та фахівцям ТОВ «Селекційний племзавод «Золотоніський» Черкаської області.

Список використаних джерел:

1. Knol E. F., Nielsen B., Knap P. W. Genomic selection in commercial pig breeding. *Animal Frontiers*. 2016. Vol. 6(1). P. 15–22.
2. Klimienė A., Klimas R. Efficiency of use of pigs, bred in Lithuania, in hybridization system. *Stočarstvo: Časopis za Unapređenje Stočarstva*. 2006. Vol. 60(2). P. 111–114.
3. Yin H. D., Gilbert E. R., Chen S. Y., Wang Y., Zhang Z. C., Zhao X. L., Zhang Y., Zhu Q. Effect of hybridization on carcass traits and meat quality of erlang mountainous chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2013. Vol. 26(10). P. 1504–1510.
4. Kramarenko S. S., Lugovoy S. I., Kharzinova V. R., Lykhach V. Y., Kramarenko A. S., Lykhach A. V. Genetic diversity of Ukrainian local pig breeds based on microsatellite markers. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2018. Vol. 9(2). P. 177–182.
5. Vashchenko P. A., Balatsky V. M., Pocherniaev K. F., Voloshchuk V. M., Tsybenko V. H., Saenko A. M., Oliynychenko Ye. K., Buslyk T. V., Rudoman H. S. Genetic characterization of the Mirgorod pig breed, obtained by analysis of single nucleotide polymorphisms of genes. *Agricultural Science and Practice*. 2019. Vol. 6(2). P. 47–57.
6. Wang Y., Ding X., Tan Z., Xing K., Yang T., Pan Y., Wang C. Genome-wide association study for reproductive traits in a Large White pig population. *Animal Genetics*. 2018. Vol. 49(2). P. 127–131.
7. Tomiyama M., Kubo S., Takagi T., Suzuki K. Evaluation of genetic trends and determination of the optimal number of cumulative records of parity required in reproductive traits in a Large White pig population. *Animal Science Journal*. 2011. Vol. 82(5). P. 621–626.

8. Tribout T., Iannuccelli N., Druet T., Gilbert H., Riquet J., Gueblez R., Le Roy P. Detection of quantitative trait loci for reproduction and production traits in Large White and French Landrace pig populations. *Genetics Selection Evolution*. 2008. Vol. 40(1). P. 61–78.

9. Koketsu Y., Tani S., Iida R. Factors for improving reproductive performance of sows and herd productivity in commercial breeding herds. *Porcine Health Management*. 2017. Vol. 3(1). P. 1–10.

10. Stork M. G. Seasonal reproductive inefficiency in large pig breeding units in Britain. *The Veterinary Record*. 1979. Vol. 104(3). P. 49–52.

11. Bertoldo M. J., Holyoake P. K., Evans G., Grupen C. G. Seasonal variation in the ovarian function of sows. *Reproduction, Fertility and Development*. 2012. Vol. 24. P. 822–834.

12. Tummaruk P. Effects of season, outdoor climate and photo period on age at first observed estrus in Landrace × Yorkshire crossbred gilts in Thailand. *Livestock Science*. 2012. Vol. 144(1–2). P. 163–172.

13. Iida R., Koketsu Y. Interactions between pre- or post-service climatic factors, parity, and weaning-to-first-mating interval for total number of pigs born of female pigs serviced during hot and humid or cold seasons. *Journal of Animal Science*. 2014. Vol. 92(9). P. 4180–4188.

14. Soede N. M., Wetzels C. C. H., Zondag W., de Koning M. A. I., Kemp B. Effects of time of insemination relative to ovulation, as determined by ultrasonography, on fertilization rate and accessory sperm count in sows. *Journal of Reproduction and Fertility*. 1995. Vol. 104(1). P. 99–106.

15. Patterson J. L., Beltranena E., Foxcroft G. R. The effect of gilt age at first estrus and breeding on third estrus on sow body weight changes and long-term reproductive performance. *Journal of Animal Science*. 2010. Vol. 88(7). P. 2500–2513.

16. Nirea K. G., Meuwissen T. H. E. Improving production efficiency in the presence of genotype by environment interactions in pig genomic selection breeding programmes. *Journal of Animal Breeding and Genetics*. 2017. Vol. 134(2). P. 119–128.

17. Kennedy B. W., Moxley J. E. Genetic and environmental factors influencing litter size, sex ratio and gestation length in the pig. *Animal Science*. 1978. Vol. 27(1). P. 35–42.

18. Yen H. F., Isler G. A., Harvey W. R., Irvin K. M. Factors affecting reproductive performance in swine. *Journal of Animal Science*. 1987. Vol. 64(5). P. 1340–1348.

19. Kramarenko A. S., Ignatenko Zh. V., Lugovoy S. I., Pidpala T. V., Karatieieva O. I., Yulevich O. I., Artyuhova O. V., Kramarenko S. S. Effect of parity number, year and season farrowing on reproductive performance

in Large White pigs. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10(1). P. 307–312.

20. Schneider J. F., Christian L. L., Kuhlers D. L. Effects of season, parity and sex on performance of purebred and crossbred swine. *Journal of Animal Science*. 1982. Vol. 54(4). P. 728–738.

21. Ek M., Segura C., Alzina L. Effect of environmental factor on some litter traits of sows in the tropics Mexican. *Revista MVZ Córdoba*. 2016. Vol. 21(1). P. 5102–5111.

22. Thiengpimol P., Tappreang S., Onarun P. Reproductive performance of purebred and crossbred Landrace and Large White sows raised under thai commercial swine herd. *Science & Technology Asia*. 2017. Vol. 22(2) P. 16–22.

23. Deluyker H. A., Shumway R. H., Wecker W. E., Azari A. S., Weaver L. D. Modeling daily milk yield in Holstein cows using time series analysis. *Journal of Dairy Science*. 1990. Vol. 73(2). P. 539–548.

24. Macciotta N. P. P., Cappio-Borlino A., Pulina G. Time series autoregressive integrated moving average modeling of test-day milk yields of dairy ewes. *Journal of Dairy Science*. 2000. Vol. 83(5). P. 1094–1103.

25. Carpenter T. E., Hird D. W. Time series analysis of mycobacteriosis in California slaughter swine. *Preventive Veterinary Medicine*. 1986. Vol. 3(6). P. 559–572.

26. Goodall E. A., McLoughlin E. M., Menzies F. D., McLlroy S. G. Time series analysis of the prevalence of *Ascaris suum* infections in pigs using abattoir condemnation data. *Animal Science*. 1991. Vol. 53(3). P. 367–372.

27. Arruda A. G., Vilalta C., Puig P., Perez A., Alba A. Time-series analysis for porcine reproductive and respiratory syndrome in the United States. *PloS One*. 2018. Vol. 13(4). e0195282

28. Scanlan C. L., Putz A. M., Gray K. A., Serão N. V. Genetic analysis of reproductive performance in sows during porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS) and porcine epidemic diarrhea (PED) outbreaks. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2019. Vol. 10(1). P. 1–12.

29. Lush J. L., Hetzer H. O., Culbertson C. C. Factors affecting birth weights of swine. *Genetics*. 1934. Vol. 19(4). P. 329–343.

30. Huting A. M. S., Sakkas P., Wellock I., Almond K., Kyriazakis I. Once small always small? To what extent morphometric characteristics and post-weaning starter regime affect pig lifetime growth performance. *Porcine Health Management*. 2018. Vol. 4(1). P. 1–14.

31. Bocian M., Jankowiak H., Cebulska A., Wiśniewska J., Frątczak K., Włodarski W., Kapelański W. Differences in piglets sex proportion in litter and in body weight at birth and weaning and fattening results. *Journal of Central European Agriculture*. 2012. Vol. 13(3). P. 475–482.

32. Škorjanc D., Brus M., Čandek Potokar M. Effect of birth weight and sex on pre-weaning growth rate of piglets. *Archives Animal Breeding*. 2007. Vol. 50(5). P. 476–486.

33. Somnavilla R., Costa O. A. D., Honorato L. A., Cardoso C. S., Hötzel M. J. Teat order affects postweaning behaviour in piglets. *Ciência Rural*. 2015. Vol. 45(9). P. 1660–1666.

34. Wolter B. F., Ellis M., Corrigan B. P., DeDecker J. M. The effect of birth weight and feeding of supplemental milk replacer to piglets during lactation on preweaning and postweaning growth performance and carcass characteristics. *Journal of Animal Science*. 2002. Vol. 80(2). P. 301–308.

35. Surek D., Almeida L. M., Panisson J. C., Krabbe E. L., Oliveira S. G., Alberton G. C., Maiorka A. Impact of birth weight and daily weight gain during suckling on the weight gain of weaning piglets. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 2019. Vol. 71(6). P. 2034–2040.

36. Panzardi A., Bernardi M. L., Mellagi A. P., Bierhals T., Bortolozzo F. P., Wentz I. Newborn piglet traits associated with survival and growth performance until weaning. *Preventive Veterinary Medicine*. 2013. Vol. 110(2). P. 206–213.

37. Trujillo-Ortega M. E., Mota-Rojas D., Juarez O., Villanueva-Garcia D., Roldan-Santiago P., Becerril-Herrera M., Martinez-Rodriguez R. Porcine neonates failing vitality score: physio-metabolic profile and latency to the first teat contact. *Czech Journal of Animal Science*. 2011. Vol. 56(11). P. 499–508.

38. Hales J., Moustsen V. A., Nielsen M. B. F., Hansen C. F. Individual physical characteristics of neonatal piglets affect preweaning survival of piglets born in a noncrated system. *Journal of Animal Science*. 2013. Vol. 91(10). P. 4991–5003.

39. Smith A. L., Stalder K. J., Serenius T. V., Baas T. J., Mabry J. W. Effect of piglet birth weight on weights at weaning and 42 days post weaning. *Journal of Swine Health and Production*. 2007. Vol. 15(4). P. 213–218.

40. Main R. G., Dritz S. S., Tokach M. D., Goodband R. D., Nelssen J. L. Increasing weaning age improves pig performance in a multisite production system. *Journal of Animal Science*. 2004. Vol. 82(5). P. 1499–1507.

41. Faccin J. E., Laskoski F., Hernig L. F., Kummer R., Lima G. F., Orlando U. A., Bortolozzo F. P. Impact of increasing weaning age on pig

performance and belly nosing prevalence in a commercial multisite production system. *Journal of Animal Science*. 2020. Vol. 98(4). skaa031.

42. Smith A. L., Stalder K. J., Serenius T. V., Baas T. J., Mabry J. W. Effect of weaning age on nursery pig and sow reproductive performance. *Journal of Swine Health and Production*. 2008. Vol. 16(3). P. 131–137.

43. Hoshino Y., Koketsu Y. An evaluation of the impact of increased lactation length on the reproductive efficiency of sows in commercial herds. *Journal of Veterinary Medical Science*. 2009. Vol. 71(3). P. 299–303.

44. Dobao M. T., Rodríguez J., Silió L. Seasonal influence on fecundity and litter performance characteristics in Iberian pigs. *Livestock Production Science*. 1983. Vol. 10(6). P. 601–610.

45. Wakchaure R. S., Sachdeva G. K., Gandhi R. S. Studies on time series analysis of production and reproduction traits in Murrah buffaloes. *Indian Journal of Animal Research*. 2011. 45(3). P. 162–167.

46. Knecht D., Srodon S., Duzinski K. The impact of season, parity and breed on selected reproductive performance parameters of sows. *Archiv fuer Tierzucht*. 2015. Vol. 58(1). P. 49–56.

47. Lewis C. R., Bunter K. L. Effects of seasonality and ambient temperature on genetic parameters for production and reproductive traits in pigs. *Animal Production Science*. 2011. Vol. 51(7). P. 615–626.

48. Quesnel H., Brossard L., Valancogne A., Quiniou N. Influence of some sow characteristics on within-litter variation of piglet birth weight. *Animal*. 2008. Vol. 2(12). P. 1842–1849.

49. Xue J. L., Dial G. D., Marsh W. E., Davies P. R. Multiple manifestations of season on reproductive performance of commercial swine. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 1994. Vol. 204(9). P. 1486–1489.

50. Schneider J. F., Christian L. L., Kuhlers D. L. Effects of season, parity and sex on performance of purebred and crossbred swine. *Journal of Animal Science*. 1982. Vol. 54(4). P. 728–738.

51. Wegner K., Lambertz C., Das G., Reiner G., Gauly M. Effects of temperature and temperature humidity index on the reproductive performance of sows during summer months under a temperate climate. *Animal Science Journal*. 2016. Vol. 87(11). P. 1334–1339.

52. Suriyasomboon A., Lundeheim N., Kunavongkrit A., Einarsson S. Effect of temperature and humidity on reproductive performance of crossbred sows in Thailand. *Theriogenology*. 2006. Vol. 65(3). P. 606–628.

DOI <https://doi.org/10.36059/978-966-397-240-4-16>

Попова О. П.

*здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії
Полтавський державний аграрний університет
м. Полтава*

Кулик М. І.

*доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри селекції, насінництва і генетики
Полтавський державний аграрний університет
м. Полтава*

БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ Й ВРОЖАЙНІСТЬ БІОМАСИ СОРГО ЦУКРОВОГО ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТИМЕНТУ ТА ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ

Анотація. Залучення до вирощування нових енергетичних культур й використання їх на біопаливо має актуальне значення. Особливо гостро на сьогодні постає проблематика зменшення енергетичної залежності нашої країни від непоновлюваних джерел енергії. Соргові цукровмістні культури використовують як альтернативне джерело для виробництва біопалив. Рослини сорго цукрового здатні формувати високу й енергоємну врожайність біомаси. Але поширення вирощування цієї культури стримується недостатнім рівнем досліджень з вивчення сортименту та аспектів агротехнології вирощування сорго цукрового. Проведені українськими й зарубіжними вченими дослідження спрямовані на поліпшення якісних і кількісних показників врожаю сорго цукрового. Визначено, що рівень реалізації продуктивного потенціалу соргових культур залежить й обумовлюється сортовими особливостями культури. Що, поряд із ґрунтово-кліматичними чинниками, на фоні різних елементів агротехнології вирощування культури дозволить збільшити врожайність сорго цукрового. Що в перспективі ляже в основу наших подальших досліджень із рослинами сорго цукрового.

Вступ

Важливість сорго цукрового обумовлюється використанням його як кормової, продовольчої й енергетичної культури. Найбільш

придатні умови для вирощування цукрового сорго наявні у Перу й країнах, що належать до Карибського басейну. Поширене сорго цукрове і в Індонезії, та в окремих африканських країнах. Сорго цукрове, за синонімічною назвою як «цукрова тростина» – це одна з найдавніших культур, що використовують у сільськогосподарському світовому землеробстві.

Відповідно центрів походження сорго цукрового, за найбільшою кількістю диких й культурних форм, відносять північно-східну частину Африки (Ефіопію й Судан). Окультурення сорго цукрового відбулося у IV–III ст. до н. е. На думку академіка М. І. Вавилова: «Культура сорго веде свій початок з Африки і Китаю, які слід вважати самостійними центрами походження культурних рослин». Вторинний центр походження сорго цукрового, за М. І. Вавиловим – це «Індія, в якій ця рослина є одним з найважливіших хлібних злаків» [8].

Сорго цукрове належить до родини тонконогових, рід *Sorghum*. Ця рослина має різноманітність видів, що за тривалістю життя відносять до одно- і багаторічних рослин. Культурні види сорго, що найбільш розповсюджені – це:

- сорго звичайне (*S. vulgare Pers.*);
- гаолян (*S. chinense Sakushev*);
- джугара (*S. Cernuum Host*);
- суданська трава (*S. sudanense Pers.*).

Усі вищеперелічені види сорго відносяться до однорічних. Особливість їхнього культивування визначається продовольчими, технічними й кормовими цілями. Менш розповсюджений дикий вид сорго – гумай, що відноситься до злісних бур'янів [1]. Згідно особливостей будови суцвіття (волоті), сорго розподіляють на підвиди: розлоге, волотисте, стиснуте та кормове. Особливістю колосків, що розташовуються у волоті сорго є їх одноквітковість. Для сорго характерним є перехресний спосіб запилення, відмічаються рослини із самозапиленням.

Сорго цукрове – яра культура. Вегетаційний період становить 120–130 діб. Сорго цукрове сумісно із суданською травою гарні компоненти для змішаних посівів. Що практикують висівати разом із бобовими культурами, кукурудзою, соняшником та іншими рослинами. Соковите стебло сорго містить цукри, завдяки цій особливості культури виготовляють силос та сінаж, що збалансовані та найбільш придатні для годівлі тварин.

Визначено, що біологічні й генетичні особливості сортів і гібридів сорго впливають на рівень врожайності зерна. Що проявляється за

наявності сприятливих факторів й погодних умов близьких до оптимальних для розвитку рослин. Це особливо важливо у особливо критичні періоди росту й розвитку рослин. Тому, для створення відповідних умов для рослин сорго, формування ними врожаю, важливим є знання періодів розвитку та етапів органогенезу культури. У розвитку рослин сорго М. А. Шепель (1994) виділяє два основних періоди: «перший – формування вегетативних органів (коренів, стебел та листя); другий – утворення генеративних органів (суцвіть, квіток та насіння)». Виокремлено 12 етапів органогенезу, що характерно для сорго. Ці етапи (періоди) визначають особливості формування органів рослин сорго [37].

Сорго цукрове формує кореневу систему, за формою яку відносять до мичкуватої. Вона характеризується значним розгалуженням і глибокопроникністю у ґрунт (до 200–250 см). Визначено, що більша частина кореневої системи сорго (до 90 %) знаходиться у товщі ґрунту до 60 см. Інші, глибокопоширені корені виконують функцію всмоктування води за її нестачі у верхніх шарах ґрунту. Коренева система сорго в площині може сягати до 100–130 см.

Рослина сорго цукрового – це високорослий кущ, заввишки до 200–350 см. Надземна вегетативна маса сорго – соковиті стебла, близько 60 % від загальної зеленої маси.

По відношенню до ґрунтів, сорго не вимогливе. Рослини цієї культури здатні переносити надмірну засоленість ґрунту (в т.ч. й хлоридне), до 0,6–0,8 %. Для рослин сорго притаманним є властивість виносити врожаєм з ґрунту хімементи: натрій, хлор, магній, та ін. Що в надлишковій кількості наявні й знаходяться у ґрунтах засолених. Завдяки цій особливості, рослинам сорго притаманна фітомеліоративна дія, що проявляється у розсоленні та покращенні ґрунтів для вирощування інших культур. Сорго може вегетувати ґрунтах з рН 5,5–8,5 за кислотністю ґрунтового розчину [18].

Для культури сорго притаманним є посухостійкість. Відмічена властивість їх поновлювати ріст й забезпечувати високі врожаї опісля довготривалої посухи. При цьому рослини досить плідно використовують літні опади. Ці особливості обумовлюють культивування сорго в посушливих районах. До яких відносять південні території України, Молдова, Ростовська область, Ставропольський і Краснодарський краї, Середня Азія, області Середнього і Нижнього Поволжя, та інші регіони [17; 31; 35].

Стрімкі зміни клімату у бік потепління є сприятливим для поширення сорго цукрового у посушливих регіонах, в т.ч. і в нашій

країні. Насамперед сорго культивували задля отримання зеленої маси для тваринництва. Натепер сорго займає все більші площі для отримання зернового врожаю [3]. Окрім цього, сорго все ширше вивчають як біоенергетичну культуру.

Відмічена й агротехнічне значення сорго, що проявляється у збільшенні біологічної активності ґрунтів. Що підтверджено дослідженнями за вирощування сорго відповідно спецтехнологій сприяє зменшенню використання мінеральних й пестицидів. Наприклад, сорго у сівозміні вирощують після зернових, як попередник ячменю [4].

За відношенням до тепла, сорго – теплолюбна рослина. Занадто високі температури повітря на початкових етапах органогенезу (від сходів до кущення) пригнічують рослини сорго. В цей період не в повній мірі сформована кореневої системи. У фазі викидання волоті температуру повітря 40–45 °С сорго добре переносить, що обумовлює жаро- й посухостійкість культури. Проте сорго цукрове реагує на пониження температур повітря й заморозків. Що проявляється у фазу цвітіння рослин. За температури повітря в –1 °С призводить до загибелі рослин. Відмирання сходів сорго фіксують за температури –2–3 °С [22, 30]. Вченими встановлено, що високе водоспоживання рослин сорго спостерігається впродовж 35-ти денного періоду (близько 58,1 % загального об'єму водоспоживання). Що припадає на фази виходу в трубку й цвітіння [11]. «Коефіцієнт водоспоживання» для сорго становить 56–62 м³/т [13].

У зв'язку із застосуванням сорго цукрового, як альтернативного джерела енергії, на сьогодні зростає зацікавленість до цієї культури. Це пов'язано з тим, що із біомаси сорго цукрового виробляють пізні біопалива. Сюди відносять виробництво біобутанолу, біологічного газу, паливних гранул й брикетів. Можливо навіть отримати із сорго біосинтезгаз, біонафту та ін. Окрім цього, соргова біомаса є відмінною рослинною сировиною для отримання харчової промисловості: цукрів, харчових сиропів, соргового меду та інших продуктів [7].

З-поміж енергокультур, з біомаси яких виробляють етанол, сорго цукрове є однією з найбільш перспективних і високоврожайних культур. Сорго цукрове, за порівняно нетривалий період часу, формує потужну надземну біомасу – фітомасу, з високою енергопродуктивністю. Більший відсоток енергії міститься в спеціальних речовинах (комплекс цукрів соку стебел), що перетворюються в сорговий етанол [5].

Головними вимогами до культур при їх застосуванні у біоенергетиці науковці виокремлюють «собівартість продукції» за однокчасного стабільного виробництва рослинної сировини. Для біоенергетики підходять різні соргові культури. Основною вимогою до яких є здатність накопичувати в стеблах значний обсяг розчинних вуглеводів й формування високого врожаю енергоємної біомаси [14].

1. Вивчення сортименту сорго цукрового

Підбір сортів сорго цукрового відповідно конкретних умов – важлива умова забезпечення високих й сталих врожаїв цієї культури. З урахуванням ґрунтово-кліматичних умов України, створено новий сортимент сорго цукрового. Новостворені сорти й гібриди цієї культури мають високі показники врожайності, а рослини – більш пластичні. Для сортименту визначальним є забезпечення стабільної врожайності як в сприятливі роки, так і в несприятливі. Гарантоване отримання високих врожаїв сорго в певних умовах обумовлено сівбою сортів й гібридів культури, що рекомендовані саме для цієї ґрунтово-кліматичної зони [16].

Встановлено, що підбір сортів і гібридів сорго, що мають високі врожайні властивості та адаптовані до несприятливих умов є пріоритетним для отримання високої врожайності. Поряд з цим, визначено, що високі врожаю сорго отримують за своєчасного проведення усіх агротехнологій вирощування. Це зумовлює стійкість рослинного ценозу до абіо- та біотичних чинників зони культивування. Обґрунтовано, що районування зареєстрованих гібридів сприяє максимальній реалізації їхнього генетичного потенціалу за врожайністю. Важливим аспектом технології вирощування культури задля отримання високих врожаїв зерна сорго є застосування для сівби якісного насінневого матеріалу. Визначено, що цей захід підвищує продуктивність сівозмінної площі сорго на 40–60 % [16].

Визначено, що «Найефективнішим та економічно вигідним є широке впровадження нових сортів та гібридів з генетично визначеним рівнем адаптування до умов ґрунтово-кліматичних зон їхнього вирощування. Нові сорти, незалежно від мети використання, повинні бути придатними до інтенсивної технології вирощування, забезпечувати високу економічну ефективність виробництва зерна та інших продуктів, пристосовані до визначе-

ного рівня землеробства, а також стійкими до різноманітних біотичних і абіотичних стресових факторів» [28].

Важливим є створення й підбір сортів сорго для вирощування за його вегетаційним періодом. Що дозволяє впроваджувати їх у виробництво в різних агро-кліматичних зонах України. Відмічено, що «підбір сортів для реальних умов вирощування – важлива умова для отримання високих урожаїв» [29]. Тому, з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов нашої країни селекціонери постійно створюють нові сорти сорго. При цьому враховується пластичність і стабільність новоствореного сортименту, рівень врожайності та якості продукції.

На сьогодні, в Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні (надалі – Реєстр сортів рослин), зафіксовано більше 20 сортів і гібридів культури сорго цукрового. Визначено, що з існуючого сортименту сорго, 14 української селекції. Це такі гібриди: Рона 1 (ТОВ «Хімагромаркетинг»), гібриди Афоня, Медовий F 1, Одстер і сорт Фаворит (Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннезнавства та сортовивчення), гібриди Сс 506, Г 1990 (компанія Сінгента Сідз С.А.С.), сорт Сило 700 Д (Кейджо Інк. та ДП «Рейлін»). При цьому, сорт Сило 700 Д є сортом-стандартом в Україні. Також до Реєстру сортів рослин винесено сорт Цукрове 1 (Державна установа Інститут сільського господарства степової зони), сорти Троїстий, Силосне 42 та гібрид Довіста (Інститут зернових культур НААН України [22]).

Інші, сорти й гібриди сорго цукрового, в т. ч. й зарубіжні внесені в Реєстр сортів рослин – Медстер, Зубр, Приазовське, Г1990, Мохавк, Довіста, Верблюд, Мамонт, Гулівер, Сохатий, Ананас, Аграрний 5F, Приазовське, Су, Памяті Шепеля, та ін. (Інформаційно-довідкова система «Сорт» <http://sort.sops.gov.ua/search/search>).

Якщо порівнювати із минулим десятиліттям, можна стверджувати, що зацікавленість до соргових культур постійно зростає. Особливо це стосується сорго цукрового. Тому, важливим мірилом активізації попиту на сорти й гібриди сорго цукрового є збільшення відсотку їх у Реєстрі сортів рослин. Що передусім пов'язано із зростанням попиту на вирощування сорго цукрового в Україні. У зв'язку з тим, що галузь тваринництва характеризується рівнем посереднім. Що спричинено зменшенням поголів'я великої рогатої худоби, то на сьогодні головними напрямками використання сорго цукрового є харчова та переробка промисловості. Нагальним питанням є також використання цієї культури на біопаливо.

Згідно з дослідженнями науковців, визначено, що сорти й гібриди сорго відрізняються за врожайністю як зеленої біомаси, так і насіння. Так, було проведено вивчення рівня врожайності різноманітних сортів та гібридів сорго цукрового на базі Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. При цьому вченими було встановлено, що перевага за врожайністю зеленої маси є у сорту Силосне 42 (106,86 т/га), порівняно сортом Нектарний та гібридами Фаворит й Медовий. Також визначено, що за цієї густоти стеблостою, найбільший уміст цукру у сировині забезпечили гібриди Медовий та Фаворит, відповідно 6,09 і 5,57 т/га. А от за виходом біоетанолу, з-поміж досліджуваного сортименту, виокремлено сорт сорго цукрового Силосне 42 (501,19 дал/га) [22].

Дослідження В. Л. Курило та В. П. Ковальчука проведені на цій же базі показали, що у рослини гібридів сорго цукрового переважали сорту Силосне 42. Визначено, що за результатами фенологічних спостережень гібриду Медовий, Нектарний та Фаворит переважали сорт Силосне 42. Що проявилось і за врожайністю. Автори, дані закономірності пов'язують із сортовими особливостями культури [23].

Науковець І. Я. Пігоревим, з-поміж сортів і гібридів рослин сорго виокремив гібрид Славянское Приусадебное у фазі виходу в трубку. Це також відзначено за врожайністю зеленої маси цього гібриду (30,9 т/га). Що характерно для виробничих умов, за сівби сорго на чорноземі типовому [27]. Автор виокремив сорт Зерноградское 1, який був менш урожайним за біомасою. При цьому було встановлено, що частки впливу на врожайність сорту за фазами розвитку рослин. 43,1–55,3 %, характерно для фази виходу в трубку, а от у фазу викидання волоті цей показник знизився до 37,2–41,3 %. У фазу молочної стиглості зерна сорго частки впливу ще знизились від 34,6 % до 28,3 %. Пояснює автор цю закономірність погодними умовами за низького гідротермічного коефіцієнту періоду вегетації сорго.

Інші досліді, що проведені в Міжнародному інституті дослідження зернових культур (Індія) підтвердили цю закономірність. Автори встановили, що нові гібриди забезпечують великий обсяг біомаси та більш фотоінтенсивні, порівняно з сортами. Що проявляється у нормальних умовах, включаючи обмеженість водних ресурсів. Так, згідно їх результатів визначено, що врожайність цукру з гектара у гібридів сягає 1,7 т, а у сортів 1,5 т. При цьому врожайність зерна гібриди забезпечують на рівні 4,6 т, а сорти – до 8,5 т відповідно [39].

Іноземні джерела також підтверджують думку інших авторів щодо відмінностей в показниках у гібридів і сортів сорго цукрового. Наприклад, досліджуючи гібриди M81E, Cowley та Wray на Луїзіанській сільськогосподарській дослідній станції (США) автори визначили наступне. Врожайність одних стебел був вищим у гібриду M81E (20,8 т/акр), а найнижчим у гібридів Cowley (17,4 т/акр) та Wray (19,1 т/акр). При цьому відсоток листків, порівняно до стебел варіював від 8,4 % у M81E до 11,7 % у Cowley та 11,4 % у Wray [45].

Науковець з Білорусі Р. Ф. Юрковський [38], вивчаючи у порівнянні продуктивність гібридів і сортів виявив інші закономірності. Ним було встановлено, що вміст сухої речовини гібриду Славянское Приусадебное на широкорядних посівах становить 12,4 %, у сорту Славянское Поле – 12,9 %. Урожайність зеленої маси склала 290,1 ц/га та 244,4 ц/га, відповідно.

2. Вивчення впливу елементів агротехнології вирощування сорго на врожайність біомаси та її якісні показники

Визначено, що раціональне використання біологічних особливостей сорту, з урахуванням агротехнології вирощування – це запорука отримання високих і сталих врожаїв сорго цукрового. Агротехнологія ґрунтується на основі раціонального розміщення культури у сівозміні, своєчасних і якісних обробітків ґрунту, системі живлення й дотримання умов сівби сорго. Окрім цих заходів, вірно підібрана ширина міжряддя обумовлює оптимальну густоту стояння рослин. При цьому, визначено, що загушення посівів сорго погіршує живлення рослин. Що пов'язують із надходженням в них основних елементів живлення. У наслідок можуть сформуватися низькі показники структури врожаю та якості. Нераціональне використання площі і невірний менеджмент посівів спричинює поширення бур'янів. Як відмічає В. Л. Гамандій та Г. К. Дремлюк: «По суті виявлення реакції сорго цукрового на різну ширину міжрядь та норми висіву слід розглядати як актуальну оптимізаційну задачу рослинництва» [8].

Тому, для забезпечення високого рівня продуктивності культури сорго виникає потреба в оптимізації умов для рослин сорго цукрового. Що характерним є на усіх етапах органогенезу рослин. Визначальним у формуванні врожайності сорго є утворення зачатків стеблових вузлів, міжвузлів, листків, що обумовлюється сприятливими погодними умовами. Багатьма науковими дослід-

ників встановлено, що усі агрозаходи вирощування сорго можна механізувати. Цьому сприяє широкорядна сівба культури (ширина міжряддя 45 і 60 см) за оптимальних нормах висіву насіння. Механізація агрозаходів за вирощування сорго цукрового забезпечить високий врожай надземної вегетативної маси. Низькі вагові норми висіву рослини сорго, призводить до надмірного кущення рослин сорго. Визначено, що коефіцієнт кущення для рослин зернового сорго становить 2–5, для сорго цукрове – від 1 до 2.

Агрохімічне аналізування ґрунтових зразків з урахуванням запланованого рівня врожайності дозволяє визначити потрібну дозу добрив для сорго цукрового. Вносять добрива як основну удобрення, припосівне й під час позакореневих (листяних аплікацій) підживлень посівів [32]. Для забезпечення необхідних умов для росту й розвитку рослин сорго цукрового їм потрібен азот, фосфор й калій. Також рослини треба забезпечити залізом (Fe), міддю (Cu), молібденом (Mo), марганцем (Mn), цинком (Zn), бором (B), сіркою (S) та ін. Ці хімічні елементи, необхідні для участі в певних фізіологічних-біохімічних реакціях забезпечення успішної життєдіяльності рослин. Вони сприяють кращому засвоєнню рослинами сорго інших елементів живлення з ґрунту. Тому, необхідну кількість добрив для сорго цукрового розраховують з урахуванням агрохімічного аналізу ґрунту кожного конкретного поля.

Встановлено, що азотно-фосфорні добрива впливають на проростання насіння сорго. При цьому збільшується польова схожість насіння (на 10–12 %). Визначено, що застосування добрив призводить до збільшення врожайності біомаси та поліпшення її якісних показників. Відмічено зростання вмісту протеїну, жирів в кормовій масі, а також сухої речовини і корм. одиниць й зерна [25; 42].

Застосування природних й синтетичних регуляторів росту, як елемент агрозаходів сприяє зростанню врожайності й покращення якості продукції. Ці препарати в незначних кількостях посилюють фізіологічні процеси в рослинах. При цьому відмічено зростання динаміки росту й розвитку соргових рослин.

Рослини сорго мають низький рівень пошкодження шкідниками. Визначено, що злакові попелиці, дротяники і підгризаючі совки здатні наносити шкодочинність посівам сорго. Для знищення цих шкідників посіви сорго обприскують дозволеними інсектицидами [36].

Агроценози сорго стійкі також до збудників захворювань. Про що повідомляється у публікаціях багатьох дослідників. При цьому

відмічається, що летюча сажка може уражувати сорго, кукурудзу, й інколи суданську траву. Щоб запобігти поширенню хвороби застосовують превентивні заходи. Насіння при цьому очищають і знезаражують. Окрім цього, для вирощування необхідно підбирати стійкі сорти і гібриди сорго цукрового. З агротехнічних заходів перевагу надають: дотриманню сівозміни, заробки післяжнивних решток й внесення збалансованої норми добрив. Також ефективним є проведення сівби високоякісним, очищеним насінням відповідних сортів й гібридів сорго [14].

Встановлено, згідно досліджень українських вчених важливість густоти посівів. Експериментальні дані свідчать, що збільшення густоти стояння рослин сорго цукрового корелює із врожайністю біомаси. Дану закономірність притаманна як для врожаю зеленої, так і сухої маси. Що, після відповідної переробки має вплив на вихід цукрового сиропу та біоетанолу, на основі умісту загальних цукрів [23].

Як відмічає Л. І. Петричук, при загущенні рослин в рядках відбувається зменшення продуктивності сорго. Зафіксовано найбільший приріст врожаю сорго цукрового за зеленою масою (4,0 т/га) при ширині міжряддя 70 см. При цьому густина стеблостою становила 150 тис. шт. нас./га [26]. Цієї ж точки зору дотримується В. Л. Курило із співавтором [20], які стверджують, що протягом усіх фаз розвитку відмічається чітка тенденція зменшення сирової та сухої маси у стеблах і листках. Цю закономірність автори відмічають за збільшення густоти стояння рослин сорго. Основною причиною цього процесу вони вважає загущення посівів.

У загальному встановлено, що густина стеблостою має вплив на ріст і розвиток рослин сорго цукрового. За різної ширини міжрядь та норми висіву змінюється висота рослин, куціння й діаметр стебла. Відмічена також зростання площі листової поверхні і чистої продуктивності фотосинтезу. Зростає також темпи накопичення зеленої маси та сухої речовини в рослинах. Однак, в той же час, за даними Б. М. Малиновського встановлено, що спосіб сівби й норми висіву сорго залежать не тільки від біологічних особливостей сорту та ґрунтово-кліматичних умов а й мети вирощування [24].

Дослідження Л. І. Сторожик [34] показують вплив погодних умов протягом вегетаційного періоду на ріст й розвиток рослин сорго. Що в кінцевому результаті визначає рівень продуктивності агрофітоценозів сорго цукрового. Визначено, що рослини сорго цукрове

потребують оптимального і стабільного зволоження. При цьому найбільш критичні періоди, це – поява сходів й формування вегетативних органів. Також волога потрібна під час утворення генеративних органів. Оптимальні ГТК у ці періоди мають бути близькими до 1,1–1,3 і 1,0–1,6 відповідно. Що визначає тривалість міжфразних періодів сорго: сходи– кущення (16–19 діб), кущення–викидання волоті (35–42 діб), викидання волоті–цвітіння (7–9 діб). Вцілому вегетаційний період сорго цукрового становить 91–132 доби. Кількість рослин у фазу сходів за таких умов варіювала у межах 6,0–6,4 і 8,2–9,5 шт./м відповідно. Визначено також сильну кореляційну залежність між ГТК і польовою схожістю насіння та густотою сходів сорго цукрового (коефіцієнт кореляції $r = 0,92$ та $0,89$ відповідно).

Вивчення ширини міжряддя на посівах сорго проводили в умовах Білоцерківської ДС Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. За різної ширини міжряддя (15, 30, 45 см) й густина стеблостою рослин (200, 300, 400 тис. шт./га). Для вивчення автори публікації обрали сорт Силосне 42 та гібрид Медовий. Ними встановлено, що сівба 300 тис. схожих насінин на гектар за ширини міжряддя в 30 см сприяє збільшення врожайності сорту Силосне 42–84,2 т/га та гібриду Медовий – до 97,5т/га. Дослідження показали що рослини сорго цукрового мали найкращий ріст й розвиток саме за цієї норми висіву й ширини міжряддя [19].

Інші дослідження, що проведені в умовах Степу України, свідчать про ефективність вирощування сорго з шириною міжрядь 70–45 см та густотою посівів 80–120 тис. шт./га на зернові цілі. А для використання на силосування оптимальним є сівба із забезпеченням 100–160 тис. шт./га. Вивчали й строки сівби сорго. Було встановлено, що в Степу за пізніх строків за ширини міжряддя в 70 см на фоні густотою 300–400 тис. рослин/га можливо забезпечити рівень врожайності зерна сорго на рівні 5,0–7,0 т/га [9]. Спостереження показали, що з загущенням посівів вміст води в рослинах і окремо у волотях підвищується. З густотою стояння рослин сорго пов'язана також і висота рослин. За достатньої та надмірної вологості ґрунту в загущених посівах рослини затіняють одна одну, при цьому врожай зеленої маси збільшується, а вміст сухої речовини знижується. Зроблено висновок, що загущення посівів сорго недоречно за вирощування при недостатньої кількості вологи в ґрунті.

Поряд з цим Я. І. Ісаков отримав дані стосовно того, що густина посівів сорго для ранніх і середньостиглих сортів не повинна перевищувати 140 тис./га. Визначено ним також, що для середньопізніх

сортів сорго цей показник повинен бути у межах – 60–80 тис. рослин/га [15].

За даними D. Brodhead та K. Freeman можна стверджувати, що найбільший врожай зеленої маси сорго сорту Pío (77,1 т/га) отримано за ширини міжрядь 52,5 см. Водночас ними встановлено, що за збільшеної ширини міжряддя до 105 см, врожай сорго буде меншим (лише 63,7 т/га) [41].

Більшість дослідників [22], що проводили вивчення норм висіву та ширини міжрядь сорго цукрового, схиляються до думки, що ці параметри слід уточняти відповідно до сортових особливостей. Так, за вивчення різних сортів та гібридів сорго цукрового показує їх різний рівень ефективності та можливості отримання високого виходу сировини на біоенергетичні цілі.

Що стосується закордонного досвіду, то за вирощування сорго на середньо родючих ґрунтах помірного клімату Середземно-морського регіону (Північна Італія, Іспанія, Греція) встановлена наступна особливість. Вирощування сорго цукрового без зрошення є малопродуктивним, що пов'язано із низькою врожайністю зеленої біомаси 2,4–4,6 т/га, порівняно із врожайністю, яку отримали на зрошенні – 10,3–35,0 т/га [40].

Вчені з університету Північної Кароліни (США) рекомендують сіяти сорго цукрове з кінцевою густиною стояння рослин на гектар і 100–123 тис. шт. [43]. Дещо більшу норму висіву 5–8 кг/га, або густоту 130–150 тис. шт. рослин на гектар, рекомендують їхні колеги з Філіппін. За норми висіву 130 тис. шт. схожих насінин на гектар вони радять використовувати міжряддя шириною 100 см у вологий рік, а за норми 150 тис. шт. схожих насінин на гектар – достатньо міжряддя 75 см для сухого року.

Професор Грег Рос у своїй статті стверджує, що в умовах США рекомендованою нормою висіву сорго є 150–200 тис. шт. рослин на гектар. Вчені з університету Кентуккі (США) також вважають, що для виробництва біоетанолу із сорго, кількість рослин повинна складати 150–250 тис. шт. на гектар. При цьому визначено, що посіви сорго, які мають велику щільність, призводять до формування тонких стебел, які мають менший уміст цукрів [46].

Польова схожість насіння сорго залежить від якісних показників насіння. При цьому виокремлюють також вплив кліматичних та антропогенних факторів. До останніх відносять строк і спосіб сівби, сортові особливості, норми висіву й інші чинники. Плеяда вчених та наукових працівників в Україні займались дослідженням залеж-

ності схожості насіння сорго від його норми висіву. Так, Л. І. Сторожик вважає, що «головними факторами для сорго є спосіб сівби та біологічні особливості гібриду, що обумовлює вклад у врожайність на рівні 39 %, а от норма висіву впливає лише на 18 %. При цьому показник схожості насіння сорго у значній мірі залежить від гідротермічних умов у період «сівба-сходи» [33]. Науковці В. Л. Курило та Л. А. Герасименко також встановили, що погодні умови забезпечують рослину сорго необхідною кількістю вологи і тепла. Саме тому врожайність надземної маси сортів сорго цукрового залежить від умов й року вирощування [21].

Отже, існує дуже великий розбіг у рекомендованих нормах висіву сорго цукрового в умовах природного зволоження: від 80 до 800 тис. шт. на 1 га. Науковці це пов'язують з кінцевою метою: отримання урожаю зеленої маси чи зерна. В середньому цей показник має становити 200 тис. шт./га. Але прослідковується тенденція – густина рослин більш ніж 600 тис. шт./га знижує врожайність зеленої маси. Визначено, що врожайність біомаси сорго цукрового залежить також від способів сівби, ширини міжряддя, кліматичними умовами вирощування, особливо режимом зволоження ґрунту. Тому, питання уточнення елементів агротехнології вирощування сорго цукрового потребує подальшого вивчення й обґрунтуванням, особливо для умов центрального Лісостепу України.

Висновки

Отже, проведений змістовний огляд літератури щодо сортових особливостей та агротехнологічних аспектів вирощування сорго цукрового. Згідно ряду наукових дослідження визначено, що забезпечення високих й сталих врожаїв біомаси сорго цукрового полягає у правильному підборі сорту або гібриду для певних умов вирощування. Потребують уточнення питання щодо цілісної й обґрунтованої агротехнології вирощування сорго цукрового задля отримання рослинної сировини для виробництва біопалив. Агротехнологія вирощування культури для забезпечення високої врожайності сорго цукрового ґрунтується на раціональному використанні біологічних особливостей сорту, обробітків ґрунту, системи удобрення й підживлення, норми висіву насіння, густоти стояння рослин та інших чинників. Актуальними питаннями, що потребують наукового обґрунтування є всебічне вивчення, з послідуочим впровадженням у виробництво нових, удосконалених

елементів агротехнології сорго цукрового з метою отримання рослинної сировини для виробництва біопалив.

Список використаних джерел:

1. Алабушев А. В., Антипенко Л. Н. Сорго: селекція, семено-довдство, технологія, економіка. Ростов-на-Дону : ЗАО «Книга», 2003. 368 с.
2. Атлас морфологічних ознак сорго двокольорового *Sorghum bicolor* L. Київ : Український інститут експертизи сортів рослин, 2017. С. 37.
3. Бойко М. О. Сорго зернове – гарант стабілізації зерновиробництва. *Актуальні питання сучасної аграрної науки* : збірник тез IV міжнародної науково-практичної конференції. Умань, 2016. С. 25–26.
4. Болдырева Л. Л., Бондаренко В. П. Технология возделывания сорго. Специальный выпуск. ЮФ «КАТУ» НАУ. Вип. № 6 (953), 2007. С. 2.
5. Бритвин В. В., Болдырева Л. Л. Сорго как сырье для производства биоэтанола. *Наукові праці Південного філіалу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Кримський агротехнологічний університет»*. Серія : Сільськогосподарські науки. 2013. Вип. 154. С. 69–72. URL: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Npkaus_2013_154_12.pdf
6. Вавилов Н. И. Избранные труды. М.; Л.: Изд. АН СССР. 1960. Т. II. С. 34, 50.
7. Вплив погодних умов на урожайність сорго цукрового залежно від строків сівби та глибини загортання насіння / Кулик М., Крайсвітній П., Рій О. та ін. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків* : зб. наук. праць. К. : ЗАТ «Віпол», 2011. Вип. 12. С. 34–38.
8. Гамандій В. Л., Дремлюк Г. К. Господарствам Півдня час розширювати посіви сорго. *The Ukrainian Farmer*. 2012. Вип. 2. С. 12–13.
9. Ганженко О. М., Григоренко Н. О. Залежність продуктивності і вуглеводного складу від сортових особливостей та мінерального живлення цукрового сорго. *Цукор України*. 2011. № 4 (64). С. 27–32.
10. Ганженко О. М., Григоренко Н. О., Хіврич О. Б., Марчук О. О., Герасименко Л. А. Вплив сортових особливостей та мінерального живлення на урожайність і вуглеводний склад цукрового сорго. *Цукрові буряки*. 2011. Вип. 5. С. 14–15. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Cb_2011_5_5/

11. Герасименко Л. А. Вплив густоти стояння рослин на ріст, розвиток та врожайність сорго цукрового. *Агробіологія*. 2011. Вип. № 6. С. 48–50.

12. Гунчак Т. І. Особливості вирощування сорго цукрового в якості сировини для виробництва біопалива в умовах південно-західного Лісостепу України. *Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. Вип. № 21. С. 240–244.

13. Грабовський М. Б. Агротехнологічне обґрунтування вирощування кукурудзи та сорго цукрового для виробництва біогазу : автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук. Дніпро, 2019. 40 с.

14. Григоренко Н. О. Цукрове сорго дає високі й стабільні врожаї зерна та зеленої маси за складних кліматичних умов. *Зерно і хліб*. 2011. № 3. С. 48–49.

15. Исаков Я. И. Сорго. М: Россельхозиздат, 1992. 133 с.

16. Каталог сортів та гібридів Інституту сільського господарства степової зони НААН України : наук.-метод. реком. / А. В. Черенков, В. Ю. Черчель, М. С. Шевченко та ін. Д., 2013. 104 с.

17. Когут М. М., Пушкарев В. А. Сорго в Ростовской области – перспективы развития. Москва : Колос, 1976. 49 с.

18. Коваленко О. А., Чернова А. В., Моспаненко Т. О. Сорго цукрове, та його перспективи для зони Південного Степу України. Матеріали наукової конференції. *Секція 1. Сільськогосподарські науки*. URL: http://econf.at.ua/publ/konferencija_2014_12_4_5/sekcija_1_silskogospodarski_nauki/sorgo_cukrove_ta_jogo_perspektivi_dlja_zoni_pivdenного_stepu_ukrajini/10-1-0-156

19. Курило В. Л. Продуктивність сорго цукрового (*Sorghum saccharatum* (L.) Pers.) залежно від сортових особливостей та різної густоти стояння рослин. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2013. № 3. С. 8–12.

20. Курило В. Л., Ганженко О. М., Зиков П. Ю., Герасименко Л. А., Копак О. М. Методичні рекомендації з проведення передпосівного обробітку ґрунту і сівби насіння цукрового сорго. Інститут біоенерг. культур і цукр. буряків. Київ, 2012. 17 с.

21. Курило В. Л., Герасименко Л. А. Вплив погодних умов на урожайність сорго цукрового залежно від строків сівби та глибини загортання насіння. *Збірник наук. праць. Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2011. Вип. 12. С. 74–78.

22. Курило В. Л., Григоренко Н. О., Марчук О. О., Фуніна І. Р. Продуктивність сорго цукрового (*Sorghum saccharatum* (L.) Pers.) залежно від сортових особливостей та різної густоти стояння рослин. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. № 3. 2013. С. 8–12.

23. Курило В. Л., Ковальчук В. П., Григоренко Н. О., Марчук О. О. Продуктивність сортів та гібридів сорго цукрового залежно від рівня удобрення. *Цукрові буряки*. 2012. Вип. № 5. С. 11–13.

24. Малиновский Б. Н., Пойда В. В. Урожай фитомассы, содержание и накопление сахаров соке стеблей сорго в зависимости от сроков посева в острозасушливом 1998 году. *Селекция. Семеноводство, технология и переработка сорго* : тезисы докладов. Зеленоград. 1999. С. 64.

25. Маслак О. Ринок сорго в Україні і світі. *Агробізнес сьогодні*. 2012. № 11. С. 14–18.

26. Петричук Л. І. Агробіологічні основи формування високопродуктивних агрофітоценозів силосних культур в умовах Південного Степу : автореф. дис. ... к. с.-г. н. Херсон, 2015. 18 с.

27. Пигорев И. Я., Горбунов П. А. Продуктивность сахарного сорго на корм в условиях Черноземья Лесостепи. *Фундаментальные исследования*. 2011. № 8 (ч. 3) С. 576–579.

28. Продуктивність сортів та гібридів сорго цукрового залежно від рівня удобрення / В. Л. Курило и др. *Цукрові буряки: Всеукраїнський науково-виробничий журнал*. Київ : АТЗТ «Атопол». 2012. № 5 (89). С. 11–13.

29. Пронько В. В. Удобрення под сорго. Кукуруза і сорго. 1992. № 2. С. 12–13.

30. Сайт ДП Рейлін. Інтернет-ресурс. URL: http://raelin.com.ua/?page_id=1299#

31. Самойленко А., Самойленко В., Шевченко Т. Культура, равнодушная к засухе. *Зерно*. 2011. № 9. С. 34–38.

32. Соргові культури: технологія, використання, гібриди та сорти / А. В. Черенков, М. С. Шевченко, Б. В. Дзюбецький та ін. Дніпропетровськ : Роял Принт, 2011. 64 с.

33. Сторожик Л. І. Стимулювання насіння сорго цукрового. *Новітні агротехнології*. 2014. № 1. С. 23–30.

34. Сторожик Л. І., Будовський М. Д. Продуктивність сорго цукрового як джерела виробництва біопалива в сумісних посівах з іншими культурами. *Цукрові буряки*. 2016. № 2. С. 7–11. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Cb_2016_2_4

35. Тимирязев К. А. Борьба растений с засухой: Избранные сочинения. Москва : Сельхозгиз. 1948. Т. 3. С. 87–97.

36. Циганков С. П., Володько О. І., Новак А. Г., Агарков М. М. Цукрове сорго – перспективна сировина для виробництва біоетанолу. *Збірник наукових праць ВНАУ*. Вінниця, 2010. Вип. 42. Т. 2. С. 88–91.

37. Шепель Н. А. Сорго. Волгоград : Комитет по печати, 1994. 428 с.
38. Юрковский Р. Ф., Янкевич Р. К. Сорго: первые шаги новой культуры в Беларуси. Гродно. 2013. 2 с. URL: <http://agrosbornik.ru/strategiyai-taktika-zemledeliya/1633-sorgo-pervye-shagi-novoj-kultury-v-belarusi.html>
39. Belum V.S. Reddy, P. Srinivasa Rao, A. Ashok Kumar, P. Sanjana Reddy, P. Parthasarathy Rao, Kiran K. Sharma, Michael Blummel and Ch Ravinder Reddy Sweet sorghum as a biofuel crop: Where are we now? Sweet sorghum for biofuel and strategies for its improvement. Information Bulletin, Patancheru, Andhra Pradesh, India : International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. 2009. № 77. URL: https://www.researchgate.net/publication/228449147_Sweet_sorghum_a_s_a_biofuel_crop_where_are_we_now
40. Diffusion of a sustainable EU model to produce 1st generation ethanol from sweet sorghum in decentralised lants. *Technical annual*. Italy, 2011. 98 p.
41. Freeman K. C., Broadhead D. M., Zummo N. Culture of Sweet sorghum for syrup production. – USDA Agricultural Handbook, 1973. 441 p.
42. Kurilo V., Marchuk A., Ivanovs S. Impact of agrotechnical methods up on the energetic productivity of sweet sorghum. *Journal of research and applications in agricultural engineering*. Poznan. 2015. No. 60 (2). P. 50–53.
43. Matthew W. Veal, Mari S. Chinn, Matthew B. Whitfield Sweet Sorghum Production to Support Energy and Industrial Products. North Carolina Cooperative Extension, 2014. 8 p. URL: <http://content.ces.ncsu.edu/sweetsorghum-production-to-support-energy-and-industrial-products>.
44. Pre-anthesis ovary development determines genotypic differences in potential kernel weight in sorghum / Z. Yang, E. J. Oosterom, D. R. Jordan and others. *Journal of Experimental Botany*. 2009. V. 60 (4). P. 1399–1408.
45. Ray Ricaud, Allen Arceneaux Sweet sorghum research on biomass and sugar production in 1990. University of Nebraska Linkon, 1990. p. 136–139.
46. Todd Pfeiffe, Michael Montros Sweet Sorghum for Biofuel. University of Kentucky, 2013. URL: <https://www.uky.edu/ccd/sites/www.uky.edu.ccd/files/sorghumbiofuel.pdf>

РОЗДІЛ 5. ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ВІДТВОРЕННЯ ВОДНИХ БІОРЕСУРСІВ

DOI <https://doi.org/10.36059/978-966-397-240-4-17>

Гриневич Н. Є.

*доктор ветеринарних наук, професор,
завідувач кафедри іхтіології та зоології
Білоцерківський національний аграрний університет
м. Біла Церква, Київська область*

Димань Т. М.

*доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри харчових технологій і технологій
переробки продукції тваринництва
Білоцерківський національний аграрний університет
м. Біла Церква, Київська область*

Мазур Т. Г.

*кандидат ветеринарних наук,
доцент кафедри загальної екології та ектофології
Білоцерківський національний аграрний університет
м. Біла Церква, Київська область*

Слюсаренко А. О.

*кандидат ветеринарних наук,
доцент кафедри іхтіології та зоології
Білоцерківський національний аграрний університет
м. Біла Церква, Київська область*

Кухтин М. Д.

*доктор ветеринарних наук,
професор кафедри харчової біотехнології та хімії
Тернопільський національний університет імені Івана Пулюя
м. Тернопіль*

Світельський М. М.

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
завідувач кафедри біоресурсів, аквакультури та природничих наук
Поліський національний університет
м. Житомир

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РІЗНИХ ТИПІВ НАПОВНЮВАЧІВ РЕАКТОРА БІОФІЛЬТРА НА ПРОЦЕС ФОРМУВАННЯ НІТРИФІКУЮЧОЇ МІКРОФЛОРИ В УСТАНОВКАХ ЗАМКНУТОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ В ІНДУСТРІАЛЬНИХ АКВАФЕРМАХ

Анотація. Досліджено вплив різних типів наповнювачів реактора біофільтра на процес формування мікрофлори в установках замкнутого водопостачання за вирощування райдужної форелі. Моніторинг вмісту мікроорганізмів-нітрифікаторів у воді реактора біофільтра УЗВ впродовж основного періоду запуску (25 діб) показав, що за використання різних наповнювачів процеси колонізації біофільтра мікроорганізмами-нітрифікаторами можуть перебігати з різною інтенсивністю. Найінтенсивніше колонізація біофільтра відбувалась за використання наповнювача Kar-sib (Україна), дещо повільніше – за використання наповнювачів із поліпропілену вAQ-15, AQ-15 (Данія) та Aquatag (Україна), пропіленового RK PLAST однак виявлені відмінності незначні.

Загалом кількість бактерій нітрифікації у воді реактора біофільтра з різними пропіленовими наповнювачами на 25-у добу використання становила $8,1-8,5 \log \text{ КУО/см}^3$. Отримані результати доводять, що наповнювачі біофільтра вітчизняного виробництва не поступаються за своїми виробничими характеристиками зарубіжним аналогам, можуть успішно використовуватись в установках замкнутого водопостачання і бути взаємозамінними.

Вступ

Особливістю вирощування риби в рециркуляційних аквасистемах є використання мінімальної кількості води. Однак у процесі життєдіяльності риби у воді систем замкнутого водопостачання (УЗВ) накопичується амоній, нітрити, нітрати і завислі речовини, які тією чи іншою мірою впливають на здоров'я риби. Значну небезпеку для риб становить нітроген у формі амоніаку, який токсичний і має бути перетворений у нешкідливий нітрат у біологічному фільтрі. Біофільтр складається з циліндричного

реактора, де розміщується наповнювач, призначений для збільшення контактної поверхні і забезпечення росту бактерій. У біофільтрі перебігають аеробні та анаеробні процеси, які забезпечують видалення забруднень у вигляді амонію, що продукується рибою, і вуглекислого газу, який утворюється із неспожитих кормів і фекалій. Процес перетворення нітритів в нітрати відбувається за участі нітрифікуючих мікроорганізмів, які заселяють наповнювач реактора біофільтру. Далі денітрифікуючі бактерії перетворюють нітрати до атмосферного азоту. Відтак, від наповнювача біофільтра залежить швидкість перебігу процесів нітрифікації та і денітрифікації в реакторі УЗВ. Створення у біофільтрах сприятливих умов для існування біоценозів забезпечує УЗВ від токсичної дії нітритів. З огляду на це дослідження впливу різних видів наповнювачів реактора біофільтра на кількісний вміст нітрифікуючих мікроорганізмів має важливе практичне значення. Особливістю вирощування риби в УЗВ є використання мінімальної кількості води. Проте в процесі життєдіяльності риби у воді УЗВ накопичується амоній, нітрити, нітрати і завислі речовини, які тією чи іншою мірою впливають на здоров'я риби. Значну небезпеку у воді чинить нітроген у формі вільного амоніаку, який є токсичний для риб і має бути перетворений у біологічному фільтрі в нешкідливий нітрат. Процес перетворення нітритів в нітрати відбувається за участі нітрифікуючих мікроорганізмів, які заселяють наповнювач реактора біофільтру. Надалі денітрифікуючі бактерії перетворюють нітрати до атмосферного азоту. Від наповнювача біофільтра залежить швидкість нітрифікуючих і денітрифікуючих процесів в реакторі УЗВ. Нами було досліджено вплив різних видів наповнювачів реактора біофільтра на кількісний вміст нітрифікуючих і денітрифікуючих мікроорганізмів за введення наповнювача в технологічний процес і тривалості досліду 35 днів.

Вода, що потрапляє в УЗВ піддається механічному і біологічному очищенню. Механічне очищення і дезінфекція відбувається завдяки впливу кисню, температури, озону, УФ, рН та ін. Біологічне очищення здійснюють мікроорганізми, які в УЗВ беруть участь у біологічному окисненні та окисно-відновних реакціях. Оброблена вода найсильніше впливає на приріст біомаси і активність риби, а також на споживання кисню системою. Якщо процесами механічного очищення керувати легко, то біологічні системи, які базуються на взаємодії між собою і з довкіллям, важко піддаються

контролю. Саме тому, роботи численних дослідників направлені на вивчення механізмів біологічного очищення води, зокрема функціонування біофільтрів УЗВ [1–5].

1. Огляд літературних джерел, щодо вирощування об'єктів аквакультури в рециркуляційних системах

Біофільтр складається з циліндричного реактора, де розміщується наповнювач, призначений для збільшення контактної поверхні і забезпечення росту бактерій. У біофільтрі відбуваються аеробні та анаеробні процеси, які забезпечують видалення забруднень у вигляді амонію, що продукується рибою, і вуглекислого газу, який утворюється із неспожитих кормів і фекалій [6–8].

Вода в рециркуляційній системі не є стерильною. Вона містить значну кількість мікроорганізмів, найпростіших, водоростей та ін. [9]. Деякі з них залучені до процесів розкладання твердих органічних речовин [10], інші – до розкладання розчинених у воді речовин, включаючи розчинені органічні речовини, амоній, нітрити і нітрати [11–15].

Мікроорганізми у циркуляційній воді перебувають у планктонній фазі, де вони вільно плавають і/або утворюють агрегати із захисним матриксом – власне біоплівку [16–19; 20; 21]. З огляду на те, що активність бактерій реалізується переважно у прикріпленому стані [22–24], більшість з них у водному середовищі знаходиться у складі біоплівок. Ці біоплівки легко прилипають до органічного чи неорганічного субстрату і контактують з водою [25; 26–28; 29; 30]. Неорганічним субстратом для біоплівки в біофільтрі виступає наповнювач. Біоплівка обволікає наповнювач слизовим шаром, товщина якого зазвичай не перевищує 3 мм [31].

Вивченню складу біоплівки присвячено численні дослідження зарубіжних науковців [32; 33; 34]. З'ясовано, що цей складний біоценоз представлений мікроорганізмами різних систематичних груп – бактеріями, найпростішими, грибами, водоростями, деякими багатоклітинними (черви, личинки комах, водяні кліщі, нижчі ракоподібні та ін.).

Встановлено, що структура бактеріальної біоплівки складається із комплексу клітинних агрегатів, занурених у захисний самовідтворюваний матрикс, який побудований із позаклітинних полімерних сполук, перешкоджає прикріпленню інших організмів, відтак відіграє важливу роль у конкурентній боротьбі за ресурси [35–37]. Крім того, часткова неоднорідність позначається на поведінці і загальній функціональності біоплівки [38].

Незважаючи на те, що біофільтр визнано головним постачальником бактерій в УЗВ [40–42], наповнювач біофільтра і вода із басейнів з рибою значно різняться за складом мікрофлори [42]. Кожний комплекс УЗВ має унікальне і складне мікросередовище, де тісно пов'язані бактерії, віруси, найпростіші [43–45]. Зокрема, біоплівки фільтра розвиваються шляхом сегрегації окремих членів комплексу в різних шарах наповнювача, відповідно до їх харчових уподобань [46].

Біоценоз біоплівки формується під впливом різних чинників: хімічного складу і концентрації органічних забруднень стічних вод, їх температури, активної реакції, розчиненого кисню, умов експлуатації біофільтра [47; 48]. Виділяють три етапи формування біоплівки: 1) поглинання молекул, необхідних для контакту бактерій, 2) колонізацію субстрату первинною групою бактерій, 3) розмноження і вторинне прикріплення. Фактично, бактеріальні клітини фітопланктону прикріплюються до субстрату після обробки його поверхні органічними молекулами і мінеральними речовинами. На цьому етапі спостерігається інгібування синтезу і подальша втрата джгутиків, які порушують структуру біоплівки. Невпинно зростає продукування екзополісахаридів, які відіграють важливу захисну (підвищують стійкість до дії антибіотиків, дезінфікуючих засобів і детергентів) і механічну роль (прикріплення до субстрату) [49; 50]. Далі відбувається поділ клітин, збільшення об'єму біомаси і утворення зрілої біоплівки, яка має ефективні позаклітинні комунікації. Далі, частина біоплівки лущиться, і вивільняються вільні планктонні бактерії, які захоплюють новий вільний субстрат [51].

Sharrer et al. (2005) та Sugita et al. (2005) [52; 53], вивчаючи склад мікрофлори біоплівки у системах з рециркуляцією води, відносять бактерій до однієї з двох основних груп: 1) гетеротрофи – які у фільтрі і у водному потоці мінералізують майже всі органічні речовини, представлені вуглеводами, амінокислотами, білками і ліпідами, що надходять з неспожитим кормом, екскрементами риби тощо; 2) автотрофи – які використовують вуглекислий газ як джерело вуглецю і добувають енергію через окиснення неорганічних азотовмісних сполук. У ході мінералізації азоту в складі протеїнів виділяється амоній (NH_4^+). Цей процес ініціюється і перебігає за посередництва протеаз і дезаміназ бактерій. Крім того, амоній виділяється безпосередньо рибою [54–56].

Під час експлуатації УЗВ у фільтрах функціонує гетерогенна група філогенетично не пов'язаних хемолітоавтотрофних суто аеробних бактерій [57; 58; 59]. Вони здійснюють нітрифікацію, тобто перетворюють амоній у нітрит і потім – у менш токсичний нітрат [59; 60]. Цей механізм приводить до очищення води, яка надходить у біофільтр. Нітрифікація здійснюється двома бактеріальними фракціями: фіксованою фракцією (прикріплена до наповнювача) і планктонною (плаваючою). Основними лімітуючими факторами для нітрифікуючої біоплівки слугують загальний амонійний азот і концентрація розчиненого кисню. Michaud L. (2007) [61] зазначає, що цей процес перебігає максимально активно за концентрації кисню 80 %, а за концентрації кисню нижче 2 мг/л він припиняється. Крім того, рівень нітрифікації в біоплівці можна виразити як баланс між потребою в субстраті (наповнювачі) внаслідок росту біомаси і наявністю вільного простору, зумовленого процесами дифузії [62–65].

Бактерії відіграють головну роль у вилученні і окисненні органічних домішок з води. Основна частина бактерій знаходиться у верхній зоні біофільтра на глибині до 0,5 м. Там же інтенсивно розвиваються гриби, нитчасті бактерії, безбарвні джгутикові, водорості, відбувається інтенсивний приріст біомаси за відносно невеликого видового різноманіття. У середній зоні біофільтра у зв'язку зі зменшенням кількості поживних речовин зменшується чисельність гетеротрофів (грибів і бактерій, особливо нитчастих). За меншого приросту біомаси спостерігається більше різноманіття мікроорганізмів. Нижня зона біофільтра характеризується більшим видовим різноманіттям організмів за малої їх чисельності і невеликої кількості біомаси. Мають місце сезонні коливання видового складу біоплівки. Представники біоценозів біоплівки біофільтра пов'язані між собою харчовими відносинами. Нижчу ланку чи перший трофічний рівень у ланцюгу живлення становлять гетеротрофні бактерії, гриби, сайрозойні найпростіші; другий – голозойні найпростіші, які живляться бактеріями; третій – багатоклітинні організми [66]. Через шар біоплівки біофільтра здійснюється пульсуюча нестационарна фільтрація стічної води. На поверхні і в об'ємі біоплівки біофільтра паралельно перебігають такі процеси: вилучення речовин, які перебувають у нерозчиненому та розчиненому вигляді; біодеградація органічних забруднень; енергетичний і конструктивний метаболізм. Нормальний перебіг біохімічних процесів окиснення забезпечується за

рахунок дифузії кисню із газової фази (повітря) у рідку фазу, а потім у клітину. За товщиною шару біоплівки розрізняють зони сприятливого (верхній шар) і несприятливого (нижній шар) кисневого режимів, у яких переважно розвиваються відповідно аеробні та анаеробні мікроорганізми [67; 68].

Створення у біофільтрах сприятливих умов для існування біоценозів забезпечує УЗВ від токсичної дії нітритів, яким до недавнього часу як токсикантам для водних організмів не надавали великого значення. Однак встановлено, що вони дуже токсичні для риби і водних безхребетних [69; 70].

Накопичення нітритів здійснюється ендогенно як проміжний продукт у процесі нітрифікації. Біологічне окиснення амоніаку до нітритів здійснюється бактеріями роду *Nitrosomonas*. Подальше перетворення нітритів у нітрати здійснюють бактерії роду *Nitrobacter*. Енергія, що виникає внаслідок окиснення амоніаку і нітритів використовується бактеріями нітрогенного циклу на задоволення своїх потреб у вуглеці шляхом фіксації вуглекислоти. За нормальних умов перше перетворення (амоніаку в нітрити) – фаза, лімітуюча швидкість всього процесу; друге перетворення (нітритів в нітрати) відбувається досить швидко [70].

За концентрації вище 2 мг/л нітрити (NO_2^-) є токсичними для риби. Ознакою отруєння ними риби, що знаходиться у замкнутій системі, є хватання повітря (така клінічна картина характерна в основному для лососевих), незважаючи на достатню концентрацію кисню. За високих концентрацій нітрити через зябра потрапляють у кров, що перешкоджає поглинанню кисню [71–73].

Черкесова Д.У. (2009) [74] повідомляє, що нітрити для риби є в 10 разів токсичнішими ніж нітрати. Процес нітрифікації може пригнічуватися в присутності азотної кислоти (HNO_3) і неіонізованого амоніаку (NH_3), а якщо рН середовища підвищується, то концентрація неіонізованого амоніаку збільшується [75–77].

Неіонізований амоніак пригнічує бактерії роду *Nitrobacter* за концентрацій значно нижчих, ніж 10–150 мг/л, що пригнічують бактерії роду *Nitrosomonas*. Це уповільнює перетворення нітритів у нітрати, спричиняючи накопичення нітритів. Коли рН зменшується, амоній і нітрити окиснюються, відбувається збільшення концентрації азотної кислоти (HNO_3), яка пригнічує бактерії роду *Nitrobacter* і *Nitrosomonas* в діапазоні концентрацій 0,22–2,8 мг/л [78]. Пригнічення цього процесу може зумовлювати збільшення кількості нітритів [79; 80].

Нітрити негативно впливають на хімічні і гідробіологічні показники води, що, в кінцевому підсумку, позначається на гідробіонтах. Так, нітрит натрію, починаючи з концентрацій 0,25 мг/л, знижує вміст кисню у воді [81–84].

За взаємодії нітритів з низькомолекулярними амінами утворюються нітрозаміни, що мають високу токсичність, тератогенність і канцерогенність [85; 86].

Інтоксикація нітридами спричиняє гемічну і гістотоксичну гіпоксію, яка супроводжується ланцюгом важких порушень метаболізму, з наступними деструктивними процесами на рівні ферментативних систем, гуморальних факторів регуляції і клітинних мембран [87]. Часто повторювана і тривала інтоксикація організму навіть невеликими дозами токсикантів супроводжується стресами [88; 89].

Токсичність нітритів обумовлена метгемоглобіноутворювальною дією. Відомо, що метгемоглобінемія є одним із механізмів токсичності розчинених у воді нітритів для риб [90]. У крові риб кисень переноситься дихальним пігментом – гемоглобіном. Залізо в гемоглобіні двовалентне: Fe (II). Гемоглобін неміцно з'єднується з киснем, утворюючи сполуку, яка легко руйнується, – оксигемоглобін, в якому залізо знаходиться все ще в двохвалентній формі. Перенесення кисню кров'ю залежить від легкості, з якою гемоглобін з'єднується з киснем і з якою оксигемоглобін віддає кисень. Якщо залізо в гемоглобіні окиснюється до трьохвалентної форми Fe (III), то утворюється метгемоглобін. Останній не здатний з'єднуватися з киснем, і його досить високі концентрації можуть викликати гіпоксію і смерть [91–94].

Чим вище концентрація нітритів, тим більше утворюється метгемоглобіну. Присутність високих концентрацій метгемоглобіну стає візуально очевидним, оскільки кров стає коричневою. Відомо, що навіть незначні концентрації нітритів, проникаючи через зябровий апарат, спричиняють метгемоглобінемію і функціональну анемію. Є припущення, що еритроцити райдужної форелі мають здатність до детоксикації нітритів шляхом окиснення їх до нітратів. Процес цей залежить від окисного навантаження гемоглобіну і вмісту нітритів у середовищі [95].

Вміст метгемоглобіну в крові риб залежить не тільки від концентрації нітритів у воді, але й від тривалості їх контакту з рибою. Чим більше за часом риби знаходяться у воді, яка містить нітрити, тим вищий у них рівень метгемоглобіну в крові. Утворення

метгемоглобіну спостерігається через годину після впливу нітритів в концентрації 30 мг/л. За такої концентрації нітритів риби можуть почати гинути протягом трьох годин. Рівень метгемоглобіну за цього збільшується до 80 % [96].

Ряд вчених [97–99] відзначали за нітритних інтоксикацій у риб м'язові судоми, розлад рівноваги, гіперемію зябер, печінки, головного мозку, вакуолізацію цитоплазми, ниркового епітелію, лізис ядер, волокнистість і зернистість речовини мозку, дегенеративні зміни в нервових клітинах.

Токсичність нітритів для риб більшою мірою залежить від хімічного складу води. У разі підвищення концентрації одновалентних йонів вміст метгемоглобіну в крові риб зменшується. Зменшення рівня метгемоглобіну у риб більш інтенсивно відбувається під дією йонів K^+ , ніж йонів Na^+ і Ca^{2+} . Одновалентні іони конкурують з нітратами та інгібують проникнення нітритів в організм риб через зябровий апарат [101].

Для оцінювання якості води в УЗВ окремі вчені рекомендують використовувати стан зябрового епітелію. Показано, що в зябрах риб зустрічаються відхилення у вигляді гіперплазії і адгезії філаментів і ламел, набрякlostі респіраторних ламел, зрощення ламел і філаментів [102; 103].

Для профілактики нітритного отруєння потрібно підтримувати гідрохімічні параметри водного середовища в оптимальних межах [104–107].

Мають місце сезонні коливання видового складу біоплівки. Представники біоценозів біоплівки біофільтра пов'язані між собою харчовими відносинами. Нижчу ланку чи перший трофічний рівень у ланцюгу живлення становлять гетеротрофні бактерії, гриби, сайрозойні найпростіші; другий – голозойні найпростіші, які живляться бактеріями; третій – багатоклітинні організми [108]. Через шар біоплівки біофільтра здійснюється пульсуюча нестационарна фільтрація стічної води. На поверхні і в об'ємі біоплівки біофільтра паралельно перебігають такі процеси: вилучення речовин, які перебувають у нерозчиненому та розчиненому вигляді; біодеградація органічних забруднень; енергетичний і конструктивний метаболізм. Нормальний перебіг біохімічних процесів окиснення забезпечується за рахунок дифузії кисню із газової фази (повітря) у рідку фазу, а потім у клітину. За товщиною шару біоплівки розрізняють зони сприятливого (верхній шар) і несприятливого (нижній шар) кисневого режимів, у яких переважно розвиваються відповідно аеробні та анаеробні мікроорганізми [4; 8].

Особливості перебігу зазначених процесів важливо враховувати під час вирощування райдужної форелі в установках замкнутого водопостачання. Існує низка невирішених проблем у цій галузі, пов'язаних з успішним запуском і подальшим функціонуванням УЗВ. У науковій літературі достатньою мірою представлено ветеринарно-санітарні заходи, вимоги гігієни та санітарії, яких слід дотримуватися у форелівництві. Водночас недостатньо вивчено вплив різних типів наповнювачів реактора біофільтра на процес формування нітрифікуючої і денітрифікуючої мікрофлори під час запуску УЗВ, особливості процесу формування мікробних біоплівки на різних типах наповнювачів реактора, не деталізовано особливостей санітарії і гігієни за використання мікробіологічних стартерів наповнювача реактора біофільтра для швидкого формування нітрифікуючого мікробіоценозу, відсутня токсикологічна оцінка мікробіологічного стартера наповнювача біофільтрата ін.

Метою роботи було дослідження впливу різних типів наповнювачів реактора біофільтра на процес формування нітрифікуючої мікрофлори в установках замкнутого водопостачання за вирощування райдужної форелі.

1. Характеристика різних видів наповнювача біофільтра та динаміка кількості нітрифікуючих мікроорганізмів у воді реактора біофільтра за їх використання

Дослідження проводили в умовах індустріальних акваферм з вирощування райдужної форелі. Підприємство працює за використання системи замкнутого водопостачання. Для порівняльних досліджень було використано кілька видів наповнювачів біофільтра, які широко використовують у сучасних індустріальних форелевих господарствах (рис. 1). Їхні характеристики наведено у таблиці 1.

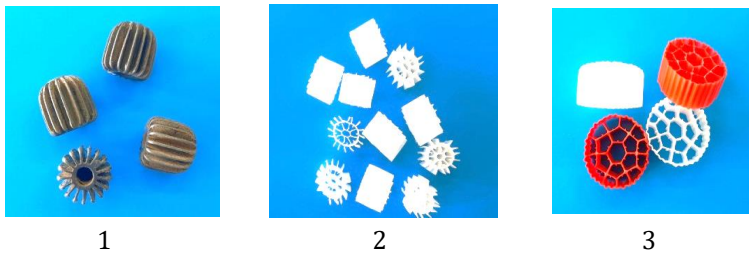


Рис. 1. Біозавантаження реактора біофільтра із поліпропілену: 1 – AQ-15 (Данія); 2 – Kar-sib (Україна), 3 – Aquamag (Україна)

Таблиця 1

Характеристика різних видів наповнювача біофільтра

Характеристика	Матеріал, з якого виготовлено наповнювач	Корисна (робоча поверхня), м²/м³	Діаметр, мм	Вага, кг/м³
статичний керамзит	глина	400	2,0/4,0	350
RK PLAST	пропілен	635	15/15	175
AQ-25	поліпропілен високої щільності HDPE	226	25/25	71
KALDNER K1П	поліпропілен високої щільності	450	16/10	60
AQ-15	поліпропілен високої щільності	480	15/15	74
Kar-sib	пропілен	635	15/15	60
Aguamag	поліпропілен	600	25/12	70

Воду для досліджень на вміст мікрофлори відбирали безпосередньо із біофільтра, де наповнювач вільно плаває. Визначали вміст нітрифікуючих мікроорганізмів відповідно до методики, описаної Spieck et al. [16].

Визначення кількості нітрифікуючих мікроорганізмів у воді реактора біофільтра проводили через 5, 15 та 25 діб використання наповнювача у трьохкратній повторності.

Динаміка чисельності нітрифікуючих мікроорганізмів у воді реактора біофільтра з поліпропіленовими елементами як наповнювачем свідчить, що найбільш інтенсивно мікроорганізми заселяють наповнювач у перші п'ять днів після введення біофільтра в експлуатацію. На рисунку 2 представлено результати досліджень кількості нітрифікуючих мікроорганізмів у воді реактора біофільтра за використання наповнювача AQ-15 данського виробництва. Період росту нітрифікуючих мікроорганізмів на поліпропілені AQ-15, який тривав перші п'ять діб досліду, характеризувався досить високою кількістю нітрифікаторів у воді реактора біофільтра – 3,2 lg КУО/см³. Наступний період інтенсивного розмноження бактерій- нітрифікаторів – з 15 по 25 добу, коли їх

кількість у воді порівняно з періодом формування біоплівки (перші 15 діб) різко зросла і знаходилась у межах 5,8–8,5 \log КУО/см³. В останні п'ять діб досліджу кількість нітрифікуючих мікроорганізмів у воді біофільтра зростала поступово, що свідчило про завершення колонізації наповнювача AQ-15 нітрифікаторами.

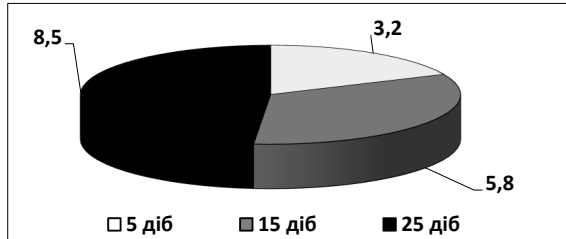


Рис. 2. Динаміка кількості нітрифікуючих мікроорганізмів у воді реактора біофільтра за використання наповнювача AQ-15 (\log КУО/см³)

У випадку використання наповнювача Kar-sib також відбувались динамічні зміни кількості мікроорганізмів у воді реактора біофільтра (рис. 3). На 5-у добу після запуску реактора кількість мікробів у воді становила 3,1 \lg КУО/см³, на 15-у – 4,7 \lg КУО/см³. Максимально кількість мікрорганізмів зростала у період з 15 по 25 добу і наприкінці досліджу становила 8,4 \lg КУО/см³. Кількісне збільшення мікроорганізмів у воді реактора при запуску біофільтра за використанням наповнювача Kar-sib вказує на завершення колонізації біофільтра нітрифікуючими мікроорганізмами.

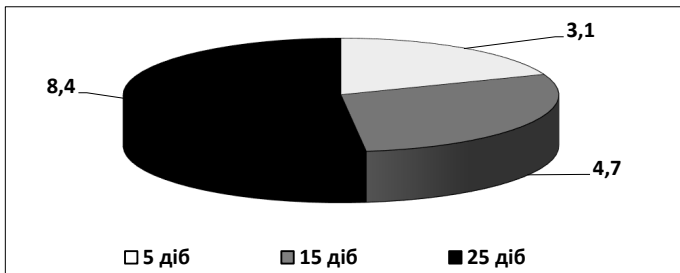


Рис. 3. Динаміка кількості нітрифікуючих мікроорганізмів у воді реактора біофільтра за використання наповнювача Kar-sib (\lg КУО/см³)

Аналізуючи роботу реактора біофільтра за використання поліпропіленового наповнювача Aquamag, відмічено, що як і за використання наповнювачів AQ-15 та Kar-sib, мікроорганізми-нітрифікатори розмножувалися у воді біофільтра досить динамічно (рис. 4). Однак темп наростання кількості нітрифікаторів у воді біофільтра у різні періоди досліду був повільнішим, ніж у випадку з двома попередніми наповнювачами. Максимальна кількість бактерій нітрифікації, яку вдалося зафіксувати у воді на 25-у добу використання наповнювача Aquamag, становила в середньому 8,1 lg КУО/см³.

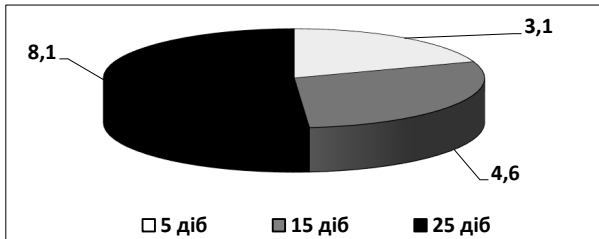


Рис. 4. Динаміка кількості нітрифікуючих мікроорганізмів у воді реактора біофільтра за використання наповнювача Aquamag (lg КУО/см³)

Моніторинг середньої кількості нітрифікуючих мікроорганізмів за використання різних наповнювачів біофільтра впродовж 25 днів показав, що найшвидше вони колонізували біофільтр, у якому наповнювачем був Kar-sib, дещо повільніше – з наповнювачами AQ-15 і Aquamag (рис. 5). Динаміка заселення мікроорганізмами останніх двох наповнювачів була на однаковому рівні.

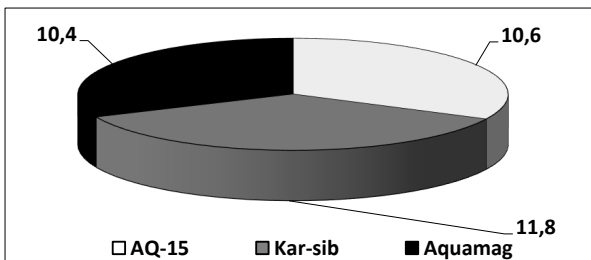


Рис. 5 Зміни кількості нітрифікуючих мікроорганізмів у воді реактора біофільтра за використання наповнювачів AQ-15, Kar-sib, Aquamag (lg КУО/см³)

Моніторинг вмісту бактерій нітрифікації у воді реактора біофільтра установки замкнутого водопостачання для вирощування райдужної форелі впродовж основного періоду запуску (25 діб), показав, що за використання різних наповнювачів процеси колонізації біофільтра мікроорганізмами-нітрифікаторами можуть перебігати з різною інтенсивністю. Найінтенсивніше колонізація біофільтра відбувалась за використання наповнювача Kar-sib, дещо повільніше – за використання наповнювачів AQ-15 та Aquatag, однак виявлені відмінності незначні.

У досліді 2 було використано чотири види наповнювачів біофільтра характеристика яких представлена у таблиці 1.

На рисунку 6 зображення наповнювачів біофільтра, що використовуються в промислових рибних (в т. ч. форелевих) господарствах. 1 – статичний керамзит; 2 – RK PLAST, який виготовлено із пропілену, корисна робоча поверхня становить $635 \text{ м}^2/\text{м}^3$, діаметр 15/15, вага $175 \text{ кг}/\text{м}^3$; 3 – AQ-25 – поліпропілен високої щільності HDPE, корисна робоча поверхня – $226 \text{ м}^2/\text{м}^3$, діаметр 25/25, вага $71 \text{ кг}/\text{м}^3$; 4 – KALDNER K1П – поліпропілен високої щільності корисна робоча поверхня – $450 \text{ м}^2/\text{м}^3$, діаметр 16/10, $60 \text{ кг}/\text{м}^3$. Матеріалом для дослідження служила вода УЗВ, яку відбирали безпосередньо з біофільтра.

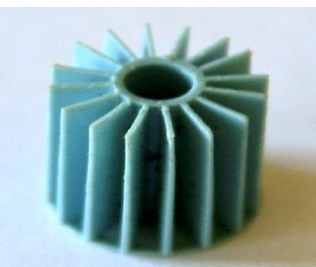
Результати досліджень кількості нітрифікуючих мікроорганізмів у воді реактора біофільтра, в якому наповнювачем є керамзит, показали, що найбільш інтенсивно мікроорганізми заселяють досліджуваний наповнювач у перші п'ять днів після введення біофільтра в експлуатацію (рис. 7).

У зазначений період кількість нітрифікуючих бактерій становила в середньому $2,85 \log \text{ КУО}/\text{см}^3$ води. У наступні п'ятнадцять діб кількість нітрифікуючих мікроорганізмів у воді продовжувала зростати і на 20-й день експлуатації зросла у 105 разів ($p < 0,05$), порівняно із початком досліду, та становила $4,87 \log \text{ КУО}/\text{см}^3$.

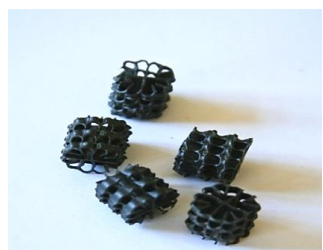
Впродовж 21–25 дня досліду кількість досліджуваних мікроорганізмів у воді біофільтра зросла у 69 разів ($p < 0,05$) порівняно з 20-м днем дослідження і досягла найвищого показника на 30–35 день досліду – $7,61$ і $7,65 \log \text{ КУО}/\text{см}^3$ води відповідно. Саме цей факт може свідчити про повне заселення керамзиту нітрифікуючими мікроорганізмами і запуском біофільтра.



а – статичний керамзит



б – RK PLAST



в – AQ-25



г – KALDNER K1П

Рис. 6 (а, б, в, г). Зовнішній вигляд наповнювачів біофільтра, які використані в досліді

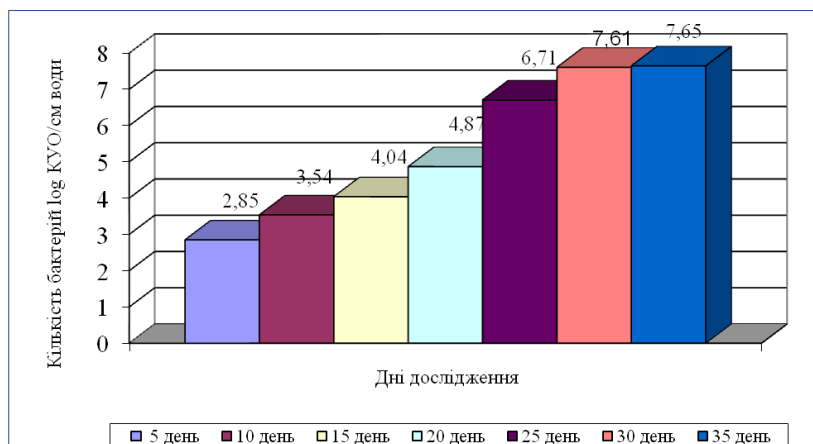


Рис. 7. Кількісні зміни нітрифікуючих мікроорганізмів у воді реактора біофільтра з керамзитовим наповнювачем за введення його в експлуатацію

Результати досліджень кількості нітрифікуючих мікроорганізмів у воді реактора біофільтра, в якому наповнювачем є RK PLAST, показали, що динаміка заселення наповнювача була такою самою, як і в разі заселення мікроорганізмами керамзиту (рис. 8). Період адаптації нітрифікуючих мікроорганізмів до наповнювача RK PLAST, який припадає на перші п'ять днів досліді, не відрізнявся від періоду адаптації до керамзиту, на що вказує майже однакова кількість нітрифікаторів у воді реактора біофільтра – 2,9 log КУО/см³. У наступні три періоди досліді кількість нітрифікаторів у воді біофільтра поступово зростала – відповідно у 10 і 36 разів ($p < 0,05$) – та на 20-й день досліді становила 5,28 log КУО/см³ води. Особливої уваги заслуговує період 21–25-й день, у який кількість нітрифікаторів у воді різко зросла у 310 разів порівняно з попереднім періодом і становила 7,77 log КУО/см³ води. В останні п'ять днів досліді кількість нітрифікуючих мікроорганізмів у воді біофільтра зростала не суттєво – в 1,8 раза ($p < 0,05$) порівняно з 25 днем, що свідчить про завершення колонізації наповнювача RK PLAST нітрифікаторами.

Аналогічно біофільтру з наповнювачем RK PLAST змінювалася кількість нітрифікуючих мікроорганізмів у воді реактора біофільтра, в якому наповнювачем є AQ-25 (рис. 9). При цьому максимальна кількість нітрифікаторів була у останні три періоди досліді і становила на 25-й день – 7,61, на 30-й день – 7,84 і на 35-й день – 7,86 log КУО/см³. Це вказує на завершення колонізації наповнювача біофільтра нітрифікуючими мікроорганізмами.

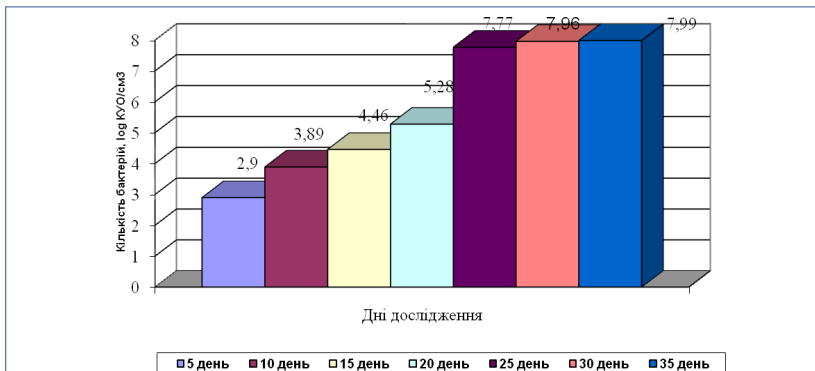


Рис. 8. Кількісні зміни нітрифікуючих мікроорганізмів у воді реактора біофільтра з наповнювачем RK PLAST, за введення його в експлуатацію

Подібно до двох попередніх пропіленових наповнювачів RK PLASTy і AQ-25, нітрифікатори розмножувалися і у воді біофільтра з наповнювачем KALDNER K1П (рис. 10). Особливістю цього наповнювача є те, що до 21 дня досліджу наростання кількості нітрифікаторів у воді біофільтра відбувалося повільніше порівняно з іншими досліджуваними поліпропіленовими наповнювачами і на 20-й день їх кількість становила лише 5,04 log КУО/см³.

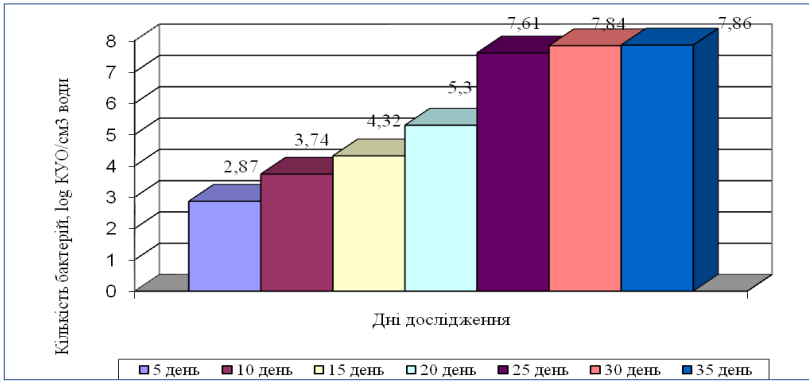


Рис. 9. Кількісні зміни нітрифікуючих мікроорганізмів у воді реактора біофільтра з наповнювачем AQ-25, за введення його в експлуатацію

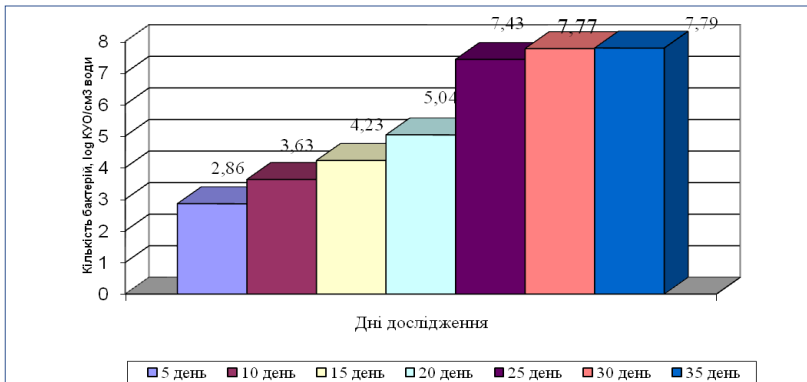


Рис. 10. Кількісні зміни нітрифікуючих мікроорганізмів у воді реактора біофільтра з наповнювачем KALDNER K1П, за введення його в експлуатацію

Аналіз середньої кількості нітрифікуючих мікроорганізмів у воді реактора біофільтра з різними видами наповнювача за тривалості досліду 35 днів (рис. 10) показав, що нітрифікатори найшвидше колонізували біофільтр у якому наповнювачем був RK PLAST, дещо повільніше – з наповнювачами AQ-25 і KALDNER K1П і найповільніше – де наповнювачем був керамзит. При цьому кількість нітрифікуючих мікроорганізмів у воді реактора біофільтра з наповнювачем RK PLAST була в 2,2 раза ($p < 0,05$) більшою порівняно з керамзитовим наповнювачем та в 1,2 раза ($p < 0,05$) і 1,7 раза відповідно за використання наповнювачів AQ-25 і KALDNER K1П.

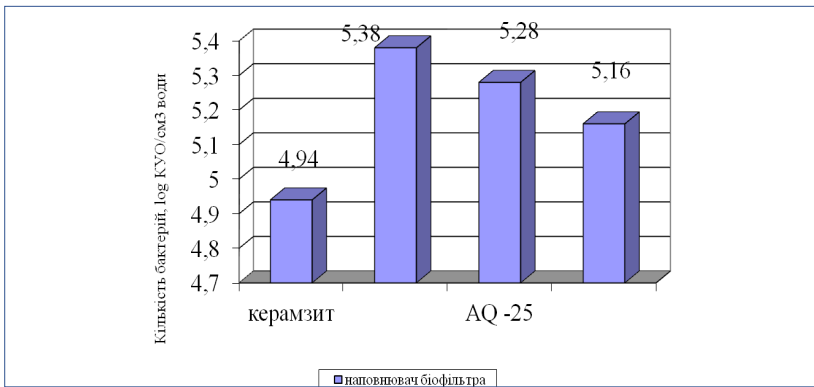


Рис. 11. Середня кількість нітрифікуючих мікроорганізмів у воді реактора біофільтра з різними видами наповнювача за тривалості досліду 30 днів

Отже, встановлено, що кількість нітрифікуючих мікроорганізмів у воді реактора біофільтра виявилася найвищою за використання пропіленових наповнювачів порівняно із керамзитовим наповнювачем за введення його в технологічний процес і тривалості досліду 30 днів. Мікроорганізми-нітрифікатори найшвидше колонізують біофільтр з наповнювачем RK PLAST, дещо повільніше – з наповнювачами AQ-25 і KALDNER K1П і найповільніше – з керамзитовим наповнювачем.

Другу групу мікроорганізмів, які беруть участь у процесах нітрогенного циклу, становлять денітрифікуючі бактерії, які відновлюють нітрати до молекулярного азоту. Динаміку кількості денітрифікуючих мікроорганізмів у воді реактора біофільтра з керамзитовим наповнювачем представлено на рисунку 12.

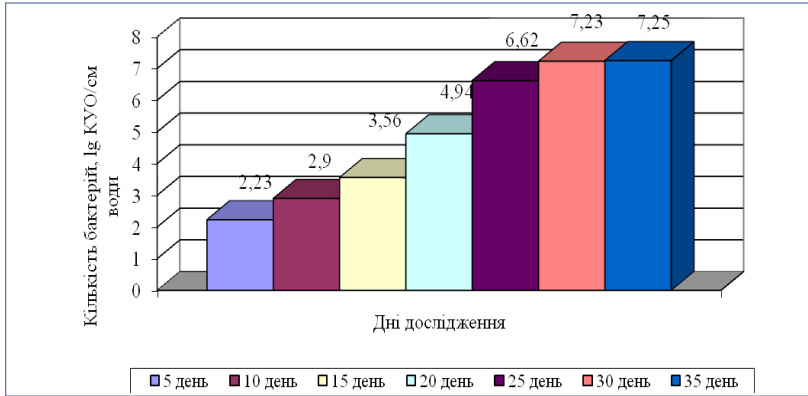


Рис. 12. Кількісні зміни денітрифікуючих мікроорганізмів у воді реактора біофільтра з керамзитовим наповнювачем за введення його в експлуатацію

Як видно з рисунку 12 в процесі експлуатації УЗВ денітрифікуючі мікроорганізми поступово заселяють наповнювач біофільтра. Темпи їх розмноження практично збігались з розвитком нітрифікуючих бактерій. На двадцятий день дослідження кількість денітрифікуючих бактерій становила 4,94 log КУО/см³, а нітрифікаторів – 4,87 log КУО/см³. Упродовж наступних десяти днів кількість денітрифікаторів, як і нітрифікаторів зросла на два порядки і кількість перших становила 7,23 log КУО/см³. Процес колонізації денітрифікуючими мікроорганізмами керамзитового наповнювача завершився приблизно на 30-у добу, оскільки на 35-у добу їх кількість практично не збільшилася порівняно з 30 добою дослідження.

За використання поліпропіленових наповнювачів RK PLAST і AQ-25 (рис. 13 і 14) динаміка колонізації денітрифікуючими мікроорганізмами відбувалася швидше порівняно з керамзитовим наповнювачем.

Так, на двадцятий день дослідження кількість денітрифікуючих бактерій за використання наповнювачів RK PLAST і AQ-25 була в 2,4 і 1,4 рази більшою ($p < 0,05$), ніж за керамзитового наповнювача. На тридцятий день дослідження води з реактора біофільтра, у яких як наповнювачі використовували RK PLAST і AQ-25, кількість денітрифікуючих мікроорганізмів становила 7,74 і

7,59 log КУО/см³, тобто в 3,2 і 2,3 раза більша ($p < 0,05$), порівняно з водою з керамзитовим наповнювачем.

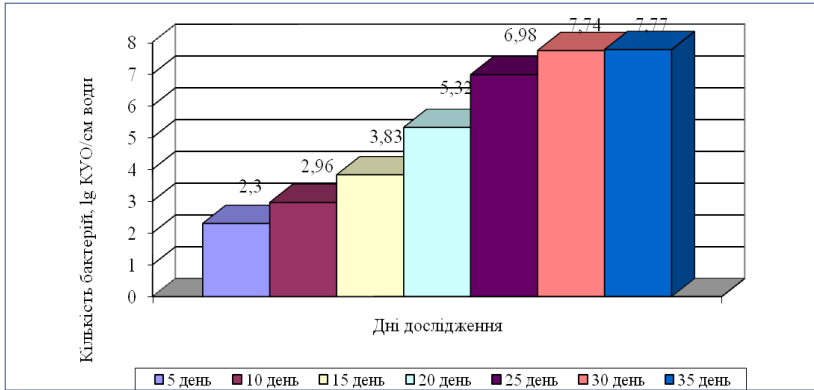


Рис. 13. Кількісні зміни денітрифікуючих мікроорганізмів у воді реактора біофільтра з поліпропіленовим наповнювачем RK PLAST, за введення його в експлуатацію

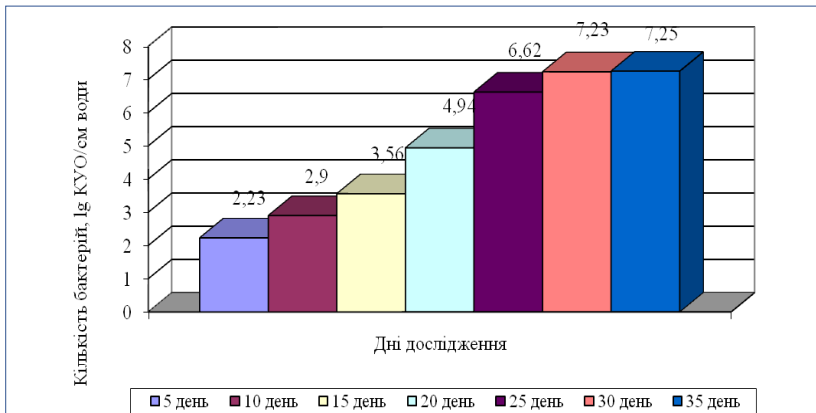


Рис. 15. Кількісні зміни денітрифікуючих мікроорганізмів у воді реактора біофільтра з поліпропіленовим наповнювачем KALDNER K1P за введення його в експлуатацію

З'ясовано, що, як і за використання керамзитового наповнювача, процес заселення денітрифікаторами поліпропіленових наповнювачів практично завершився на 30-у добу від початку запуску УЗВ.

На рисунку 15 представлено динаміку колонізації денітрифікуючими бактеріями поліпропіленового наповнювача KALDNER K1П.

З рисунка 15 видно, що розвиток денітрифікуючих бактерій відбувався аналогічно процесу за використання керамзитового наповнювача. Різниця між кількістю денітрифікуючих мікроорганізмів у воді реактора за використання наповнювачів KALDNER K1П та керамзитового наповнювача не була статистично значущою ($p > 0,05$).

Висновки

Отже, у науковій літературі достатньою мірою представлено ветеринарно-санітарні заходи, вимоги гігієни та санітарії, яких слід дотримуватися у форелівництві. Таким чином, у результаті проведених досліджень встановили, що кількість денітрифікуючих мікроорганізмів у воді реактора біофільтра була вищою за використання пропіленових наповнювачів порівняно із керамзитовим наповнювачем за введення його в технологічний процес і тривалості досліду 35 діб. Мікроорганізми-денітрифікатори найшвидше іммобілізують біофільтр з наповнювачем RK PLAST, дещо повільніше – з наповнювачами AQ-25 і KALDNER K1П і найповільніше – з керамзитовим наповнювачем. На тридцяті добу досліду кількість денітрифікаторів у воді реактора біофільтра становила за використання наповнювача керамзиту – $7,23 \log \text{ KYO}/\text{cm}^3$, RK PLAST – $7,74 \log \text{ KYO}/\text{cm}^3$, AQ-25 – $7,59 \log \text{ KYO}/\text{cm}^3$ і KALDNER K1П – $7,32 \log \text{ KYO}/\text{cm}^3$.

Досліджені пропіленові наповнювачі біофільтра AQ-15, Aquamag та Kar-sib практично рівноцінні за спроможністю колонізувати нітрифікуючу мікрофлору. Загалом кількість бактерій нітрифікації у воді реактора біофільтра з різними пропіленовими наповнювачами на 25-у добу використання становила $8,1\text{--}8,5 \log \text{ KYO}/\text{cm}^3$. Отримані результати доводять, що наповнювачі біофільтра вітчизняного виробництва не поступаються за своїми виробничими характеристиками зарубіжним аналогам, можуть успішно використовуватись в установках замкнутого водопостачання і бути взаємозамінними. Науковий і практичний інтерес становить також вивчення інтенсивності колонізації біофільтра денітрифікуючою мікрофлорою за використання різних видів наповнювачів.

Список використаних джерел:

1. Andreani N.A., Martino M.E, Fasolato L et al. (2014), «Tracking the blue: a MLST approach to characterise the *Pseudomonas fluorescens* group», *Food Microbiology*, Vol. 39, pp. 116–126.

2. Drennan D.G., Hosler K.C., Francis M., Weaver D., Aneshansley E., Beckman G., Johnson C.H. and Cristina, C.M. (2005), «*Standardized evaluation and rating of biofilters. Manufacturer's and user's perspective*», *Aquacultural Engineering*, Vol. 34, pp. 403–416.

3. Eding E.H., Kamstra A., Verreth J.A.J., Huisman E.A. and Klapwijk, A. (2006), «*Design and operation of nitrifying trickling filters in recirculating aquaculture: A review*», *Aquacultural Engineering*, Vol. 34, pp. 234–260.

4. Gutierrez-Wing M.T. and Malone, R.F. (2006), «*Biological filters in aquaculture: trends and research directions for freshwater and marine applications*», *Aquacultural Engineering*, No. 34, pp. 163–171.

5. Timmons M.B., Holder J.L. and Ebeling, J.M. (2006), «*Application of microbead biological filters*», *Aquacultural Engineering*, No. 34, pp. 332–343.

6. Використання різних типів наповнювача біофільтра для забезпечення санітарно-гігієнічних умов відтворення та вирощування райдужної форелі в системі замкнутого водопостачання : методичні рекомендації / Н. Є. Гриневич, Т. М. Димань, М. Д. Кухтин. Біла Церква, 2018. 14 с.

7. Schreier H.J., Mirzoyan N. and Saito, K. (2010), «*Microbial diversity of biological filters in recirculating aquaculture systems*», *Current Opinion in Biotechnology*, Vol. 21, pp. 318–325.

8. Summerfelt S.T. (2006), «*Design and management of conventional fluidized-sand biofilters*», *Aquacultural Engineering*, Vol. 34, pp. 275–302.

9. Michaud L. (2007), *Microbial communities of recirculating aquaculture facilities: interaction between heterotrophic and autotrophic bacteria and the system itself – PhD Dissertation in «Scienze Ambientali: Ambiente Marino e Risorse», (XVIII CICLO), University of Messina.*

10. Franco-Nava M.A., Blancheton J.P., Deviller G. and Le-Gall, J.Y. (2004), «*Particulate matter dynamics and transformations in a recirculating aquaculture system: application of stable isotope tracers in seabass rearing*», *Aquacultural Engineering*, Vol. 31, pp. 135–155.

11. Alexander J., Benford D. and Cookburn, A. (2009), «*Nitrite as undesirable substances in animal feed*», *The EFSA Journal*, Vol. 1017, pp. 1–47.

12. Borges M.T., Sousa A., De Marco P., Matos A., Honigova P. and Castro, P.M. (2008), «*Aerobic and anoxic growth and nitrate removal capacity of a marine denitrifying bacterium isolated from a recirculation aquaculture system*», *Microbial Ecology*, Vol. 55, pp. 107–118.

13. E. Zusková, J. Máčková, J. Velíšek, A. Stará, Z. Svobodová and H. Kocour Kroupová. (2013), «*Recovery of rainbow trout (Oncorhynchus*

mykiss) after subchronic nitrite exposure», *Acta Veterinaria Brno*, Vol. 82, pp. 73–79.

14. Itoi S., Niki A. and Sugita, H. (2006), «Changes in microbial communities associated with the conditioning of filter material in recirculating aquaculture systems of the pufferfish takifugu rubripes», *Aquaculture*, Vol. 256, pp. 287–295.

15. Bai A.J., and Rai, V.R. (2011), «Bacterial quorum sensing and food industry», *Comprehensive Reviews in Food Science and Food*, Vol. 10, pp. 183–193.

16. Sharrer M.J., Summerfelt S.T., Bullock G.L., Gleason L.E. and Taeuber, J. (2005), «Inactivation of bacteria using ultraviolet irradiation in a recirculating salmonid culture system», *Aquaculture Engineering*, Vol. 33, pp. 135–149.

17. Boguslawska E. «Koegzystencja mikroorganizmow w biofilmie jako podstawa funkcjonalnosci zloza biologicznego», *SPRL*, Gdynia, s. 57–66.

18. Characklis W.G. and Marshall K.C. (1990), «Biofilms: a basis for an interdisciplinary approach». In: *Biofilms* (Ed.), W.G. Characklis and K.C. Marshall, K.C. Wiley, New York, pp. 3–15.

19. Flemming H.C. and Wingender, J. (2010), «The biofilm matrix», *Nature Reviews Microbiology*, Vol. 8, pp. 623–633.

20. Harold J., Schreier N. and Keiko, S. (2010), «Microbial diversity of biological filters in recirculating aquaculture systems», *Current Opinion in Biotechnology*, Vol. 21, pp. 1–8.

21. Shrout J.D. and Nerenberg, R. (2012), «Monitoring Bacterial Twitter: Does Quorum Sensing Determine the Behavior of Water and Wastewater Treatment Biofilms?», *Environmental Science and Technology*, Vol. 46, pp. 1995–2005.

22. Fechner L.C., Vincent-Hubert F., Gaubert P., Bouchez T., Gourlay-Francé C. and Tusseau-Vuillemin, M. (2010), «Combined eukaryotic and bacterial community fingerprinting of natural freshwater biofilms using automated ribosomal intergenic spacer analysis», *FEMS Microbiology Ecology*, Vol. 74, pp. 542–553.

23. Lewandowski Z. and Beyenal, H. (2007), *Fundamentals of Biofilm Research*. CRC Press Inc. Lewis Publishers. Boca Raton.

24. O'Toole G., Kaplan H.B. and Kolter, R. (2005), «Biofilm formation as microbial development», *Annual Review of Microbiology*, Vol. 54, pp. 49–79.

25. Hu J., Li D., Liu Q., Tao Y., He X., Wang X., Li X. and Gao, P. (2009), «Effect of organic carbon on nitrification efficiency and community composition of nitrifying biofilms», *Journal of Environmental Sciences*, Vol. 21, pp. 387–394.

26. Leonard N., Blancheton J.P. and Guiraud, J.P. (2000), «Populations of heterotrophic bacteria in an experimental recirculating aquaculture system», *Aquacultural Engineering*, Vol. 22, pp. 109–120.

27. Leonard N., Guiraud J.P., Gasset E., Cailleres J.P. and Blancheton, J.P. (2002), «Bacteria and nutrients – Nitrogen and carbon – In a recirculating system for sea bass production», *Aquacultural Engineering*, Vol. 26, pp. 111–127.

28. Lequette Y., Boels G., Clarisse M. and Faille, C. (2010), «Using enzymes to remove biofilms of bacterial isolates sampled in the food-industry», *Biofouling. The Journal of Bioadhesion and Biofilm Research*, Vol. 26 No. 4, pp. 421–431.

29. Summerfelt S.T. and Vinci, B.J. (2004), «Avoiding water quality failures: Part 1 – Carrying capacity and water flow in intensive aquaculture systems», *World Aquaculture*, Vol. 6–8, P. 70.

30. Sutherland I.W. (2001), «The biofilm matrix-an immobilized but dynamic microbial environment», *Trends in Microbiology*, Vol. 9, pp. 222–227.

31. Sugita H., Nakamura H. and Shimada, T. (2005), «Microbial communities associated with filter materials in recirculating aquaculture systems of freshwater fish», *Aquaculture*, Vol. 243, No. 1–4, pp. 403–409.

32. Interdonato F. (2012), Recirculating aquaculture system (RAS) biofilters: focusing on bacterial communities complexity and activity. Doctoral thesis. Italy, Università degli studi di messina, available at: <http://archimer.ifremer.fr/doc/00074/18516/16060.pdf>

33. Itoi S., Ebihara N., Washio S. and Sugita, H. (2007), «Nitrite-oxidizing bacteria, Nitrospira, distribution in the outer layer of the biofilm from filter materials of a recirculating water system for the goldfish *Carassius auratus*», *Aquaculture*, Vol. 264, pp. 297–308.

34. Kimberly K.J. (2004), «What drives bacteria to produce a biofilm?», *FEMS Microbiology letters*, Vol. 236, pp. 163–173.

35. Hall-Stoodley L., Costerton J.W. and Stoodley, P. (2004), «Bacterial biofilms: from the natural environment to infectious diseases», *Nature Reviews Microbiology*, Vol. 2, pp. 95–108.

36. Kukhtyn M., Berhilevych O., Kravcheniuk K. et al. (2017), «The influence of disinfectants on microbial biofilms of dairy equipment», *Eureka: Life sciences*, No. 5, pp. 11–17

37. Kukhtyn M., Berhilevych O., Kravcheniuk K., Shynkaruk O., Horyuk Y. and Semaniuk, N. (2017), «Formation of biofilms on dairy equipment and the influence of disinfectants on them», *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 5 No. 11(89), pp. 26–33.

38. Xavier J.B., Picioreanu C. and Van Loosdrecht, M.C.M. (2004), «*Dynamic multidimensional modeling of structure and activity in multispecies multisubstrate biofilm systems – a particle based approach – presented at BIOCOMPLEXITY VI: Complex Behavior in Unicellular Organisms*». Bloomington, Indiana (USA).

39. Lahav O., Bar Massada I., Yackoubov D., Zelikson R., Mozes N., Tal Y. and Tarre, S. (2009), «Quantification of anammox activity in a denitrification reactor for a recirculating aquaculture system», *Aquaculture*, Vol. 288, pp. 76–82.

40. Leonard N., Guiraud J.P., Gasset E., Cailleres J.P. and Blancheton, J.P. (2002), «Bacteria and nutrients – Nitrogen and carbon – In a recirculating system for sea bass production», *Aquacultural Engineering*, Vol. 26, pp. 111–127.

41. Leonard N., Blancheton J.P. and Guiraud, J.P. (2000), «Populations of heterotrophic bacteria in an experimental recirculating aquaculture system», *Aquacultural Engineering*, Vol. 22, pp. 109–120.

42. Michaud L., Lo Giudice A., Troussellier M., Smedile F., Bruni V. and Blancheton, J.P. (2009), «Phylogenetic characterization of the heterotrophic bacterial communities inhabiting a marine recirculating aquaculture system», *Journal of Applied Microbiology*, Vol. 107, pp. 1935–1946.

43. Sharrer M.J., Summerfelt S.T., Bullock G.L., Gleason L.E. and Taeuber, J. (2005), «Inactivation of bacteria using ultraviolet irradiation in a recirculating salmonid culture system», *Aquaculture Engineering*, Vol. 33, pp. 135–149.

44. Lequette Y., Boels G., Clarisse M. and Faille, C. (2010), «Using enzymes to remove biofilms of bacterial isolates sampled in the food-industry», *Biofouling. The Journal of Bioadhesion and Biofilm Research*, Vol. 26 No. 4, pp. 421–431.

45. Zorriehzahra, M.J., Soltani M., Sharifpour I., Saiedi A. and Mehrabi, M. (2005), Preliminary study of infectious agents (Viral and Bacterial) of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) Fry Mortality Syndrome. *Final research report; Iranian Fisheries Research Organization*. Vol. 84 No. 470, P. 290. (In Persian).

46. Zorriehzahra, M.J., Soltani M., Sharifpour I., Saiedi A. and Mehrabi, M. (2005), Preliminary study of infectious agents (Viral and Bacterial) of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) Fry Mortality Syndrome. *Final research report; Iranian Fisheries Research Organization*. Vol. 84 No. 470, P. 290. (In Persian).

47. Characklis W.G. (1981), «Fouling biofilm development: a process analysis», *Biotechnology and Bioengineering*, Vol. 23, pp. 1923–1960.

48. Costerton J.W. (1999), «Introduction to biofilm», *International Journal of Antimicrobial Agents*, Vol. 11, pp. 217–221.

49. Michaud L. (2007), Microbial communities of recirculating aquaculture facilities: interaction between heterotrophic and autotrophic bacteria and the system itself – PhD Dissertation in «*Scienze Ambientali: Ambiente Marino e Risorse*», (XVIII CICLO), University of Messina.

50. Watnik P. and Kolter, R. (2000), «Biofilm, city of microbes», *Journal of Bacteriology*, Vol. 182, pp. 2675–2679.

51. Costerton J.W., Veeh R. and Shirtliff, M. (2003), «The application of biofilm science to the study and control of chronic bacterial infections», *Journal of Clinical Investigation*, Vol. 112 No. 10, pp. 1466–1477.

52. Sharrer M.J., Summerfelt S.T., Bullock G.L., Gleason L.E. and Taeuber, J. (2005), «Inactivation of bacteria using ultraviolet irradiation in a recirculating salmonid culture system», *Aquaculture Engineering*, Vol. 33, pp. 135–149.

53. Sugita H., Nakamura H. and Shimada, T. (2005), «Microbial communities associated with filter materials in recirculating aquaculture systems of freshwater fish», *Aquaculture*, Vol. 243, No. 1–4, pp. 403–409.

54. Чалов В. В., Пономарёва Е. Н. Показатели водной среды и аммонийный азот. *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия «Рыбное хозяйство»*. Астрахань, 2010. № 1. С. 91–95.

55. Sharrer M.J., Summerfelt S.T., Bullock G.L., Gleason L.E. and Taeuber, J. (2005), «Inactivation of bacteria using ultraviolet irradiation in a recirculating salmonid culture system», *Aquaculture Engineering*, Vol. 33, pp. 135–149.

56. Водянка Л. Д., Кутаренко Н. Я. Перспективи впровадження системи НАССР у процесі виробництва харчової продукції. *Регіональна економіка*. Львів, 2013. № 1. С.185–194.

57. Aoi Y., Miyoshi T., Okamoto T., Tsuneda S., Hirata A., Kitayama A. and Nagamune, T. (2000), «Microbial ecology of nitrifying bacteria in wastewater treatment process examined by Fluorescence In Situ Hybridization», *Journal of Bioscience and Bioengineering*, Vol. 90, pp. 234–240.

58. Michaud L. (2007), Microbial communities of recirculating aquaculture facilities: interaction between heterotrophic and autotrophic bacteria and the system itself – PhD Dissertation in «*Scienze Ambientali: Ambiente Marino e Risorse*», (XVIII CICLO), University of Messina.

59. Arias C.A., Brix, H. and Marti, E. (2005), «Recycling of treated effluents enhances removal of total nitrogen in vertical flow constructed wetlands», *Journal Environmental Science and Health, Part A: Vol. 40*, pp. 1431–1443.

60. Chen S., Ling J. and Blancheton, J.P. (2006), «Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors», *Aquacultural Engineering*, Vol. 34, pp. 179–197.

61. Schuster C. and Stelz, H. (1998), «Reduction in the make-up water in semi-closed recirculating aquaculture systems», *Aquacultural Engineering*, Vol. 17, pp. 167–174.

62. Назаренко В. І. Методичний посібник з визначення якості води / за ред. В. І. Назаренко. Київ, 2002. 52 с.

63. Tal Y., Watts J.E.M., Schreier S.B., Sowers K.R. and Schreier, H.J. (2003), «Characterization of the microbial community and nitrogen transformation processes associated with moving bed bioreactors in a closed recirculated mariculture system», *Aquaculture*, Vol. 215 No. 1–4, pp. 187–202.

64. Van Rijn J., Tal Y. and Schreier, H.J. (2006), «Denitrification in recirculating systems: theory and applications», *Aquacultural Engineering*, Vol. 34, pp. 364–376.

65. Yilmaz G., Lemaire R., Keller J. and Yuan, Z. (2008), «Simultaneous nitrification, denitrification, and phosphorus removal from nutrient-rich industrial wastewater using granular sludge», *Biotechnology and Bioengineering*, Vol. 100, pp. 529–541.

66. Nogueira R., Melo L.F., Purkhold U., Wuertz S. and Wagner, M. (2002), «Nitrifying and heterotrophic population dynamics in biofilm reactor: effects of hydraulic retention time and presence of organic carbon», *Water Research*, Vol. 36, pp. 469–481.

67. Blancheton J.P., et al. (2013), «Insight into bacterial population in aquaculture systems and its implication», *Aquacultural Engineering*, Vol. 53, pp. 30–39.

68. Van Kessel M.A.J.H.; Harhangi H.R., Van de Pas-Schoonen K., Van de Vossenberg J., Flik G., Jetten M.S.M., Klaren P.H.M. and Op den Camp, H.J.M. (2010), «Biodiversity of N-cycle bacteria in nitrogen removing bed biofilters for freshwater recirculating aquaculture systems», *Aquaculture*, Vol. 306 (1–4), pp. 177–184.

69. Абросимова Е. Б. Незаразний жаберний некроз: профілактика и лечение. *Актуальные проблемы современной науки и образования* : межвуз. сб. науч. трудов. Ростов-на-Дону, 2009. С. 387–392.

70. Kroupová H., Máchová J. and Svobodová, Z. (2005), «Nitrite influence on fish – a review», *Vet Med – Czech*, Vol. 50, pp. 461–471.

71. Гриневич Н. Є., Димань Т. М. Сезонні зміни гідрохімічних показників води за використання установок замкнутого водопостачання для вирощування райдужної форелі. *Науковий вісник ветеринарної медицини*. Біла Церква, 2016. Вип. 2 (130). С. 33–39.

72. Гриневич Н. Є., Димань Т. М., Кухтин М. Д., Семанюк В. І., Слюсаренко А. О. Ідентифікація небезпечних чинників під час вирощування райдужної форелі в умовах замкнутого водопостачання. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького*. Львів, 2017. Т. 19, № 78. С. 48–52.

73. Шахмурзов М. М., Казанчев М. Х., Гуштин В. Н. Содержание нитритов и нитратов в воде и рыбе рыбохозяйственных водоемов. *Сборник научных трудов ВНИИ вет. сан., гигиены и экол.* 1998. С. 64–67.

74. Черкесова Д. У., Шахназарова А. Б. Токсическое воздействие нитритов на организм рыб. *Юг России : экология, развитие*. 2009. № 4. С. 126–130.

75. Ebeling J.M., Timmons M.B., and Bisogni, J.J. (2006), «Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems», *Aquaculture*, Vol. 257, pp. 346–358.

76. Paredes D., Kuschik P., Mbwette T.S.A., Stange F., Muller R.A. and Koser, H. (2007), «New aspects of microbial nitrogen transformations in the context of wastewater treatment – a review», *Engineering in Life Sciences*, Vol. 7, pp. 13–25.

77. Randall D.J. and Tsui, T.K.N. (2002), «Ammonia toxicity in fish», *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 45 (1–12), pp. 17–23.

78. Tal Y., Watts J.E.M., Schreier S.B., Sowers K.R. and Schreier, H.J. (2003), «Characterization of the microbial community and nitrogen transformation processes associated with moving bed bioreactors in a closed recirculated mariculture system», *Aquaculture*, Vol. 215 No. 1–4, pp. 187–202.

79. Руссо Р., Турстон Р. Токсичность аммиака и нитритов для рыб. *Влияние загрязняющих веществ на гидробионты и экосистемы водоемов*. Ленинград, 1979. С. 276–285.

80. Черкесова Д. У., Исуев А. Р., Магомедгаджиева Д. Н., Абдуллаев Х. Т. Воздействие нитритной интоксикации на содержание

фосфолипидов и холестерина в теле рыб. *Тезисы докл. I конгр. ихтиологов России*. Москва : ВНИРО, 1997. С. 465.

81. Моисеенко Т. И. Водная экотоксикология. Теоретические и прикладные аспекты. Москва, 2009. 400 с.

82. Руссо Р., Турстон Р. Токсичность аммиака и нитритов для рыб. *Влияние загрязняющих веществ на гидробионты и экосистемы водоемов*. Ленинград, 1979. С. 276–285.

83. Шахназарова А. Б. Морфофизиологические и биохимические показатели гидробионтов в условиях нитритной интоксикации : дисс. ... канд. биолог. наук. Махачкала, 2005. 122 с.

84. Kristensen T., Atland A., Rosten T., Urke H.A. and Rosseland, B.O. (2009), «Important influentwater quality parameters at freshwater production systems in two salmon producing countries», *Aquacultural Engineering*, Vol. 41, pp. 53–59.

85. Барсукова М. М. Изменение активности интерреналовой железы у форели при отравлении нитритами. *Сб. науч. трудов Гос. НИИ оз. и реч. рыб. хоз-ва*. 1993. № 35. С. 38–45.

86. Велдре И. А., Роома М. Я. Токсическое воздействие нитритов на рыб. *Экология*. 1990. № 11. С. 71–73.

87. Шахмурзов М. М., Метелев В. В., Призенко В. К., Петрова Л. В., Викторова Н. Ф. Диагностика, лечение и профилактика отравлений рыб азотсодержащими веществами. *Ветеринария*. 1991. № 5. С. 55–57.

88. Carballo M., Munoz M.J., Cuellar M. and Tarazona, J.V. (1995), «Effects of waterborne copper, cyanide, ammonia, and nitrite on stress parameters and changes in susceptibility to saprolegniosis in rainbow trout», *Applied and Environmental Microbiology*, Vol. 61 No. 6, pp. 2108–2112.

89. Dolezalova P., Macova S., Pistekova V., Svobodova Z., Bedanova I. and Voslarova, E. (2011), «Nitrite toxicity assessment in *Danio rerio* and *Poecilia reticulata*», *Acta Veterinaria Brno*, Vol. 80, pp. 309–312.

90. Верголяс М. Р. Визначення токсичності водних зразків з використанням гематологічних параметрів риби. *Фактори експериментальної еволюції організмів : зб. наукових праць*. Київ, 2015. Т. 17. С. 299–302.

91. Худа Л. В., Худий О. І., Хачман Я. Ю. Нітрит-індуковане накопичення метгемоглобіну в еритроцитах стерляді. *Матеріали V міжнародної іхтіологічної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми теоретичної і практичної іхтіології»*. Чернівці, 2012. С. 241–243.

92. Clauss T., Dove A. and Arnold, J. (2008), «Hematologic disorders of fish», The veterinary clinics of North America *Exotic Animal Practice*. Vol. 11, pp. 445–462.

93. Faghani T., Kousha A., Azari Takami G.H. and Faghani, S. (2008), «Study on growth performance, survival rate, hematological parameters in Rainbow Trout (*Onchorynchus mykiss*) in Mazandaran Province of Iran», *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, Vol. 3(6), pp. 398–403.

94. Smith C.E. and Russo, R.C. (1975), «Nitrite-induced methemoglobinemia in rainbow trout», *Prog Fish Cult*, Vol. 37, pp. 150–152.

95. Svobodova Z., Machova J. and Poleszczuk, G. (2000), «Nitrite poisoning of fish in aquaculture facilities with water-recirculating system», *Journal Acta Veterinaria Brno*, Vol. 74, pp. 129–137.

96. Иванеха Е. В. Применение перекиси водорода для лечения и профилактики метгемоглобинемии при отравлении карпов нитритами. *Сб. научных трудов ВНИИПРХ*. 2006. Вып. 81. С. 98–107.

97. Черкесова Д. У., Исуев А. Р., Магомедгаджиева Д. Н., Абдуллаев Х. Т. Воздействие нитритной интоксикации на содержание фосфолипидов и холестерина в теле рыб. *Тезисы докл. I конгр. ихтиологов России*. Москва : ВНИРО, 1997. С. 465.

98. Шахмурзов М. М., Казанчев М. Х., Гуштин В. Н. Содержание нитритов и нитратов в воде и рыбе рыбохозяйственных водоемов. *Сборник научных трудов ВНИИ вет.сан., гигиены и экол*. 1998. С. 64–67.

99. Давыдов О. Н., Исаева Н. М., Куровская Л. Я. Ихтиопатологическая энциклопедия. Киев, 2000. 164 с.

100. Матей В. Е., Павлов Д. Р., Чуйко Г. М. Влияние кадмия на структуру жабр тилапии. *Цитология*. 1993. Т. 35, № 10. С. 13–19

101. Матей В. Е. Функциональная морфология жаберного эпителия пресноводных костистых рыб. *В книге Физиология, биохимия и токсикология пресноводных животных*. Ленинград, 1990. С. 104–141.

102. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды : справочные материалы / под ред. Т. В. Гусевой. Москва, 2007. 192 с.

103. Гриневич Н. Є., Димань Т. М. Сезонні зміни гідрохімічних показників води за використання установок замкнутого водопостачання для вирощування райдужної форелі. *Науковий вісник ветеринарної медицини*. Біла Церква, 2016. Вип. 2 (130). С. 33–39.

104. Назаренко В. І. Методичний посібник з визначення якості води / за ред. В. І. Назаренко. Київ, 2002. 52 с.

105. Секретарюк К. В., Стрижак О. І., Лобойко Ю. В. Вплив основних гідрохімічних показників на організм вирощуваних риб. *Сільський господар*. Львів, 2003. № 9–10. С. 29–30.

106. Алтуфьев Ю. В. Печінка каспійських осетрових в умовах антропогенного забруднення середовища. *Екологічні та морфофункціональні основи адаптації гідробіонтів* : тези доповідей симпозіуму, присвяченого 90-річчю з дня народження проф. М. Л. Гербильського. Ленінград, 1990. С. 3–5.

107. Агеец В. Ю., Дегтярик С. М. Ихтиопатология сегодня и завтра. *Вопросы рыбного хозяйства Беларуси* : сб. науч. трудов. Минск, 2014. Вып. 30. С. 75–87.

108. Алимов С. І. Рибне господарство України : стан і перспективи. Київ, 2003. 336 с.

DOI <https://doi.org/10.36059/978-966-397-240-4-18>

Грициняк І. І.

*доктор сільськогосподарських наук, професор, академік
Національної академії аграрних наук України, директор
Інститут рибного господарства
Національної академії аграрних наук України
м. Київ*

Маріуца А. Е.

*кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник,
завідувачка відділу молекулярно-генетичних досліджень
Інститут рибного господарства
Національної академії аграрних наук України
м. Київ*

Борисенко Н. О.

*кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник відділу
молекулярно-генетичних досліджень
Інститут рибного господарства
Національної академії аграрних наук України
м. Київ*

Тушницька Н. Й.

*кандидат ветеринарних наук, старший науковий співробітник,
учений секретар
Інститут рибного господарства
Національної академії аграрних наук України
м. Київ*

**ЗАСТОСУВАННЯ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧНИХ МАРКЕРІВ
У РИБНИЦТВІ**

Анотація. Проведені молекулярно – генетичні дослідження коропових видів риб з різних зон відтворення характеризуються специфічними особливостями їх генетичної структури. Виявлення і аналіз поліморфних білкових систем риб є важливим для вирішення

багатьох теоретичних і практичних проблем, пов'язаних з раціональною організацією рибного господарства і селекцією риб. Характеристика генетичної структури породних груп риб з використанням методів біохімічної генетики дозволяє оцінювати особливості їх походження, визначати ступінь їх генетичної подібності, а також вивчення специфічних особливостей динаміки генофондів у відповідь на дію факторів штучного і природного відборів. ISSR-аналіз дозволив вивчити генетичну мінливість коропових видів риб на популяційному рівні. Виявлені в ході даної роботи специфічні «популяційні» поліморфні ISSR-маркери дозволяють використовувати отримані дані в подальших дослідженнях з розробки генетичної паспортизації з використанням існуючих сучасних методик. Оптимізований ISSR-метод може служити ефективним інструментом для подальших генетичних досліджень. Одержані результати, дозволяють контролювати селекційно-племінну роботу в процесі відтворення генофонду наявних популяцій риб. Для підвищення ефективності селекційно-племінної роботи у рибництві доцільно використовувати генетичні маркери які мають високу специфічність до окремих фрагментів ДНК риб.

Вступ

Популяційно-генетичні дослідження у галузі сучасного рибництва набувають пріоритетного значення в процесі ведення племінної роботи в господарствах. Молекулярно-генетичні маркери відіграють провідну роль у сучасних дослідженнях, реально допомагаючи вирішувати багато важливих актуальних як теоретичних, так і практичних проблем селекції та генетики.

На даний час молекулярні методи які використовуються для популяційних досліджень риб, класифікують на два типи маркерів – білки та ДНК. У популяційно-генетичних дослідженнях використовують три основні класи генетичних маркерів: генетико-біохімічні, мітохондріальна та ядерна ДНК [1; 2]. Ізоферменти, як генотипові маркери, відіграють важливу роль в контролі перенесення генетичного матеріалу. Будь-які маніпуляції з генетичним матеріалом, потребують контролю ефективності інтродукції генетичного матеріалу, для чого з високою ефективністю застосовуються різні ізоферменти [3–5]. Біохімічні маркери дозволяють вивчати генетичну структуру популяцій і стад риб, стежити за її змінами в процесі експлуатації цих стад, доместикації нових видів, а також у процесі селекції. Таким чином, характеристика популяцій

та стад риб, отримана методами біохімічної генетики, дозволяє виявити шляхи їх походження, визначити ступінь їх генетичної подібності, а також відкриває перспективи вивчення генетичних змін в процесі доместикації, розведення та селекції.

Актуальними є простота розшифровки отриманих електрофоретичних продуктів (використання локусів, продукти яких – білки – мономери або димери) та невисока вартість робіт (дешевизна реактивів і можливість отримати одночасно електрофоретичні спектри продуктів декількох локусів) [6–9].

У сучасних дослідженнях генетичної структури здебільшого використовують підходи ідентифікації поліморфізму на рівні ДНК [10–12]. В процесі ведення селекційно-плеємної роботи в рибництві для встановлення особливостей генетичної структури груп риб все частіше використовують високополіморфні молекулярно-генетичні маркерні системи на підставі ПЛР [13]. Популярність цих методів зумовлена, насамперед, можливістю проведення адекватного оцінювання як між-, так і внутрішньопопуляційної мінливості досліджуваних тварин. Саме застосування у дослідженнях значної кількості маркерів, за жорсткого відбору особин з унікальним поєднанням ознак – є основним шляхом для вивчення можливих взаємозв'язків між різними морфофізіологічними системами на рівні ДНК [14; 15]. Одним із методів, який дозволяє в певній мірі провести аналіз генетичної структури, оцінку генетичної різноманітності популяцій, ступеня їхньої інбредності та генетичних відстаней між лініями, породами і популяціями риб, а також філогенетичних взаємовідносин між ними, є метод за використання ISSR-PCR-аналізу [16; 17]. За допомогою такого підходу можна ампліфікувати фрагменти ДНК, що знаходяться між двома близько розташованими послідовностями, які вважаються унікальними. Враховуючи те, що ISSR-метод має високу відтворюваність, його можна з успіхом застосовувати для виявлення внутрішньовидової генетичної мінливості та ідентифікації популяцій чи ліній [17].

1. Поліморфізм окремих генетико-біохімічних систем у коропових видів риб

Селекційно-плеємна справа у коропівництві охоплює питання закріплення генетичного потенціалу існуючих порід внутрішньопородних типів українських коропів та моніторинг накопичення змін і специфіки генетичної структури виду, збереження генофонду

рідкісних і малопоширених масивів коропа, створення нових типів високоспинних малолускатих коропів з поліпшеними господарськими характеристиками, в тім числі з використанням генетичних ресурсів зарубіжної селекції [18].

Одним з ефективних селекційних підходів сьогодення вважаються методики, результатом яких є інформація про генетичну структуру популяції. За використання методів біохімічної генетики стала реальною можливість кількісної оцінки електрофоретичної рухливості білків. Найвагомим аспектом таких підходів є відповідність гену, що кодує даний білок, та його продукт, який може бути ідентифікований електрофоретичним шляхом, тобто – відповідність фенотипу і генотипу. На основі принципу близькості гену і ознаки базуються головні генетичні положення популяційної динаміки, які дозволяють вирішувати численні практичні питання вітчизняного рибництва [6].

Метою даної роботи було проведення порівняльного аналізу генетичної структури українських лускатих і рамчастих коропів антонінсько-зозуленецького внутрішньопорідного типу на основі аналізу розподілу частот алелів і генотипів за окремими поліморфними генетико-біохімічними системами. В результаті порівняльного аналізу генетичної структури популяції українських лускатих і рамчастих коропів антонінсько-зозуленецького внутріпорідного типу за окремими генетико-біохімічними системи плазми та еритроцитів, виявлено відмінності між лускатими і рамчастими коропами. Були досліджені наступні генетико-біохімічні системи

Церулоплазмін (CP) – білок плазми крові, з оксидазною активністю, кодується одним структурним геном та є монолокусною системою. Вперше виявлений і виділений шведськими вченими К. Хольмбергом і К. Лаурелем в 1948 р. З рівнем церулоплазміну в крові пов'язаний обмін міді в організмі, так як швидкість синтезу цього білка регулюється відповідно з вмістом міді в печінці і виділенням її з організму [9].

Амілаза (AM) (від лат. Amylum – крохмаль), ферменти класу гідролаз, що каталізують гідроліз крохмалю, глікогену і ін. споріднених оліго- і полісахаридів, головним чином по 1,4- α -глюкозидному зв'язку. Амілаза кодується декількома структурними генами [9]. Церулоплазмін та амілаза типуються одночасно, так як електрофорез цих білків проводиться в одних и тих же буферних системах. В наших дослідженнях ці системи виявились мономорфними.

Гемоглобін (НВ) – білок, який кодується одним структурним геном. Кожна молекула гемоглобіну складається із чотирьох субодиниць, згрупованих по дві. Різні субодиниці кодуються різними генами. На даний час гемоглобін вивчено у більшості савців та риб. Генетичний поліморфізм гемоглобіну у риб, як і у багатьох савців, обмежений. Це, можливо, пов'язано з точною структурою молекул гемоглобіну, яка прив'язана до виконання своїх функцій. Рухливість гемоглобіну у риб значно нижча ніж у савців. Фореграми гемоглобінів видоспецифічні [9]. В цілому можна вважати гемоглобін у коропових значно менш мінливим ніж інші системи. В наших дослідженнях поліморфізму за локусом гемоглобіну не виявлено.

Пуриннуклеозидфосфорилаза (PN) – фермент, який каталізує зворотній процес фосфорилази пуринових нуклеозидів із утворенням пуринових основ і фосфорильованих сахарів (рибози і дезоксирибози) [9]. В наших дослідженнях поліморфізму за даним локусом не виявлено.

Трансферин (TF) – білок фракції β -глобулінів плазми крові, основною функцією якого є транспорт заліза в організмі від кишечника до місць синтезу гемоглобіну та депо заліза. В геномі всіх видів риб трансферин представлений одним локусом, що пояснюється високою стабільністю його основної функції [4]. Успадкування кодомінантне. В більшості видів риб [4; 9] локус трансферину поліморфний. Число алелей становить від 2 до 13 (в середньому 3–4). Таке алельне різноманіття деякі автори пов'язують із виконанням ним вторинних бактерицидних функцій. Трансферин відносять до групи білків з найбільш вираженим поліморфізмом. В наших дослідженнях у лускатих та рамчастих коропів антонінсько-зозуленецького внутрішньопорідного типу виявлено п'ять алельних варіантів за локусом трансферину: Tf A, Tf B, Tf C₁, Tf C₂, Tf D. Аналіз генотипів трансферину показав, що із 15-ти можливих комбінацій наявні лише 12, серед яких домінував генотип C₁C₁. Характерною особливістю досліджених популяцій була відсутність алельного варіанту трансферину B у рамчастих коропів. Суттєво меншу частоту мали алелі Tf A (0,231 у лускатих і 0,265 у рамчастих), Tf D (0,038 у лускатих і 0,147 у рамчастих). З найбільшою частотою траплявся алель Tf C₁ (0,462 у лускатих і 0,412 у рамчастих), що підтверджується попередніми дослідженнями генетичної структури також і у коропів любінського внутрішньопорідного типу, які мали подібну картину розподілу алелів за локусом TF [19; 20].

Альбуміни (ALB), найбільша фракція білків плазми крові, забезпечують підтримання колоїдно-осмотичного тиску внутрішнього середовища організму, транспорт жирних кислот, вітамінів, амінокислот та інших продуктів життєдіяльності організму риби. У риб за допомогою електрофоретичного розділення білків плазми крові в поліакриламідному гелі виявлено більшу кількість фракцій альбумінів ніж у ссавців. Альбумінам риб притаманна видова специфічність у фракційному складі [4; 6]. Система альбумінів в переважній більшості риб поліморфна [4], число алелів становить від 2 до 5.. В досліджених групах лускатого і рамчастого коропів альбумін представлений двома алельними варіантами – А і В. У рамчастих корпів частота алеля с високою рухливістю Alb A була невисокою і склала 0,441, в порівнянні з повільним Alb B (0,559). В лускатих коропів частота алеля з низькою рухливістю Alb B була невисокою (0,346) в порівнянні з алельним варіантом Alb A (0,654).

Гідролаза карбоксильних ефірів (естераза, EST) (КФ 3.1.1.1) – фермент, що каталізує реакції гідролізу ефірів карбонових кислот з утворенням відповідних спиртів та карбоксилатів. У амурського сазана та коропових риб виявлено декілька локусів цього ферменту. За локусом Est-1, у коропових риб виявлено два алелі: швидкий – F і повільний – S. Поліморфізм за локусами естераз притаманний багатьом видам риб [4].

Розподіл повільного і швидкого алельних варіантів (F, S) за локусом EST був у рівноваженому стані, тобто у лускатих і рамчастих коропів вони траплялися з наближеною частотою F (0,538 і відповідно 0,529) S (у лускатих 0,462 і відповідно у рамчастих 0,471).

Співвідношення частот алелів TF в популяціях риб зазвичай добре вкладається в рамки закону Харді – Вайнберга, але бувають і відхилення – в окремих вибірках не вистачає гетерозигот, рідше спостерігається їх надлишок. У проведених дослідженнях локус з TF як у рамчастих так і у лускатих має врівноважений стан, тобто співвідношення виявлених генотипів близьке до очікуваного. За іншими генетико – біохімічними системами EST, ALB у обох досліджених груп коропів спостерігався невірноважений стан через достовірний надлишок гетерозигот, що може свідчити про певні процеси генетичної консолідації даних популяцій.

Важливим параметром при оцінці динаміки генетичного стану популяції є гетерозиготність (H). Різні типи відбору, дрейф генів, мутаційний процес, та інші фактори популяційної динаміки часто

впливають на гетерозиготність популяції, тому її оцінка є необхідною умовою в популяційних дослідженнях [5]. Частота гетерозигот є важливим показником, так як кожна гетерозиготна особина несе різні алелі і тим ілюструє наявність мінливості. Рівень гетерозиготності виявився дещо вищим від очікуваного у лускатих та рамчастих коропів антонінсько-зозуленецького внутрішньопорідного типу за локусами естерази та альбуміну. З усіх досліджуваних генетико – біохімічних систем найвищий рівень гетерозиготності спостерігався за локусом EST (0.941) у рамчастих коропів. Найменша гетерозиготність виявилася у лускатих коропів за локусом ALB (0.692).

Середня гетерозиготність за всіма досліджуваними локусами була вищою від очікуваного: у рамчастих коропів вона становила 0.882 ± 0.044 , проти очікуваного 0.583 ± 0.025 у лускатих коропів фактична величина значення гетерозиготності була на рівні 0.743 ± 0.032 проти очікуваного 0.570 ± 0.018 . Встановлено, що на міжпопуляційну мінливість у рамчастого коропа припадає 20,8 % від виявленої генетичної мінливості, а у лускатого 13,8 % на основі розрахунку коефіцієнтів інбридингу Райта [4; 5].

При використанні генетико-біохімічних систем виявлено породоспецифічні особливості будови генетичної структури лускатих і рамчастих коропів антонінсько-зозуленецького внутрішньопорідного типу. Спостерігається певна генетична диференціація за окремими генетико – біохімічними системами та перевага фактичного рівня середньої гетерозиготності за всіма локусами від очікуваного рівня середньої гетерозиготності у досліджених коропів. За досліджуваними генетико-біохімічними системами вивлено поліморфізм за локусами TF, ALB, EST, а такі системи як CP, AM, PN, NB представлені мономорфними локусами. За локусом трансферину найбільшою частотою траплявся алельний варіант TF C₁, що є притаманним для українських порід коропів, а співвідношення фактично виявлених генотипів за локусом трансферину наближається до теоретично розрахованого у коропів рамчастої та лускатої порід. За локусами EST, ALB у обох досліджених груп коропів спостерігався невідножаний стан через достовірний надлишок гетерозигот, що може свідчити про певні процеси генетичної консолідації даних популяцій. Таким чином, обрані генетико-біохімічні системи, в поєднанні з фенотиповими ознаками дадуть змогу, в подальшому, оцінити рівень генетичної мінливості, генотиповий склад, ступінь

внутрішньо- і міжпопуляційної диференціації, які є обов'язковими при проведенні селекційно-племінної роботи в коропівництві.

Селекційно-племінна робота з товстолобиком у рибицтві охоплює питання закріплення генетичного потенціалу, збереження генофонду білого та строкатого товстолобиків, формування гетерогенного племінного матеріалу для потреб промислової гібридизації. Тому необхідно: вивчити генетичну структуру наявного племінного матеріалу різного генезису, проводити стабілізацію основних показників продуктивності, виділити нові більш продуктивні господарсько-цінні генотипи, сформувати та впровадити у виробництво високопродуктивні стада. Також необхідно створити всі умови для збереження генетичної чистоти і збереження від фізичного знищення існуючого генофонду українських популяцій товстолобика. Значна частина мінливості, що спостерігається, як правило, обумовлена генетичними причинами, інша – впливом середовища. В зв'язку з цим залежність між фенотипом і генотипом не є однозначною і чіткою, тому не завжди можна пояснити причини мінливості. Незважаючи на велику кількість методів, які дозволяють маркірувати мінливість генетичного матеріалу, до цього часу найбільш доступним, інформативним та надійним залишається метод аналізу генетично детермінованого поліморфізму білків з відомою біохімічною функцією [3; 4; 8; 17]. Тому аналіз білкового поліморфізму має велике значення для контролю за генетичною структурою природних популяцій та селекційних стад. В селекційних роботах аналіз за поліморфними генами дозволяє визначити ступінь генетичних відмінностей між різними племінними групами, підтримувати необхідний рівень гетерозиготності та попереджувати інбридинг [3; 4; 7; 8; 17].

З метою вивчення особливостей генетичної структури популяцій білого та строкатого товстолобиків проведено аналіз розподілу алелів і генотипів за електрофоретичними варіантами окремих генетико-біохімічних систем. Виконано аналіз генетичних структур двох видів: білого та строкатого товстолобиків українських популяцій. Проведено дослідження за поліморфними генетико-біохімічними системами: трансферину TF, преальбуміну Pralb, естерази EST, [21].

Преальбумін Pralb – білок, що синтезується в печінці; основною функцією його є транспортування тиреоїдних гормонів – тироксину і трийодтироніну [9].

Преальбумін Pralb згідно з проведеним аналізом генетичної структури білого та строкатого товстолоба представлений трьома електрофоретичними варіантами – AA, AB та BB.

При електрофоретичному аналізі плазми крові виявлено дві зони естеразної активності – швидка Est-F та повільна Est-S. Локус Est – поліморфний і представлений трьома генотипами – FF, FS і SS. У досліджених груп виявили по два алельні варіанти F (швидкий) та S (повільний) за локусами Pralb. Локус TF у досліджуваних груп розподілявся на 2–5 електрофоретичних компоненти – Tf A, B, C, D, E. За розподілом алельних частот переважав швидкий електрофоретичний варіант за локусом EST. За локусом Pralb у групі строкатого товстолобика переважав алельний варіант зі швидкою рухливістю Pralb A (0,597), а у групі білого товстолобика варіант Pralb B (0,512).

Таким чином, результати досліджень дозволили визначити рівень поліморфізму окремих генетико-біохімічних систем у білого та строкатого товстолобиків. Використання генетико-біохімічних систем для досліджень генетичної структури популяції на даний час є найбільш інформативним і виправданим з точки зору реалізації мети. Хоча слід відмітити, використання генетико-біохімічних систем в якості маркерів продуктивних ознак потребує довготривалої планомірної селекційної роботи в напрямку пошуку корелятивних зв'язків в конкретному господарстві з стадами риб, а головне для цього необхідний чіткий селекційно-племінний облік у рибництві.

Зокрема, роботи з стадами білого та строкатого товстолобиків спрямовані на підвищення їх продуктивності, можуть бути реалізовані шляхом збільшення запасу мінливості популяції, необхідної для її розвитку і отримання генетичних ефектів при гібридизації. Гібридизація знаходить широке застосування в рибництві завдяки легкому схрещуванню риб в межах виду, використанню штучного осіменіння при заводському розведенні, а також значній плодючості риб, що дозволяє отримувати гібриди в масових кількостях з необхідними комбінаціями генів. Гібриди між білим та строкатим товстолобиком характеризуються більш широким спектром планктонного харчування, підвищеною життєстійкістю, кращими показниками вагового та лінійного росту, як наслідок і продуктивністю. Домогтися збільшення генетичної дивергенції породних груп товстолобика можна методом різноспрямованого добору особин з прижиттєвою оцінкою їх

генотипів за конкретними молекулярними маркерами. Це сприятиме ефективному відбору чистопородних плідників з метою подальшого їх використання при отриманні гібридних нащадків.

Наступним етапом досліджень було виконано аналіз генетичної структури білого (*Hypophthalmichthys molitrix*) і строкатого (*Aristichthys nobilis*) товстолобиків за окремими генетико-біохімічними маркерами – локусами трансферину TF, преальбуміну Pralb, естерази EST, КФ 3.1.1.1, який показав відмінності за частотою алелів.

У досліджуваних груп товстолобиків локус TF розподілявся на 2–4 компоненти, позначених у порядку зменшення електрофоретичної рухливості, як Tf A, B, C, D. У білого товстолобика виявлено чотири типи фракційного складу трансферину – один чотирьохкомпонентний (Tf ABCD), два трьохкомпонентні (Tf ABC, Tf BCD) і один двохкомпонентний (Tf BC). У строкатого товстолобика локус TF представлений 8-ма типами електрофоретичних фракцій – один чотирьохкомпонентний (Tf ABCD), три трьохкомпонентні (Tf ABC, Tf ABD, Tf BCD) і чотири двохкомпонентні (Tf AB, Tf AC, Tf BC, Tf BD).

У групі білого товстолобика особин з фенотипом Tf ABCD було 10 %, з Tf ABC – 10 %, Tf BCD – 30 % та 50 % особин з Tf BC. У строкатого товстолобика особини з фенотипом Tf ABCD становили 3 %, Tf ABC – 10 %, Tf ABD – 13 %, Tf BCD – 33 %, Tf AB – 7 %, Tf AC – 3 %, Tf BC – 27 %, Tf BD – 3 %.

Міжвидова відмінність визначається за локусом Pralb. У групі білого товстолобика переважає частота алельного варіанту Pralb B (низька електрофоретична рухливість) і становить 0,683, порівняно з частотою Pralb A – 0,317 (висока електрофоретична рухливість). В групі строкатого товстолобика частота обох алельних варіантів помітно не відрізняється і становить Pralb B – 0,467 та Pralb A – 0,533.

За розподілом фактичних і очікуваних генотипів виявлено міжвидові відмінності. У строкатого товстолобика достовірний надлишок гетерозигот присутній за локусами Pralb, EST ($P < 0,005–0,05$). З досліджених генетико-біохімічних маркерів досить високий рівень гетерозиготності присутній у строкатого за локусами Pralb, EST(73,3–79,3 %).

Таким чином, встановлені видові особливості генетичної структури популяцій товстолобиків. У групі строкатого товстолобика виявлена значна кількість досліджених генетико-біохімічних

систем представлена надлишком гетерозиготних особин, порівняно із групою білого товстолобика. Фактичний і очікуваний рівень середньої гетерозиготності на локус в обох видів помітно не відрізнявся і становив 60,4 % (очікуваний 50,1 %) у білого та 68,5 % (очікуваний 52,9 %) у строкатого товстолобиків. Рівень середньої гетерозиготності дає змогу говорити про значну гетерогенність досліджених стад, яка, в свою чергу, говорить про високий рівень генетичної мінливості різних видів товстолобика.

Промислова гібридизація коропа з амурським сазаном є одним з методів підвищення ефективності ставового рибництва. Перехід на гібридну форму розведення коропа з амурським сазаном дозволяє забезпечити в окремих господарствах стабільно високі показники як по виходу молоді з зимівлі, так і отримання товарної риби в період її нагулу. Завдяки підвищенню зимостійкості і наднормативного виходу гібридів з зимівлі господарства не тільки повністю забезпечують свої потреби в посадковому матеріалі, а й реалізують його надлишки іншим організаціям, що є економічно вигідним. Доцільність подальшого використання в промисловій гібридизації амурського сазана є обґрунтованою, насамперед у зв'язку із створенням коропо-сазанових гібридів для трьох-літнього циклу ведення ставового господарства в різних зонах рибництва [22].

Однак, для оцінки генетичної структури популяції, напрямку її динаміки, генетико – біохімічні маркери мають ряд переваг, зокрема: консерватизм алельних варіантів білків, знання їх біохімічних функцій та причин їх поліморфізму (амінокислотні заміни, що спричиняють зміну електрофоретичної рухливості). Оскільки відомі біохімічні функції досліджуваної генетико-біохімічної системи та порівняльний аналіз їх змін дає можливість робити висновки про те, які саме ланки загального метаболізму залучаються під час генетичної диференціації популяцій, зокрема сазана, в процесі його адаптації до умов навколишнього середовища при інтродукції на території України.

З метою вивчення генетичних особливостей будови генетичної структури амурського сазана проведено аналіз розподілу алелів і генотипів за електрофоретичними варіантами окремих генетико-біохімічних систем.

Виконано порівняльний аналіз генетичної структури двох груп риб: амурського сазана ТзОВ «Карпатський водограй» і ВАТ «Донрибкомбінат».

Результати власного дослідження виявили п'ять алевних форм за локусом трансферину: Tf A, Tf B, Tf C₁, Tf C₂, Tf D. Найбільш поширеними генотипами є ті, які складаються з алелів Tf C₁, Tf C₂. Порівняння фактичних і теоретично розрахованих частот генотипів виявило наявність незначного надлишку гетерозигот у досліджених популяціях.

У плідників плем'ядра ВАТ «Донрибкомбінат» (в подальшому популяція № 1) частота алеля Tf C₁ була найвищою і становила 0,400, тоді як у плідників плем'ядра ТзОВ «Карпатський водограй» (в подальшому популяція № 2) частота алеля Tf A також була зафіксована на досить високому рівні і становила 0,417. З найменшою частотою зустрічався алель Tf B 0,050. Деякі дослідники відмічають наявність у далекохідного амурського сазана підвищеної концентрації Tf D (P = 0,640), тоді як для європейських популяцій сазана характерна його невисока частота [22; 23]. В досліджуваних нами популяціях, насиченість алелем Tf D становила в популяції № 1 p = 0,100, а у ВАТ «Карпатський водограй» спостерігали подібну його частоту p = 0,150.

Аналіз генотипів Tf (за п'ятьма алелями в сазанів у популяції № 1 і № 2) показав, що із 15-ти можливих комбінацій наявні лише 12, серед яких у плідників популяції № 1 домінував генотип C₁C₁ (P = 9), а в популяції № 2 – генотип AC₁ (P = 8). В популяції № 1 на відміну від іншої, були відсутні генотипи AA і BC₁, а в популяції № 2 були відсутніми генотипи BB, BC₂, B₁D. Аналіз відповідності фактичного розподілу генотипів трансферинового локусу у досліджених вибірках по відношенню до теоретично очікуваного за Гарді – Вайнбергом виявив, що фактична гетерозиготність в популяції № 1 (H_o = 0,5) була нижчою, тоді як у популяції № 2 (H_o = 0,9), навпаки, вищою від розрахованого значення. На результати популяційно-генетичних досліджень риб мають суттєвий вплив екологічні умови в яких вони мешкають, що призводить до суттєвих змін частот їх генотипів за локусами естераз. За локусом естерази в обох популяціях амурського сазана переважала частота Est S: що в популяції № 1 склала 0,733 і 0,550 в іншій. Із трьох теоретично можливих генотипів естерази в популяції № 1 був відсутній генотип FF. Для обох популяцій був характерним невірноважений стан, оскільки нами встановлений статистично значущий надлишок гетерозигот в обох досліджених популяціях (16 і відповідно в іншій 17) порівняно із теоретично розрахованим за формулою Гарді-Вайнберга.

За локусом альбуміну в сазана, як і в переважній більшості інших видів риб, виявлено два алеля А і В. Як і у випадку естерази, за даним локусом спостерігався надлишок гетерозигот (АВ). Серед досліджуваних популяцій рівень середньої гетерозиготності був підвищеним у популяції № 1 (0,590), що свідчить про високий розмах генетичної мінливості і потребує застосування селекційних заходів з підвищення генетичної консолідації стада.

Аналіз відповідності фактичного розподілу генотипів теоретичному значенню за Гарді- Вайнбергом показав генетично збалансований стан локусів Est і Alb.

Слід відмітити, що в малих популяціях можуть проявлятися негативні наслідки генетичного дрейфу, які супроводжуються фіксацією рецесивних алелів і зниженням загальногорівня мінливості.

На основі розрахунку коефіцієнтів інбридингу Райта [4; 5] встановлено, що на міжпопуляційну мінливість у амурського сазана припадає 36,9 % від виявленої генетичної мінливості

Між досліджуваними популяціями амурського сазана рівень генетичної диференціації був найвищим за локусом трансферину при загальному генетичному різноманітті 0,967. Цього потрібно було очікувати, виходячи із суттєвої різниці частот алелів між популяціями. Через значне відхилення значень частот алелів досліджуваних локусів від теоретично очікуваного розподілу за законом Гарді – Вайнберга, середнє значення коефіцієнту інбридингу особин відносно виду в цілому становило $FIS = 0,304$. Від'ємне середнє значення FIT , яке становить 0,098, пояснюється надлишком фактичних гетерозигот в обох популяціях за локусом естерази. Зростання частоти одних алелів і зниження частоти інших в популяції, на думку деяких авторів, можливе при проведенні штучного відбору за будь-якими рибогосподарськими ознаками і залежить від умов утримання риб [10].

В результаті порівняльного аналізу генетичної структури амурського сазана ТзОВ «Карпатський водограй» і ВАТ «Донриб-комбінат» за розподілом алельних варіантів генетико- біохімічних систем – TF, ALB, EST, встановлено, що для диференціації за умовами вирощування амурського сазана доцільно використовувати локуси TF, ALB, EST. Популяції амурського сазана характеризуються високим рівнем міжпопуляційної генетичної диференціації, особливо у відношенні локусу трансферину. Одержані результати дозволяють припускати, що оцінка генетичного поліморфізму риб

в аквакультури саме за обраними для дослідження системами може сприяти об'єктивному контролю ступеню інбридингу груп, а також змін їх генетичної структури в ряду поколінь і за різних умов розведення.

Від'ємне середнє значення FIS засвідчує значне відхилення фактичних частот генотипів від теоретично очікуваних за Гарді – Вайнбергом і є свідченням надлишку гетерозигот у риб досліджених популяцій.

2. Аналіз поліморфізму ДНК-маркерів (ISSR-PCR) у окремих корокових риб

На сьогодні ДНК-маркери активно використовуються у сучасній сільськогосподарській генетиці для вирішення низки теоретичних і практичних завдань: діагностики збудників інфекційних захворювань, вивчення генетичної мінливості, генетичної паспортизації та ін. [10; 23]. Аналіз унікальних послідовностей ДНК, за використання мікросателітних локусів дозволяє встановити генетичний поліморфізм на рівні геному, а не продуктів експресії генів. Використання ДНК-маркерів – один з перспективних напрямків дослідження геному, що дозволяє вирішувати не тільки фундаментальні, а й практичні завдання. Напрямок досліджень знайшов своє застосування при вивченні генофонду різних видів сільськогосподарських тварин і використання специфіки їхніх генотипів у селекційно-племінній роботі.

Одним з найбільш ефективних для виявлення та дослідження особливостей поліморфізму ДНК риб вважають метод ISSR-PCR аналізу. Результати, одержані за використання останніх, мають як важливе загально-біологічне значення, так і дозволяють контролювати селекційно-племінну роботу в процесі відтворення генофонду наявних популяцій риб. Для підвищення ефективності селекційно-племінної роботи у рибництві доцільно використовувати генетичні маркери які мають високу специфічність до окремих фрагментів ДНК риб [2; 7; 24].

ISSR-PCR (Inter Simple Sequence Repeats) – суть методу полягає в ампліфікації ділянок ДНК, фланкованих мікросателітами [24]. Дані праймери дозволяють ампліфікувати фрагменти ДНК, які перебувають між двома досить близько розташованими мікросателітними послідовностями [25; 26]. В результаті ампліфікації мультилокусні спектри, представлені на електрофореграммі, нараховують 10–60 смуг. До основних властивостей ISSR-маркерів

відноситься: відносно висока точність та поліпшена відтворюваність. Отримані ПЛР-продукти – видоспецифічні [25; 27]. Виявлення поліморфізму методом ISSR-PCR дозволяє встановити певну специфічність спектру ампліконів, в залежності від досліджуваного праймеру. Виявлені послідовності ДНК можуть бути частиною так званих геноспецифічних локусів, що, в свою чергу, відкриває перспективи для пошуку кореляцій з кількісними і якісними ознаками.

Протягом довгого часу селекційно-племінна робота у рибоводних господарствах ведеться без чітко спрямованої стратегії, селекція спрямована на різні напрямки використання даного виду з метою гібридизації. Отже, така різнопланова селекція накладає відбиток на генетичну структуру популяцій. Для виявлення відмінностей між популяціями користуються основними популяційно-генетичними характеристиками, такі як: частоти алелів, теоретично очікуваної та фактичної гетерозиготності, а також генетичні дистанції.

Породоспецифічні особливості генетичної структури українських лускатих коропів досліджували за використання ISSR-PCR-маркерів. У роботі використано праймери з тринуклеотидною короною частиною і якірною з одного нуклеотиду: (AGC)₆G, (ACC)₆G, (AGC)₆C. Сумарно під час дослідження коропів української лускатої породи в трьох господарствах виявили доволі високий рівень генетичного поліморфізму. Так, сумарна кількість ідентифікованих алельних варіантів з обраними праймерами склала 55: за використання праймера (AGC)₆G – 15 ампліконів, (ACC)₆G – 17 ампліконів, (AGC)₆C – 23 амплікони. Молекулярна маса на електрофореграмах коливалася в значних межах і була максимальною за використання праймера (ACC)₆G, (500–3500 п.н.) у нивківського лускатого коропа. За використання праймера (ACC)₆G молекулярна маса на електрофореграмах коливалася в значних межах (500–1700 п.н.) у лускатого коропа антонінсько-зозуленецького внутрішньопорідного типу. При використанні праймера (ACC)₆G молекулярна маса на електрофореграмах коливалася в значних межах (700–2000 п.н.) у коропів несвицького зонального типу. У групі нивківського лускатого коропа за використання праймера (AGC)₆G сумарно виявлено 35 ампліконів (7 алельних варіантів), розмір яких знаходився у межах 450–2500 п.н. Частота алельних варіантів довжиною 450 п.н. і 2500 п.н. становила 11,4 %. Частота алельних варіантів довжиною 500 п.н. та

2000 п.н. становила 5,7 %. За використання праймера (ACC)₆G у групі нивківського лускатого коропа сумарно виявлено 24 амплікони (9 алейних варіантів), розмір яких знаходився у межах 800–3500 п.н. Частота алейних варіантів довжиною 2000 п.н. і 3500 п.н. становила 4,17 %; 800 п.н., 1600 п.н., 2500 п.н. та 3000 п.н. – становила 8,3 %; 1300 п.н. та 1400 п.н. – 16,7 %. У групі нивківського лускатого коропа за використання праймера (AGC)₆C сумарно виявлено 43 амплікони (13 алейних варіантів), розмір яких знаходився у межах 300–2500 п.н. Індивідуальні спектри нараховували від одного до шести ампліконів. Частота алейних варіантів ампліконів довжиною 300 п.н., 450 п.н., 1000 п.н. і 2000 п.н. становила 9,3 %; 1500 п.н. та 2500 п.н. – 6,9 %; 550 п.н., 700 п.н. та 900 п.н. – 2,3 %; 400 п.н. та 750 п.н. – 11,7 %. За генетичними відстанями [28] є відмінності у досліджуваних груп українського лускатого коропа. Найнижчі значення генетичних відстаней виявлено у коропів несвицького зонального типу (0,109) відповідно до коропів нивківського внутрішньопорідного типу, найвищий індекс ідентичності у антонінсько-зозуленецького (0,325) відповідно до коропів несвицького зонального типу, тобто групи коропів розділилися за генетичним походженням.

За використання праймеру (AGC)₆G сумарно виявлено 35 ампліконів, індивідуальні спектри нараховували вісім алейних варіантів, розмір яких знаходився у межах 450–1500 п.н. Частота алейних варіантів довжиною 1500 п.н. і 1200 п.н. становила 11,4 %; 1000 п.н. та 800 п.н. – 17,1 %; 1400 п.н. та 500 п.н. – 14,3 %. За використання праймера (ACC)₆G у групі антонінсько-зозуленецьких коропів сумарно в спектрі виявлено 30 ампліконів, індивідуальні спектри нараховували вісім алейних варіантів. Частота алейних варіантів довжиною 1200 п.н. і 500 п.н. становила 16,7 %; 1700 п.н. й 800 п.н. – 10 %. За використання праймера (AGC)₆C у групі антонінсько-зозуленецьких коропів сумарно виявлено в спектрі 46 ампліконів, індивідуальні спектри нараховували чотирнадцять алейних варіантів. Частота алейних варіантів довжиною 1500 п.н., 900 п.н. та 600 п.н. становила 10,9 %; 1400 п.н., 800 п.н. та 550 п.н. 6,5 %; 1350 п.н., 400 п.н. і 200 п.н. – 4,3 %.

У групі несвицького внутріпорідного типу українського лускатого коропа за використання праймеру (AGC)₆G сумарно виявлено 41 амплікон, розмір яких знаходився у межах від 750 до 1500 п.н. Індивідуальні спектри нараховували одинадцять алейних варіантів. Частота алейних варіантів довжиною 1400 п.н.,

1300 п.н., 1000 п.н. та 800 п.н. становила 9,8 %; 1200 п.н., і 700 п.н. – 12,1 %. За використання праймеру (ACC)₆G у групі несвицького коропа індивідуально виявлено шістнадцять алейних варіантів. Сумарна кількість ампліконів в спектрі становила 49, розмір яких знаходився у межах від 700 до 2000 п.н. Частота алейних варіантів довжиною 2000 п.н., 1800 п.н. та 800 п.н. становила 8,16 %; 1600 п.н., 1400 п.н. та 1200 п.н. – 16,7 %. За використання праймеру (AGC)₆C у групі несвицького коропа індивідуально виявлено тринадцять алейних варіантів. Сумарна кількість ампліконів в спектрі становила 45, розмір яких перебував у межах від 450 до 2000 п.н. Частота алейних варіантів довжиною 2000 п.н., 1500 п.н. та 1000 п.н. становила 11,1 %; 1600 п.н. і 700 п.н. – 8,9 %.

Між генетичними відстанями досліджених груп коропа за праймером (AGC)₆C спостерігаються відмінності. Найвищі значення генетичних відстаней виявлено у антонінсько-зозуленецьких коропів (0,496) по відношенню до нивківських, найнижчий індекс ідентичності (0,214) серед досліджуваних груп виявлено у нивківського лускатого коропа відносно антонінсько-зозуленецького внутрішньопорідного типу, що залежить від генетичного походження коропів. На підставі індексу ідентичності побудовано дендрограму, яка дозволяє оцінити генетичну спорідненість досліджуваних груп коропів. Слід відзначити, що українські лускаті коропи різного походження розподілились за досліджуваними системами, утворюючи відповідні кластери. Кластерний аналіз, розрахунок якого ґрунтується на алейних частотах поліморфних локусів, дав змогу отримати два кластери – один сформували групи коропів нивківського внутрішньопорідного типу та несвицького зонального типу. Антонінсько-зозуленецький внутрішньопорідний тип коропа займає автономне положення на дендрограмі, що, як видно, свідчить про її специфічну генетичну структуру. На моделі порівняльного аналізу досліджуваних груп коропів чітко видно, що їх генетична структура за досліджуваними ISSR-маркерами залежить від генетичного походження риб.

Ефективне число алелей у досліджуваних популяціях генотипів варіює від 1,305 (AGC)₆C до 1,560 (AGC)₆G. Середнє ефективне число алелей на локус склало 1,402. За розрахунками алейних частот визначені основні показники генетичної мінливості. Максимальний сумарний рівень гетерозиготності зафіксований за локусом (AGC)₆C – 0,721, низький – за локусом (AGC)₆G – 0,641. Для нивківського лускатого коропа рівень очікуваної гетерозиготності за

ISSR-системою мав найвище значення показника за праймером (ACC)₆G – 0,811. Найнижчий рівень очікуваної гетерозиготності за праймером (AGC)₆G становив 0,557. Антонінсько-зозуленецький лускатий короп (0,763) та несвицький лускатий короп (0,765) за праймером (AGC)₆G займали проміжне значення даного показника.

Під час дослідження нивківського внутрішньопорідного типу рамчастого коропа, у роботі використано три праймери: (AGC)₆G, (ACC)₆G, (AGC)₆C та сумарно виявлено генетичний поліморфізм. Виявлено сумарно 128 ампліконів, кількість ідентифікованих алельних варіантів з обраними праймерами склала 29: за використання праймера (AGC)₆G – 10 ампліконів, (CTC)₆ C – 10 ампліконів, (GAG)₆C – 9 ампліконів.

Молекулярна маса на електрофореграмах коливалася в значних межах і була максимальною 900 п.н. – 3500 п.н., за використання примеру (CTC)₆ C, у нивківського рамчастого коропа. Частота алельних варіантів довжиною 2000 п.н., 3000 п.н., і 3500 п.н. становила 13,5 %. Частота алельних варіантів довжиною 1200 п.н. та 1300 п.н. становила 9,6 %. Очікувана гетерозиготність у нивківського внутрішньопорідного типу рамчастого коропа становила 0,882 тоді як фактична гетерозиготність склала 0,659. Ефективне число алелей становило 8,5 %. Коефіцієнт інбридингу відносно популяції у коропів української рамчастої породи становив 0,093.

За використання праймера (AGC)₆G молекулярна маса на електрофореграмах коливалася в значних межах 240 п.н. – 1000 п.н. у нивківського внутрішньопорідного типу рамчастого коропа. Частота алельних варіантів довжиною 450 п.н., 270 п.н., становила 20,8 %. Частота алельних варіантів довжиною 550 п.н. та 1000 п.н. становила 4 %. Очікувана гетерозиготність у нивківського внутрішньопорідного типу рамчастого коропа становила 0,846 тоді як фактична гетерозиготність склала 0,442. Ефективне число алелей становило 6,5 %. Коефіцієнт інбридингу відносно популяції у коропів української рамчастої породи становив 0,478.

У групі нивківського внутрішньопорідного типу рамчастого коропа за використання праймера (GAG)₆C сумарно виявлено 28 ампліконів розмір яких знаходився у межах 250–1500 п.н. Частота алельних варіантів довжиною 450 п.н., і 750 п.н. становила 14,2 %. Частота алельних варіантів довжиною 400 п.н., 1500 п.н., становила 11 %. Очікувана гетерозиготність у нивківського внутрішньопорідного типу рамчастого коропа становила 0,878 тоді як фактична гетерозиготність склала 0,858. Ефективне число алелей

становило 8,2 %. Коефіцієнт інбридингу відносно популяції у коропів української рамчастої породи становив 0,023.

Результати проведених досліджень з використанням методики на підставі поліморфізму ДНК-маркерів показали, що для індивідуального генотипування необхідно підбирати високоспецифічні маркери, поліморфізм за якими можна виявляти на рівні особин. Даний метод придатний для аналізу популяцій коропа і доцільний для порідного маркування на рівні міжпорідних груп коропа. На підставі результатів досліджень можна стверджувати, що даний метод аналізу часто повторюваних послідовностей ядерної ДНК цілком придатний для популяційного генотипування і аналізу філогенетичних відносин порід коропа. В цілому, результати аналізу з використанням ISSR-маркерів узгоджуються з даними проведеного дослідження із застосуванням генетико-біохімічних систем. Використання мікросателітної панелі ISSR-маркерів для генотипування коропів, а саме, виявлення міжпорідних відмінностей між лускатою та рамчастою породами надає додаткові можливості для проведення комплексної оцінки коропових риб, які вирощуються в рибницьких господарствах України.

При дослідженні українських популяцій білого та строкатого товстолобів було проаналізовано генотипи особин за використання п'яти праймерів (CTC)₆C, (GAG)₆C, (AGC)₆G, (ACC)₆G, (AGC)₆C [182, 212].

При аналізі популяційно-генетичної структури, за окремими локусами маркерів, окремих популяцій строкатого товстолоба виявлені достовірні відмінності за праймерами (CTC)₆C та (GAG)₆C.

У популяції строкатого товстолоба ДВСП «Лиманське» за використання праймеру (CTC)₆C сумарно виявлено 18 ампліконів, розмір яких знаходився у межах 2500–750 пар нуклеотидів. Спектри нараховували від 2 до 5-ти ампліконів.

За локусом (CTC)₆C у популяції ДВСП «Лиманське» виявлено вісім бендів. Кількість ампліконів довжиною 1000 п.н., 750 п.н. становила 16,8 %. Кількість ампліконів довжиною 2500 п.н., 1900 п.н., та 1500 п.н. становила 5,6 %. Кількість ампліконів довжиною 1600 п.н., та 900 п.н. становила 11 % (рис. 3.8).

У популяції строкатого товстолоба ДП рибгосп «Галицький» за використання праймеру (CTC)₆C сумарно виявлено 26 продуктів ампліфікації, розмір яких знаходився у межах 1000–500 пар нуклеотидів. Спектри від 1 до 9-ти ампліконів.

За локусом (CTC)₆C у популяції виявлено шість бендів. Кількість ампліконів довжиною 1000 п.н., 700 п.н. становила 23 %.

Кількість ампліконів довжиною 800 п.н., та 750 п.н. становила 7,69 %. З різним відсотковим співвідношенням детектувались амплікони довжиною 850 п.н., та 500 п.н.

У популяції строкатого товстолоба «Донрибкомбінат» за використання праймеру (СТС)₆C сумарно виявлено 21 амплікон, розмір яких знаходився у межах 2000–900 пар нуклеотидів. За локусом (СТС)₆C у популяції виявлено п'ять бендів. Кількість ампліконів довжиною 1200 п.н., 1000 п.н. становила 14,3 %. Найбільша кількість ампліконів була довжиною 900 п.н. і становила 43 %

Також за даним локусом в трьох досліджуваних популяціях виявлена наявність одного спільного алельного варіанту – 1000 п.н. За локусом в популяції ДВСП «Лиманське» та ДП рибгосп «Галицький» у строкатого товстолоба виявлена наявність одного спільного алельного варіанту – 750 п.н. За локусом в популяції ДВСП «Лиманське» та «Донрибкомбінат» у строкатого товстолоба виявлена наявність одного спільного алельного варіанту – 1500 п.н. та 900 п.н.

За використання праймера (GAG)₆C при порівнянні двох господарств ДВСП «Лиманське» та ДП рибгосп «Галицький» нами виявлена специфіка генетичної структури отриманих ампліконів в залежності від географічного розташування господарств.

За локусом (AGC)₆G в трьох популяціях виявлено десять алелів. У популяції ДВСП «Лиманське» нами були виявлені алельні варіанти: 450 п.н., 500 п.н. зустрічалися з однаковим відсотковим співвідношенням 15,2 %, алельні варіанти 2000 п.н., 1500 п.н., 1200 п.н., 1000 п.н. – 3 %, решта алельних варіантів детектувались з різним відсотковим співвідношенням.

За локусом (AGC)₆G в популяції ДП «Галицький» виявлено десять алелів. Виявлені нами алельні варіанти: 2000 п.н., 1500 п.н., 1400 п.н., 1200 п.н. та 450 п.н., 250 п.н. кількість ампліконів становила 2,5 %. Найбільша кількість ампліконів була довжиною 750 п.н. і становила 25 %.

За локусом (AGC)₆G в популяції «Донрибкомбінат» виявлено одинадцять алелів. Найбільша кількість алелів – 2000 п.н., найменша – 300 п.н. Кількість ампліконів довжиною 800 п.н., 600 п.н. становила 16 %. Найбільша кількість ампліконів була довжиною 300 п.н. і становила 20 %.

У результаті досліджень двох популяцій ДВСП «Лиманське» та ДП рибгосп «Галицький» у білого товстолоба за ISSR праймерами виявлені відмінності в генетичній структурі спектрів алелів.

У популяції білого товстолоба ДВСРП «Лиманське» за використання праймеру (СТС)₆С сумарно виявлено 23 продукти ампліфікації, розмір яких знаходився у межах 2000–750 нуклеотидів. Спектри нараховували від 2 до 6-ти ампліконів.

За праймером (СТС)₆С виявлено вісім ампліконів. Кількість ампліконів довжиною 1900 п.н., 900 п.н. становила 17,4 %. Кількість ампліконів довжиною 1800 п.н., 1600 п.н., та 1000 п.н. становила 8,7 %.

У популяції білого товстолоба ДВСРП «Лиманське» за використання праймеру (GAG)₆С сумарно виявлено 25 продуктів ампліфікації, розмір яких знаходився у межах 3500–1300 пар нуклеотидів. Спектри нараховували від 2 до 5-ти ампліконів. За праймером (GAG)₆С виявлено шість бендів. Кількість ампліконів довжиною 3500 п.н., 3000 п.н., 1800 п.н. становила 16 %. Кількість ампліконів довжиною 1500 п.н., 1400 п.н. становила 20 %.

У популяції білого товстолоба ДВСРП «Лиманське» за використання праймеру (AGC)₆ С сумарно виявлено 22 продукти ампліфікації, розмір яких знаходився у межах 2000–450 пар нуклеотидів. Спектри нараховували від 2 до 8-ми ампліконів. За праймером (AGC)₆ С виявлено вісім бендів. Кількість ампліконів довжиною 1800 п.н., 500 п.н. становила 18 %. Кількість ампліконів довжиною 750 п.н., 450 п.н. становила 10 %. Кількість ампліконів довжиною 1700 п.н. становила 23 %.

У популяції білого товстолоба ДП рибгосп «Галицький» за праймером (СТС)₆С сумарно виявлено 39 продуктів ампліфікації, розмір яких знаходився у межах 2500–750 нуклеотидів. Спектри включали від 1 до 9-ти бендів. Найбільша кількість ампліконів була довжиною 750 п.н і становила 23 %. За праймером (СТС)₆С в популяціях виявлено вісім алейних варіантів.

Слід зазначити, що за локусом (СТС)₆С в популяціях ДВСРП «Лиманське» та ДП «Галицький» виявлено однакову кількість алелів – вісім. З них спільними для обох популяцій були алікони дожиною 750 п.н; 1000 п.н; 1500 п.н; 1800 п.н; 2000 п.н. Слід, також, відмітити специфічне відсоткове співвідношення спектрів ампліконів у досліджених популяцій. Найбільша кількість (22 % і 23 % відповідно) коротких ампліконів дожиною 750 п.н виявлена в обох досліджених групах білого товстолобика.

Популяція білого товстолоба ДП рибгосп «Галицький» за локусом (AGC)₆G, виявилась більш поліморфною в порівнянні з популяцією ДВСРП «Лиманське» про що свідчать виявлені десять алейних

варіантів за даним локусом, тоді як в популяції ДВСРП «Лиманське», всього лише – п'ять.

У популяції білого товстолюба ДП рибгосп «Галицький» за локусом (AGC)₆G сумарно виявлено 39 продуктів ампліфікації, розмір яких знаходився у межах 3000–500 нуклеотидів. Спектри включали від 1 до 10-ти ампліконів. Аелельні варіанти 3000 п.н., 2000 п.н., 1000 п.н та 900 п.н. зустрічалися з однаковим відсотковим співвідношенням 5,12 %; 1300 п.н. та 550 п.н. – 12,8 %; 1500 п.н. та 1200 п.н. – 2,5 %. Варіанти ампліконів довжиною 500 п.н. та 750 п.н. становили найбільшу частку у дослідженій групі (23 %, 25,7 %).

У популяції білого товстолюба ДП рибгосп «Галицький» за локусом (ACC)₆G сумарно виявлено 37 продуктів ампліфікації, розмір яких знаходився у межах 2000–450 нуклеотидів. Спектри включали від 1 до 5-ти ампліконів. Аелельні варіанти 2000 п.н., 1900 п.н., зустрічалися з однаковим відсотковим співвідношенням 2,7 %; 1500 п.н. та 1200 п.н. – 5,4 %; 1000 п.н. та 750 п.н. – 11 %. Варіанти ампліконів довжиною 650 п.н., 550 п.н., 500 п.н. та 450 п.н. становили найбільшу частку у дослідженій групі 13,5 %.

У популяції білого товстолюба ДВСРП «Лиманське» за локусом (AGC)₆G нами було виявлено п'ять аелелів, розмір яких знаходився у межах 1300–450 пар нуклеотидів. Аелельні варіанти 600 п.н., та 450 п.н. зустрічалися з однаковим відсотковим співвідношенням 14 %.

Слід зазначити, що за локусом (AGC)₆G в популяціях ДВСРП «Лиманське» та ДП «Галицький» за даним локусом виявлено один спільний аелельний варіант 750 п.н. з високою сумарною часткою (29 % і 25,7 % відповідно).

Ґрунтуючись на отриманих результатах аналізу розподілу аелелів за ISSR-маркерами, встановлені певні специфічні особливості популяцій білого товстолюба ДП рибгосп «Галицький» ДВСРП «Лиманське», та ВАТ «Донрибкомбінат».

Виходячи з отриманих результатів, обрані для вивчення поліморфізму ISSR локуси ДНК для різних популяцій білого товстолюба мають різний рівень поліморфізму, яке характеризується кількістю аелелів. Фактичні відмінності між популяціями товстолюбиків досліджених господарств відрізняються характерними особливостями даних популяцій, відтворених у рибоводних господарствах, а також можуть характеризувати напрямок селекційно-племінної роботи, яка ведеться в даних господарствах.

Таким чином, за використання молекулярно-генетичних маркерів, проведений ISSR-аналіз дозволив вивчити генетичну

мінливість товстолобиків на популяційному рівні. Молекулярний аналіз дозволив встановити генетичний поліморфізм. Крім специфічних маркерів в ISSR-спектрах були виявлені унікальні поліморфні ДНК-фрагменти, притаманні окремим популяціям на рівні виду.

Виявлені в ході даної роботи специфічні «популяційні» поліморфні ISSR-маркери дозволяють використовувати отримані дані в подальших дослідженнях з розробки генетичної паспортизації з використанням існуючих сучасних методик. В подальшому запропоновані генетичні паспорти дозволяють ідентифікувати приналежність риб не тільки до виду, але до конкретної популяції, що дасть можливість використовувати їх в якості основи для подальших всебічних досліджень для молекулярного маркування на популяційному рівні та для встановлення філогенетичних зв'язків, геномного профілю виду, породи, внутрішньопородної групи, а також моніторингу генетичної структури риб, а в цілому також, для різних видів сільськогосподарських тварин.

Метою вивчення популяційно-генетичних досліджень є структура та динаміка генофонду; процесів, які виникають у цих популяціях; генетичних наслідків різних типів схрещувань; впливу штучного добору на спадкові ознаки організму; значення чинників довкілля для розвитку ознак тощо.

Дослідження генетичної структури сприяють ефективному відбору плідників із метою подальшого їх використання при отриманні гібридного потомства від коропа та сазана. Гібридизацію широко застосовують у рибництві завдяки легкому схрещуванню риб у межах виду, використанню штучного осіменіння при заводському розведенні, а також значній плодючості риб, що дозволяє отримувати гібриди у масових кількостях із необхідними комбінаціями генів. У сучасних дослідженнях генетичної структури здебільшого використовують підходи ідентифікації поліморфізму на рівні ДНК [2; 10; 14]. Що обумовлено, насамперед, можливістю проведення адекватного оцінювання як міжпородної, так і внутрішньопородної мінливості досліджуваних особин. Саме застосування у дослідженнях значної кількості маркерів при жорсткому відборі особин із унікальним поєднанням ознак є основним шляхом для вивчення можливих взаємозв'язків між різними морфофізіологічними системами на рівні ДНК [24; 27].

Одним із методів, який дозволяє, до певної міри, провести аналіз генетичної структури, оцінку генетичної різноманітності популяцій

і ступеня інбредності, оцінку генетичних відстаней між лініями, породами і популяціями тварин, філогенетичних взаємовідносин, є метод за використання ISSR-PCR аналізу. Враховуючи, що ISSR-метод має високу відтворюваність і не потребує ін формації про нуклеотидні послідовності, його можна з успіхом застосовувати для виявлення внутрішньовидової генетичної мінливості та ідентифікації популяцій чи ліній [29; 30].

Очевидно також, що і розробка генетично обґрунтованих програм для збереження, поліпшення і раціонального використання генофондів риб неможлива без глибоких досліджень особливостей їхніх генетичних структур. Такі дослідження є також основою визначення ймовірності прояву того чи іншого стану ознаки у майбутніх нащадків. З метою вивчення внутрішньопопуляційної генетичної консолідації та пошуку генетичних відмінностей і з'ясування можливого впливу на її генетичну структуру умов розведення в роботі виконано порівняльний аналіз розподілу фрагментів ДНК у групи сазана амурського за використання ISSR-методу. У дослідженнях використовували особин амурського сазана зі стада, що утримується у рибецеху Конотоп ВАТ Сумирибгосп.

Специфіку генетичної структури у сазана Амурського досліджували за ISSR-PCR методикою виявлення поліморфізму фрагментів ДНК. Для ампліфікації фрагментів ДНК використовували праймери з наступними послідовностями: (СТС)6С, (АГС)6С, (АГС)6G, (GAG)6С, (АСС)6G. Встановлення поліморфізму ДНК відібраних об'єктів досліджень проводили шляхом аналізу спектра отриманих ампліконів. Для одержання матричного спектра в ISSR-PCR методиці використано праймери, структура яких дозволяла оцінити гетерогенність представленої популяції (чотири складові праймери містили 1 якір і 3 тринуклеотиди). На одержаній електрофореграмі спостерігались спектри, що містили специфічні паттерни ампліконів, їх кількість коливалась в інтервалі від 3 до 10 дискретних смуг.

Така вузькодіапазонна варіабельність свідчить про те, що високий ступінь поліморфізму притаманний не всім локусам, які можна було дослідити з допомогою обраних нами праймерів. Одержані спектри оцінювали на гетерогенність зразків. Праймери (СТС)6С і (АСС)6G давали однаковий діапазон молекулярних мас ампліконів (1500–350). Деяко меншу межу розподілу демонстрували праймери (АГС)6С і (АГС)6G (1200–450 та 1100–300 нуклеотидів відповідно). Найменша межа розподілу спостерігалась при використанні праймеру (GAG)6С – 1100–600 нуклеотидів.

Одержані паттерни ампліконів представлені як мажорними (чіткі), так і мінорними (більш розмиті) смугами. За однакової кількості копій повторностей у геномі вираженість коротших фрагментів характеризується меншою інтенсивністю світіння. Ця особливість є причиною виникнення мінорної смуги. Таким чином, у аналізі спектрів враховували залежність інтенсивності світіння як від кількості копій, так і від розміру амплікона. Приміром, для праймера (СТС)6С відмічалось 4 мажорних та 5 мінорних ампліконів, для праймера (AGC)6С – 4 мажорні, для праймера (AGC)6G – 4 мажорні та 6 мінорних, для праймера (GAG)6С – 3 мажорні та 2 мінорні смуги, а для праймера (ACG)6G – 3 мажорних та 7 мінорних. Відомо, що представники корошових, зокрема лускатий короп, характеризуються відсутністю внутрішньопопуляційної варіабельності електрофоретичних спектрів ISSR-PCR ампліконів [29; 30]. Як бачимо, наші дослідження також не показали суттєвої мінливості таких спектрів при використанні даних праймерів у амурського сазана, а отже, доводять високий ступінь внутрішньопопуляційної консервативності.

Залежно від обраного праймеру, мікросателітні послідовності ядерної ДНК особин амурського сазана, використаного у наших дослідженнях, демонстрували дещо різний ступінь внутрішньопопуляційної ідентичності. За літературними даними для індивідуального маркування необхідно використовувати такі праймери, за якими поліморфізм можна встановити лише на рівні особини [30]. Очевидно, що такі праймери мають бути високо специфічними. Праймери, використані у нашій роботі, є цілком придатними для аналізу генетичної структури на рівні популяції або для маркування в межах вибірки.

Загалом наші дослідження та дані, отримані при застосуванні різних праймерів, свідчать про те, що в дослідженій групі сазана існують суттєві відмінності. Використані послідовності ядерної ДНК, що повторюються, можуть бути застосовані для внутрішньопопуляційного генотипування. Зважаючи на відносну простоту ISSR-PCR методу та незначні витрати для проведення досліджень із його використанням, такий аналіз є перспективним методом при дослідженні популяцій риб.

Висновки

При використанні 7-ми генетико – біохімічних систем виявлено породоспецифічні особливості будови генетичної структури лускатих і рамчастих коропів антонінсько – зозуленецького внутріш-

ньо порідного типу. За досліджуваними генетико-біохімічним системам вивлено поліморфізм за локусами TF, ALB, EST, а такі системи як CP, AM, PN, HB представлені мономорфними локусами. Підвищена аельна і генотипова одноманітність досліджених внутрішньопородних типів лускатого і рамчастих коропів, очевидно, могла бути зумовлена відносно високою інтенсивністю проведеної з ними селекційної роботи. Встановлені видові особливості генетичної структури популяцій товстолобиків. У групі строкатого товстолобика виявлена значна кількість досліджених генетико-біохімічних систем представлена надлишком гетерозиготних особин, порівняно із групою білого товстолобика. Виходячи із значень середньої гетерозиготності, досліджувані вибірки племінного ядра амурського сазана провідних племінних підприємств з розведення амурського сазана характеризуються високим розмахом генетичної мінливості і потребують в подальшому генетичної консолідації. Таким чином, обрані генетико-біохімічні системи, в поєднанні з фенотиповими ознаками дадуть змогу, в подальшому, оцінити рівень генетичної мінливості, генотиповий склад, ступінь внутрішньо – і міжпопуляційної диференціації, які є обов'язковими при проведенні селекційно-племінної роботи в рибицтві.

Результати проведених досліджень з використанням методики на підставі поліморфізму ДНК-маркерів показали, що для індивідуального генотипування необхідно підбирати високо-специфічні маркери, поліморфізм за якими можна виявляти на рівні особин. Даний метод придатний для аналізу популяцій коропових і доцільний для порідного маркування на рівні міжпорідних груп коропових. На підставі результатів досліджень можна стверджувати, що даний метод аналізу часто повторюваних послідовностей ядерної ДНК цілком придатний для популяційного генотипування і аналізу філогенетичних відносин порід коропових. Ґрунтуючись на вищевикладеному матеріалі, вважаємо, що отримані дані щодо поліморфізму ядерної ДНК основних об'єктів рибицтва повинні бути покладені в основу ведення раціональної селекційної роботи в племінних рибоводних господарствах України. Вони також дають можливість вивчення популяційних і філогенетичних процесів в даних популяціях.

Список використаних джерел:

1. Avise J. Molecular markers, natural history and evolution. USA : Champan & Hall. ITP International Thomson Pub. Comp., 2003. 511 p.

2. O'Reilly P., Wright J. M. The evolving technology of DNA fingerprinting and its application to fisheries and aquaculture : *Journal of Fish Biology*. 1995. Vol. 47. P. 29–55.

3. Алтухов Ю. П., Рычков Ю. Г. Популяционные системы и их структурные компоненты. *Генетическая стабильность и изменчивость : Общая биология*. 1970. Т. 31. С. 507–526.

4. Кирпичников В. С. Генетика и селекция рыб. Ленинград : Наука, 1987. 520 с.

5. Аллендорф Ф. У., Риман Н., Аттер Ф. М. Генетика и управление рыбным хозяйством. *Популяционная генетика и управление рыбным хозяйством* / под ред. Риман Н., Аттер Ф. Москва : Агропромиздат, 1991. С. 15–36.

6. Демкина Н. В., Шарт Л. А., Баранова Н. А. Использование биохимических маркеров для оценки генетического разнообразия стад карпа. *Сборник научно-технологической и методической документации по аквакультуре*. Москва : ВНИРО, 2001. С. 117–131.

7. Демкина Н. В. Биохимические маркеры в селекции и разведении карповых рыб : дис. ... докт. биол. наук : 03.00.10. Москва, 2005. 256 с.

8. Паавер Т. Биохимическая генетика карпа (*Cyprinus carpio* L.). Таллинн : Валгус, 1983. 122 с.

9. Генетика изоферментов / Корочкин Л. И. и др. Москва : Наука, 1997. 275 с.

10. Wallace R. B. DNA recombinant technology. Boca Raton (Fla.) : CRC Press, 1983. 212 p.

11. Schlotterer C. Evolutionary dynamics of microsatellite DNA. *Chromosoma*. 2000. Vol. 109. P. 365–371.

12. ISSR-PCR маркеры и мобильные генетические элементы в геномах сельскохозяйственных видов млекопитающих / Глазко В. И. и др. *Сельскохозяйственная биология*. 2013. № 2. С. 71–76.

13. Phy-logeny of bovine species based on AFLP fingerprinting / Buntjer J.B., et al. *Heredity*. 2002. V. 88, № 1, P. 46.

14. Сулимова Г. И. ДНК-маркеры в генетических исследованиях: типы маркеров, их свойства и области применения. *Генетика*. 1995. Т. 31, № 9. С. 1294–1299.

15. Comparative Analysis of Using Isozyme and ISSR-PCR Markers for Population Differentiation of Cyprinid Fish / Zhigileva O. N. et al. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2013. Vol. 13. P. 159–168.

16. Genetic Diversity and Phylogenetic Relationship as Revealed by Inter Simple Sequence Repeat (ISSR) Polymorphism in the Genus *Oryza* / Joshi S. P. et al. *Theor. Appl. Genet*. 2000. Vol. 100. P. 1311–1132.

17. Тарасюк С. І., Грициняк І. І. Молекулярно-генетичні дослідження в риборицтві : монографія. Київ : Аграрна наука, 2013. 312 с.

18. Грициняк І. І., Тарасюк С. І. Актуальні завдання генетичних досліджень у рибному господарстві. *Оптимальне використання, збереження і відтворення водних живих ресурсів – нагальні завдання товаровиробників рибопродукції та наукових установ рибної галузі* : матеріали наук.-практ. семінару, проведений 12 черв. 2009 р. під час виставки «FishExpo – 2009» : Київ : КПІ, 2010. С. 96–108.

19. Нагорнюк Т. А., Особа І. А., Тарасюк С. І. Аналіз генетичної структури короново-сазанових гібридів за використання окремих генетико-біохімічних систем. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2008. Вип. 4 (47). С. 180–186.

20. Грициняк І. І., Нагорнюк Т. А., Тарасюк С. І. Генетична структура порід і породних груп коропів за окремими генетико-біохімічними системами *Рибогосподарська наука України*. 2008. № 1. С. 29–33.

21. Борисенко Н. О., Тарасюк С. І. Використання генетико-біохімічних систем для диференціації білого та строкатого товстолобиків. *Рибне господарство*. 2009. Вип. 67. С. 25–29.

22. Олексієнко О. О., Томіленко В. Г., Кучеренко А. П. Інструкція з організації та ведення промислової гібридизації в коропівництві. *Інтенсивне риборицтво*. Київ : Аграрна наука, 1995. С. 74–83.

23. Глазко В. И., Глазко Г. В. Введение в генетику, биоинформатика, ДНК-технология, геновая терапия, ДНК-экология, протеомика, метаболика : учеб. пос. Киев : КВИЦ, 2003. 640 с.

24. Zietkiewicz E., Rafalski A., Labuda D. Genome fingerprinting by sequence repeat (SSR) – anchored polymerase chain reaction amplification. *Genomics*. 1994. Vol. 20. P. 176–183.

25. Microsatellites: genomic distribution, putative functions and mutational mechanisms: a review / You-Chun L. et al. *Molecular Ecology*. 2002. Vol. 11. P. 2453–2465.

26. Manninen O., Kalendar R., Schulman A. H. Application of BARE-1 retrotransposon markers to the mapping of a major resistance gene for net blotch in barley. *Molecular Genetics and Genomics*. 2000. Vol. 264, № 3. P. 325–334.

27. Baldi P., Basnee P. F. Sequence analysis by additive scale: DNA structure for sequences and repeats of all lengths. *Bioinformatics*. 2000. Vol. 16. P. 865–889.

28. Nei M. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. *Genetics*. 1978. Vol. 89. P. 583–590.

29. Городная А. В., Мариуца А. Э., Тарасюк С. И. Исследование информативности ДНК маркеров при изучении специфики генети-

ческой структуры сазана амурского. *Рыбоводство и рыбное хозяйство*. 2011. № 3. С. 46–51.

30. Городна О. В., Грициняк І. І., Тарасюк С. І. Особливості виявлення поліморфізму у коропових за використання ДНК маркерів. *Рибне господарство*. 2009. Вип. 66. С. 55–59.

РОЗДІЛ 6. ПРОЄКТУВАННЯ, БУДІВНИЦТВО І УДОСКОНАЛЕННЯ АГРАРНОЇ ТЕХНІКИ ТА ОБЛАДНАННЯ

DOI <https://doi.org/10.36059/978-966-397-240-4-19>

Солоха М. О.

*доктор сільськогосподарських наук,
завідувач лабораторії інструментальних методів
досліджень ґрунтів
Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства
та агрохімії імені О. Н. Соколовського»
м. Харків*

Винокурова Н. В.

*провідний інженер лабораторії інструментальних методів
досліджень ґрунтів, стандартизації та метрології
Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства
та агрохімії імені О. Н. Соколовського»
м. Харків*

ПАРАМЕТРИ НАЛАШТУВАННЯ ЛАЗЕРНОГО ДИФРАКТОМЕТРА ТА ПІДГОТОВКА ПРОБИ ҐРУНТУ ДО АНАЛІЗУВАННЯ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ РОЗМІРУ ЧАСТИНОК, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ У СВІТІ

Анотація. Зроблено огляд світової літератури щодо підготовки проби ґрунту та параметрів налаштування приладу при лазерно-дифракційному визначенні гранулометричного складу ґрунту.

Класичні методи використовують як еталон при вимірюванні методом лазерної дифракції, а отже і підготовку проб до аналізування на приладі роблять подібну, застосовуючи такі ж самі реактиви та способи видалення(або залишання) органічної речовини, карбонатів, розчинних солей, та аналогічну дезагрегацію

зразка. Але підготовка проб до аналізування різниться від автора до автора оскільки використовуються різні стандартні методики. Розбіжності у будові приладів та застосованій оптичній та детекторних систем призводить до одержання різних даних при однаковій підготовці проб до аналізування. Параметри налаштування лазерного дифрактометра(ЛД) визначають імперично в залежності від моделі приладу та оптичних властивостей мінералу, що переважає в ґрунті. Порівняння даних одержаних класичними методами з лазерно-дифракційними, говорить про необхідність подальших досліджень у використанні методу лазерної дифракції у ґрунтознавстві, адже покищо дані різняться та потребують кореляції. Це не стоїть на заваді у використанні методу лазерної дифракції при одночасному визначенні текстури ґрунту по різним класифікаціям.

Перелік використаних скорочень

ДСТУ – державний стандарт України

ГС – гранулометричний склад

ЛД – лазерна дифракція

МА – аерометричний метод визначення розподілу частинок за розмірами

ПМ – піпет-метод визначення розподілу частинок за розмірами

Вступ

У сучасному світі на науковому ринку з'являється все більше нового обладнання та приладів для визначення стану ґрунту та його показників: рентенофлюоресцентні спектроскопи, електронні мікроскопи, седиментографи, лазерні дифрактометри тощо. Вони дозволяють більш швидко, точно, з меншими затратами на роботу визначати хімічні та фізичні властивості ґрунту. Одним з найважливіших фізичних показників ґрунту є визначення гранулометричного складу (ГС), що дозволяє встановити його різноманітність, яка впливає на повітряно-водний баланс та можливість накопичувати та утримувати поживні речовини; морфологію.

Під гранулометричним складом розуміють кількісний розподіл частинок механічних елементів різного розміру. Ряд методів, які є загальноприйнятими у світі для визначення розподілу частинок ґрунту за розмірами, стали класичними: просіювання на ситах, аерометричний та піпетковий (засновані на законі Стокса). Кожен з методів визначає діаметр частинки твердої фази ґрунту в залежності від її фізичних властивостей:

- в ситовому методі – це орієнтовний розмір поперечного діаметру частинки, яка пройшла крізь сито певним діаметром комірки;

- в піпетковому та аерометричному методах – «Стоковий діаметр», це коли частинка має таку ж швидкість седиментації, що і сферична частинка певного діаметру з визначеною щільністю.

Також вони мають свої обмеження: просіювання використовують лише для частинок більших 0,063 мм, седиментації – менших 0,25 мм або 0,063 мм в залежності від методики. Останній вимагає вартісних реактивів, потребує чималого часу та постійно стабільної температури приміщення, і є досить трудомісткий. Згідно стандартів [1; 2], для його проведення необхідно заздалегідь визначити питому вагу або щільність твердої фази ґрунту, гігроскопічну вологість, розкласти органічні матеріали (триватиме від 1 доби), видалити карбонати та розчинені солі, а також провести вимірювання щільності суспензії або відбирання проби суспензії в залежності від часу осідання частинок, що може тривати до 34 годин.

З новітніх методів визначення розміру частинок ґрунту найбільшу зацікавленість у ґрунтознавців викликають мікроскопічний та лазерно-дифракційний. Найточнішими вважаються методи, що базуються на мікроскопії, які дозволяють безпосередньо спостерігати за частинками і визначати форму та розмір. Розрахунковий розмір виражається як діаметр кулі, що має таку саму проекційну площу, що і проєктоване зображення частинки [9]. Оптичну мікроскопію найчастіше використовують для дослідження частинок від 3 мк до 150 мк. Але електронна мікроскопія потребує складної пробопідготовки, а в оптичному мікроскопі можливо розглянути лише обмежену кількість частинок і потребується досвідчений персонал для підрахунків частинок з різним розміром.

В умовах постійної зміни клімату зростає необхідність у швидкісному, з недорогою собівартістю, методу визначення гранулометричного складу ґрунту. Одним з таких новітніх методів може стати метод лазерної дифракції, який вимірює діаметр частинок на основі законів оптики (заломлення, поглинання та відбиття променю), дифракції світла. Розподіл частинок за розміром здійснюється за оптичної моделлю розрахунку: модель дифракції Фраунгофера чи модель розсіювання Мі (ISO 13320:2020)[3]. Лазерно-дифракційний метод не вимагає постійної температури суспензії протягом тривалого часу, як в седиментаційному методі та дозволяє

встановлювати одночасно як межі фракцій методом Н. А. Качинського, так й міжнародних класифікацій або будь які інші, а також зробити інтегральний розподіл частинок у діапазоні вимірювання приладу. В усьому світі проводяться дослідження щодо впровадження методу лазерної дифракції в ґрунтознавство, седиментологію та геологію. Згідно ISO 13320:2020 «техніка лазерної дифракції розвинулась настільки, що зараз вона є домінуючим методом визначення розподілу частинок за розміром». Але ґрунт «має специфічні генетико-морфологічні ознаки і властивості» (Вікіпедія [4]), тому не має однакових для всіх типів ґрунту оптичних властивостей, що унеможливорює встановити загальні параметри налаштування приладів. І хоча виробники виробляють прилади, що базуються на одних і тих самих загальних принципах лазерної дифракції, але різниця оптики та детекторів приладів, математичних алгоритмів перетворення сигналів з детекторів у дані розподілу частинок за розміром дають дані вимірювання одного приладу, що відрізняються від іншого, для того ж самого ґрунту з однаковою підготовкою перед вимірюванням та однаковими налаштуваннями (використана одна і та сама оптична модель розрахунку Фраунгофера або Мі) [5–8]. Тому, враховуючи залежність вихідних даних розподілу від конструкції приладів, «порівняння результатів з різних інструментів можуть вводити в оману» [9].

1. Способи підготовка зразка ґрунту до аналізування методом лазерної дифракції у світі

У наукових статтях, які стосуються лазерної дифрактометрії, автори використовують різні способи пробопідготовки в залежності від типу зразка, методу з яким зрівнюють дані, стабільності параметрів на ЛД та стандартної методикою підготовки ґрунту для аналізування в даній країні. Так, ґрунт висушували до повітряно-сухого стану та просіювали крізь сито 2 мм [7; 11–19] або сушили за 105 °С та просіювали крізь сито 2 мм [20–22], або сушили на повітрі за 30 °С протягом 24 годин, а потім сушили в духовці при 110 ± 5 °С протягом ще 24 годин та просіювали на сито # 200 (~ 75 мкм) [23; 24]). В Україні під час відбору проб ґрунту для аналізування керуються ДСТУ 4287:2004 [25], ДСТУ ISO 10381-1 [26]. Попередню обробку зразка для визначення фізико-хімічних показників роблять згідно з ДСТУ ISO 11464:2007 [27], ДСТУ 4744:2007 [28], ДСТУ 4728:2007 [29] або ДСТУ 4730:2007 [1]. В Україні, в ґрунтознавстві, для визначення гранулометричного складу ґрунту

переважно використовують ДСТУ 4730:2007 [1], за яким вміст у ґрунті фракцій гранулометричних елементів різного розміру визначають згідно модифікованого методу Н. А. Качинського. На його основі побудована класифікація ґрунтів України по гранулометричному складу. Він передбачає висушування ґрунту у спеціальному приміщенні до повітряно-сухого стану, вилучення з нього залишків рослин, тварин та включень не природнього походження, методом квартування відбір середньої проби масою 100–150 г та розтирання зразка у порцеляновій ступці товкачиком із гумовим наконечником. В країнах світу авторами застосовуються інші стандарти: у Німеччині– DIN 18123, 2011 та DIN EN ISO 17892–4, 2014, DIN 19683 [11; 47], у Австралії– AS 1289.3.6.3–2003 та ISO D. 11277:2002 [12], у Росії– ГОСТ 12536–2014 [19], у Китаї – SL-237, 1999 [22], у Туреччині – ASTM D 422 (2007) [24], у Польщі – ASTM D7928–17 та EN ISO 17892–4 [41], у Бразилії – NBR 7181 [53], в Угорщині – MSZ-08–0205 (1978) та ISO 11277 2009 [64, 74]. Кожен зі стандартів має свої відмінності.

Аналізуючи літературу щодо лазерної дифрактометрії, можна побачити, що існує багато різних способів підготування зразків до вимірювання та внесення його до гідроблоку. Вони різняться від автора до автора. Так, найпростішим способом при вимірюванні на ЛД є безпосереднє додавання повітряно-сухого ґрунту до гідрокювети, але Д.Е. Черномаз та співавтори [15] зазначають, що за відсутності диспергування у розподілу частинок є істотні похибки. С. S. Kasmercha зі співавторами [30] під час визначення агрегатної стійкості додавала сухий ґрунт до диспергувального модуля та спостерігала зменшення кількості більших агрегатів з часом. Для матеріалів низької міцності (карбонатні катакластичні брекчії) під час багаторазової циркуляції в дисперсній установці спостерігалася зміна у розмірі частинок [31]. Якщо ж використовували пісок, або матеріали з високою міцністю, то на результати здобутих даних вплинули перш за все швидкість насосу, явище розпаду частинок (агрегатів) на більш дрібні не спостерігалось (при цьому ультразвук не використовувався) [31; 32]. Звідси випливає, що цей спосіб вимірювання підходить перш за все для чистих пісків і матеріалів високою міцністю.

А. Bieganowski та співавтори [33] зазначили, що найдрібніші частинки, які дуже легкі, можуть залишатися на поверхні води. Для репрезентативності ISO 13320:2020 [3] рекомендує готувати пасту, оскільки необхідна для лазерно-дифракційного аналізу наважка

відносно мала (від 0,1 г до декількох грамів для піщаного ґрунту). Р. Вuurman [34] також це підтверджує, адже змочування та ретельне перемішування піщаної проби перед додаванням підпроби до гідрокювети забезпечило хорошу відтворюваність. Це означає, що зразок перед вимірюванням розподілу частинок за розмірами, принаймні, повинен бути вологим у піщаних ґрунтах та дезагрегованим для всіх інших.

Щоб визначити гранулометричний склад ґрунту, перед вимірюванням необхідно провести руйнацію агрегатів: механічно (ультразвуком, струшування) або хімічно, шляхом додавання диспергуючого реагента. Також перед вимірюванням, в залежності від методики, видаляють органічні речовини, карбонати та розчинні солі. Видалення органічних речовин багатьох авторів статей для визначення розподілу частинок за розмірами методом ЛД не проводили [7; 13–16; 24; 31; 35–41]. А. Юдина [19], проводячи вибір способу попереднього видалення органічної речовини зі зразків, визнає, що окислення 30 % перекисом водню H_2O_2 протягом 7 діб є найбільше повним та сприяє більшому виходу мулистій фракції, але окислення призвело до зміни градації в класифікації ґрунтів за гранулометричним складом за класифікацією Н. А. Качинського. F. Gresina [8] зазначила, що внаслідок обробки ґрунту соляною кислотою та перекисом водню відбувається зміна співвідношень різних фракцій. С. Rasmussen та К. Dalsgaard [21] зробили висновок, що видалення органічного вуглецю із зразків з низьким вмістом органічного матеріалу не впливає або мало впливає на розподіл частинок за розміром, але якщо зразок має більше 2 % органічного вуглецю, його видалення впливає на розподіл. У світовій практиці під час визначення гранулометричного складу ґрунту сито-піпет методом видалення органічної речовини є рекомендованою процедурою [2; 42; 43], тому частина авторів [6; 8; 17; 21; 44–48] перед вимірюванням лазерно-дифрактометричним методом зі зразків все ж таки видаляли органічні речовини, використовуючи при цьому частіш всього перекис водню H_2O_2 . А. В. Gray зі співавторами [45], проводячи порівняння даних зразків з обробкою перекисом водню та без обробки, прийшов до висновку що «на фактурні співвідношення та показники центральної тенденції розподілу частинок за розмірами, охоплюючи модальний аналіз, може сильно вплинути наявність органічних частинок». Це підтверджується в дослідженнях А. Makó зі співавторами [44] та F. Gresina [8]. Schulte P. [47] і Fisher P. зі співавторами [12] видаляли

органічні речовини гіпохлоритом натрію (це підходить для ґрунтів південно-західної Вікторії (Австралія)) прийшли до висновку, що немає необхідності попередньо видаляти вуглець під час вимірювання на лазерному дифрактометрі Mastersizer 2000 (Malvern Instruments, Malvern, UK), адже «використання попередньої обробки зразків, як правило, скоріше погіршувало ніж покращувало Lin's CСС». Цей етап пробопідготовки подовжує загальний час визначення розміру частинок ґрунту методом ЛД. Тому залишати або видаляти органічну речовину в зразку для аналізування під час вимірювання на ЛД залежить від того, який ґрунт використовують (наявність органіки та гумусу) та за якою стандартною процедурою проводять підготовку ґрунту для визначення гранулометричного складу в тій чи іншій країні. ISO 13320: 2020 [3] не регламентує цей параметр. Це стосується і видалення карбонатів та розчинних солей. Процедуру видалення карбонатів проводили декількома способами: розбавленою соляною кислотою [6; 8; 11; 34; 47; 48], буферним розчином ацетату натрію [49; 50], оцтовою кислотою [46]. В. Lucke і U. Schmidt [11] вважають, що «не бажано видаляти карбонат кальцію задля аналізу розміру частинок вапняних наземних ґрунтів та відкладень, адже це впливає на результати вимірювань. Якщо необхідно досягти максимальної точності розподілу частинок за розміром, слід провести декілька аналізів, що поєднують об'ємний аналіз зразків з видаленням CaCO_3 і без нього, та оптичними оцінками тонких зрізів». М. Kopert and J.Vandenberghe [51] стверджують, що під час вимірювань не повинно бути флокуляції частинок, тому видаляли карбонати. Вони переконані, що неадекватна попередня обробка впливає на результати вимірювань. Р. Vuurman з співавторами, проводячи аналізи, відзначили, що флокуляцію можливо усунути шляхом повної попередньої обробки зразка або шляхом використання ультразвуку [49].

Для запобігання флокуляції в якості реагента під час вимірювання на ЛД використовували:

- розчин гексаметофосфату натрію $\text{Na}_6[(\text{PO}_3)_6]$ [7; 10–13; 15; 17–19; 23; 24; 35; 36; 44; 48; 50; 52; 53];
- розчин 0,05 М поліфосфату натрію (сіль Грехема (NaPO_3)_n) [7; 19; 38; 40; 54];
- 3,6–5,0 % розчин пірофосфату натрію $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ [6; 8; 15; 16; 19; 20; 37; 39; 41; 46; 47; 49].

В Україні згідно з ДСТУ 4730:2007 [1] видаляють карбонати розчином соляної кислоти з молярною концентрацією $c_{(HCl)}$, яка дорівнює 0,2 моль/дм³ для карбонатних та 0,05 моль/дм³ для некарбонатних ґрунтів, а також для диспергування зразка кип'ятять проби в дистильованій воді з додаванням 4–5 см³ розчину гідроксиду натрію з молярною концентрацією $c_{(NaOH)} = 1$ моль/дм³. Даних щодо використання даної процедури підготовки ґрунту для визначення розподілу частинок за розміром (як в ДСТУ 4730:2007 [1]) методом ЛД в літературі не зустрічається.

Для дезагрегації ґрунтів в лазерній дифрактометрії також часто використовують ультразвук в поєднанні з пептизуючою речовиною [6; 7; 11–13; 16; 21; 23; 24; 30; 34; 35; 38; 40; 41; 44; 45; 52; 53; 55;] або тільки ультразвук [19; 31; 32; 56; 57]. Під час дослідження впливу ультразвуку на розподіл частинок за розмірами F. Storti та F. Balsamo [31] зазначили, що в зразках низької міцності застосування ультразвуку призводить до збільшення дрібних частинок за рахунок полірування більших, однак на еоловий пісок ультразвук має незначний вплив. M. Özer зі співавторами [24] навпаки вважають, що за одночасного використання калгону та ультразвуку, збільшення обсягу дрібної фракції є показником ефективності диспергування. В той же час M. Ryzak та A. Bieganski [55] застерігають, що використання одночасно ультразвукового (застосування протягом 4 хв при максимальній потужності 35 Вт) та хімічного (із застосуванням розчину гексаметафосфату натрію) методів диспергування може призвести до агрегації (не диспергування) частинок ґрунту, також вони відзначили еквівалентність цих методів дисперсії зразка. Трофимов В.Т. зі співавторами [16] за використання ультразвуку потужністю 100 Вт на аналізаторі Analysette 22 MicroTec не помітили впливу ультразвуку на руйнацію мінеральних частинок, як і на диспергацію. C. Rasmussen та K. Dalsgaard 2017 [21] вважають, що час, необхідний для застосування ультразвуку, не повинен перевищувати 60 секунд, оскільки деякі частинки з низькою міцністю під впливом ультразвуку можуть зруйнуватися, створюючи таким чином розподіл частинок за розміром, де кількість дрібних частинок завищена. Провівши дослідження диспергації зразків, А. Юдина [19] зробила висновок, що «жоден з опрацьованих хімічних способів пробопідготовки ґрунтів до гранулометричного аналізу не забезпечує близького ступеня дисперсності зразка, яку можна здобути використанням

ультразвукового методу». Зразки ґрунту при цьому, за її словами, можна поділити на ті, що мають стійку мікроструктуру та нестійку (енергія ультразвуку $65 \text{ Дж/мл}^{-1}\text{є}$ точкою поділу), та чим більш стійку мікроструктуру має ґрунт, тим більша ультразвукова енергія потрібна для руйнації мікроагрегатів. Оскільки автори статей по ЛД мають різні думки щодо часу та потужності використання ультразвуку, то в подальшому перед його застосуванням потрібно проводити додаткові дослідження для різних типів ґрунту та його впливу на частинки (використовуючи при цьому електронну мікроскопію щоб спостерігати зміни).

2. Параметри налаштування лазерного дифрактометра

На ринку представлені різні моделі лазерних дифрактометрів, схеми будови яких описані в ISO 13320:2020 [3]. Під час роботи з дифрактометром оператор повинен визначитися та встановити такі параметри: дисперсійне середовище, час вимірювання, швидкість насосу та мішалки, оптичну модель розрахунку (модель дифракції Фраунгофера, модель розсіювання Мі). В лазерно-дифракційному методі, як і в інших методах визначення розподілу частинок ґрунту за розмірами в ґрунтознавстві, в якості дисперсійного середовища найчастіше використовують воду (дистильовану або водопровідну) з показником заломлення 1,33.

Час вимірювання повинен бути репрезентативний для визначення розміру всіх частинок, що проходять крізь вимірювальну комірку. В літературі лише декілька авторів приділили цьому увагу. Наприклад, К. А. Dias [52], проводячи дослідження впливу часу вимірювання на результати, визнала, що для Malvern Mastersizer 2000 з Hydro 2000 найкращій час вимірювання становить від 7 до 17 хвилин. Але А. Bieganski [33], проводячи дослідження на аналогічному приладі, встановив, що для Mastersizer 2000 з Hydro MU за «тривалості вимірювання 20 с. і більше, медіана розподілу частинок за розміром стає набагато стабільнішою». Т. М. Zobeck [13] та G. Eshel зі співавторами [35] в середньому визначали для кожного тесту три показники за 1 хв. С. Di Stefano зі співавторами [58] і W. Weipeng зі співавторами [17] – кожен зразок піддавали 60-секундному оптичному вимірюванню, С.С. Kasmerchaka зі співавторами [30] – близько 2 хв. Дані різняться. Для аналізатора частинок Malvern Mastersizer 3000E виробник рекомендує для кожного тесту включати 5 вимірювань з попередньою затримкою вимірювання 20 секунд, для забезпечення

дисперсії у системі, та затримку між вимірюваннями 5 секунд [59]. Інші виробники ЛД також можуть рекомендувати певний час вимірювання, але краще все ж таки це перевіряти для певного типу ґрунту та за необхідністю коригувати.

Для різноманітних моделей гідроблоків лазерних дифрактометрів швидкість встановлюється або окремо для накачування та окремо для перемішування, або одна загальна, якщо мішалка інтегрована з насосом. Цей показник досліджувався декількома авторами статей, більшість яких стосувалася лазерного дифрактометра Mastersizer2000 (Malvern Instruments, Malvern, Великобританія) з різними блоками диспергування: Hydro 2000 S, Hydro 2000 MU, Hydro 2000, Hydro 2000G [31; 52; 55; 57; 60]. Вони відзначили, що низька швидкість перемішування та накачування призводить до осідання крупних частинок на дно комірки, що призводить до заниження фракції піску. З іншого боку занадто велика швидкість спричиняє утворення бульбашок та виплескування суміші з ємності, що спотворює результати вимірювання. F. Storti і F. Balsamo [31] та M. Ryz`ak і A. Bieganski [55] вважають, що швидкість потрібно встановлювати у діапазоні 2000–3000 об/хв, якщо мішалка інтегрована з насосом, при цьому треба враховувати міцність матеріалу. Як оптимальне значення приймали різні швидкості: 3000 об/хв [14; 57], 2600 об/хв [52], 2500 об/хв [10; 31; 60], 2000 об/хв [19; 30; 31]. A. Bieganski [61] для активного мулу найбільш придатною визнав швидкість 1200 об/хв та 1000 об/хв відповідно для Hydro 2000 MU та Hydro 2000 G.A. Sochan зі співавторами [62], проводячи порівняння цих двох блоків диспергування, вважає що для ґрунтів, які містять дрібні частинки, найбільш підходить Hydro 2000G зі швидкістю: насоса 1750 об/хв. та мішалки 700 об/хв. Ці параметри налаштування використали також С. Polakowski зі співавторами [63] та А. Макó зі співавторами [44; 64]. Інші автори працювали за 2000 об/хв. та 900 об/хв. відповідно [65], 2000 об/хв. та 800 об/хв. [12]. Для Analysette 22 Fritsch С. Di Stefano зі співавторами [58] встановлювали швидкість мішалки 60–70 об /хв. Згідно з ISO 13320:2020 [3] накачування повинно бути таким, що гарантує проходження зони вимірювання всіх частинок різного розміру з однаковою швидкістю. Для Malvern Mastersizer 3000E виробник рекомендує швидкість 2500 об/хв, що підходить для більшості проб [59].

В статтях часто обговорюється питання вибору оптичної моделі розрахунку: модель дифракції Фраунгофера чи модель розсіювання Мі. У теорії Фраунгофера вимірюваний розподіл інтенсивності описується так званою дифракцією лазерного світла на частинках. Але для прозорих і особливо для дрібних частинок, не можна дотримуватися лише дифракції, адже ще має місце розсіювання електромагнітних світлових хвиль. Це явище описує теорія Мі. Як застерігають А. Jilavenkatesa зі співавторами [9] «слід пам'ятати, що модель Фраунгофера не є дійсною у діапазоні розмірів приблизно від 2 мкм до 4 мкм». За відсутності належного обчислювального приладу в ранніх моделях лазерних дифрактометрів використовувалась модель дифракції Фраунгофера [3; 5; 66]. Це більш простий спосіб визначення розподілу частинок за розміром ніж теорія Мі. Дана модель не потребує знання оптичних властивостей матеріалу, але вона підходить лише для зразків коли розмір частинок набагато більший за довжину хвилі та(або) частинки є абсолютно непрозорими (ISO 13320:2020 [3]). Цю модель деякі автори все ж таки використовували для аналізу ґрунтів, пояснюючи це тим, що вона більше придатна для несферичних частинок глини [64], невідомі оптичні параметри [7; 21; 40; 41; 55], використовувалися частинки з діаметром більше 36 мкм [47]. Vandecasteele В. зі співавторами [50] використали цю теорію, оскільки результати для оптичної моделі Мі були дуже схожі на дані, розраховані за допомогою моделі Фраунгофера. Проводячи порівняння цих двох моделей розрахунку для полістиролу G. В. J. de Вое зі співавторами [67] прийшли висновку, що для вимірювання розподілу частинок за розміром краще використовувати модель описану теорією Лоренца-Мі ніж Фраунгофера. Y. С. Agrawal та Н. С. Poti'smit [68] вважають, що коли показник заломлення низький, як для частинок скляних сфер у воді, наближення Фраунгофера є поганим показником розсіювання сферами, тому використовували теорію Мі. Аналогічне підтверджується в роботі С.М. G. Heffels зі співавторами [69] де проводили моделювання розподілу за обсягом штучних частинок. Згідно з ISO 13320:2020 [3] «теорія Мі забезпечує строге рішення, справедливе для всіх розмірів сфер. При використанні цієї теорії передбачається, що: а) всі частинки оптично однорідні, ізотропні та сферичні (хоча можна розглянути також деякі спеціальні або правильні форми, тобто сфери з покриттям); б) частинка висвітлюється плоскою хвилею відомої довжини хвилі; в) відомий показник заломлення частинки, як дійсний, так і уявний,

та показник середовища, в якому вона диспергована; г) частинки не мають поверхневих зарядів і поверхневих струмів».

Складність розрахунку теорією Мі полягає у тому, що необхідно знати оптичні властивості як дисперсної системи так і частинок. Різноманітність мінерального складу ґрунтів унеможливило визначення загального як дійсного коефіцієнта заломлення так і уявного. У зв'язку з цим автори статей по лазерній дифрактометрії приймали різні значення цих показників. Частіш за все коефіцієнт заломлення частинок ґрунту приймався як для мінералу який переважно складав аналітичний зразок та використовувалося значення з таблиць [70; 71], які зазвичай виміряні на довжині хвилі 589 нм, що відрізняється від довжин хвиль, які застосовують в лазерно-дифракційних приладах. Так у Malvern Mastersizer 3000E, Mastersizer 3000, Mastersizer 2000, використовують геліо-нейронову лампу з довжиною хвилі 632,8 нм та LED з довжиною хвилі 470 нм, у Coulter LS-100, LS-230 – це монохроматичне світло з довжиною хвилі 750 нм, у SALD-201V фірми Shimadzu напівпровідниковий лазер з довжинами хвиль 607 нм та 405 нм, у Fritsch Analysette 22 Micro Tec два лінійно поляризовані лазери: зелений – 532 нм та інфрачервоний – 940 нм (532 нм та 850 нм для Analysette 22 фірми Fritsch GmbH), у LA-950 Laser Particle Size Analyser фірми Horiba Ltd. лазер з довжинами хвиль 650 нм (червоне) та 405 нм (синє), у Microtrac S3500 LDS, який має трилазерну систему з довжиною хвилі 780 нм. Структура розсіювання на детекторах – це сума окремих картин розсіювання, створюваних кожною частинкою, що взаємодіє з падаючим пучком світла в об'язі зразка. Різниця в довжинах хвиль частково пояснює розбіжність у даних розподілу частинок здобутих на різних приладах, оскільки індекс рефракції змінюється в залежності від довжини хвилі і в певній мірі від температури, тому табличне значення буде відрізнятися від реального, яке буде різнитися від приладу до приладу. На розсіювання світла впливає характер поляризації падаючого світла, оптичні властивості частинки і шорсткість поверхні частинки [9]. Різниця в оптичних параметрах різних частинок, що складають ґрунт та їх відхилення від сфери, буде спотворювати картину розсіювання на детекторах, що відрізняється від тієї, яка створюється однорідними сферичними частинками. Тому реальний коефіцієнт заломлення для гетерогенної системи може суттєво відрізнятися від табличного значення. Але автори статей все ж таки опиралися на табличні значення. Таблиць з даними щодо

коефіцієнтів поглинання мінералами та речовинами у літературі майже немає. Згідно з ISO 13320:2020 [3] цей показник «встановлюється емпірично або досвідом. Існує обмежена кількість методів встановлення уявної частини показника заломлення». Ряд дослідників [13; 34; 35] для зразків, в яких переважав кварц та каолінит, вимірювали за коефіцієнта заломлення 1,56 та абсорбції 0,15 та 0,20, J. R. Campbell [65] для кварца – відповідно 1,544 та 0,008, G. Eshel зі співавторами [35] – 1,5 та 0,2, M. Ryzak зі співавторами [36], A. Bieganski зі співавторами [10], – 1,577 та 0,1, C. Di Stefano зі співавторами [58] – 1,5, 1,6 та 0,1, B. A. Miller та R. J. Schaetzl [14] – 1,549 та 0,01, M. Ryzak і A. Sochan [60], A. Makó зі співавторами [44] та Y. Yang зі співавторами [48] – 1,52 та 0,1, M. Özer зі співавторами [24], P. Schulte [47] та C. S. Kasmerchaka зі співавторами [30] – 1,55 та 0,1, W. Weipeng зі співавторами [17] – 1,5 та 0,01, P. Fisher зі співавторами [12] – 1,52 та 0,01 відповідно. F. Gresina [8] для приладу Horiba Partica LA 950 V2 використала індекс заломлення 1,45 та значення поглинання світла 0,1, а для Fritsch Analysette 22 MicrotecPlus 1,54 та 0,1, а також на основі дослідження зробила висновок, що результати при використанні дифракції Фраунгофера істотно відрізняються від теорії Mi. F. Storti and F. Balsamo [31], змінюючи оптичні параметри, прийшли до висновку, що для еолового кварцового піску зміна коефіцієнта заломлення від 1,4–1,8 суттєво не впливає на одержаний розподіл, як і зміна коефіцієнта поглинання від 1,00 до 0,01, але для карбонатних катакластичних брекчій ця зміна спричиняє мінливість у розподілу частинок і найкраще підходить значення 1,6 та 0,01 відповідно; зміна значень показника заломлення диспергуючої рідини на результати вимірювання суттєво не вплинула. M. Ryzak та A. Bieganski [55] вважають, що за використання теорії Мі найкращі результати здобувають за показника заломлення між 1,5 і 1,6 та для індексу поглинання, що дорівнює 1,0, оскільки сума залишкового параметру в цьому випадку є найменшою. При коефіцієнті поглинання, що дорівнює 1,00, коефіцієнт заломлення має незначний вплив на розподіл [52]. Xiao-hui Tan зі співавторами [57], використовуючи «залишкову похибку», прийняли коефіцієнт заломлення, що дорівнює 1,765 та коефіцієнт поглинання 1,00. Для активного мулу A. Bieganski зі співавторами [61] приймали значення 1,53 та 0,1 відповідно, а A. Sochan зі співавторами [62] рекомендували встановлювати коефіцієнт поглинання, що дорівнює 1,00, та коефіцієнта заломлення – 1,52. У природі матеріалів з

коефіцієнтом поглинання що дорівнює 1,00 не існує, адже такі властивості має лише абсолютно чорне тіло (матеріал з Вікіпедії). Для природних матеріалів ISO 13320:2020 [32] рекомендує встановлювати коефіцієнт поглинання на рівні приблизно від 0,01 до 0,03. Проводячи порівняння даних, здобутих різною комбінацією коефіцієнта заломлення (1,3, 1,42, 1,5, 1,54, 1,8) та коефіцієнта поглинання (0,1, 0,001, 0,008, 0,2), Е. Kondrlova зі співавторами [38] відзначили, що «зниження показника заломлення призвело до збільшення вмісту глини. А використання показника заломлення, що дорівнює 1,5, і індексу поглинання в діапазоні 0,1–0,2, призвело до дуже подібних оцінок в порівнянні з моделлю Фраунгофера. Це також підтверджується в роботі G.Varga зі співавторами [6] при вивченні впливу оптичних параметрів на розподіл частинок за розміром (змінювався індекс заломлення (1,45, 1,54, 1,6) та поглинання (0,01, 0,1, 1,0)).

Згідно з ISO 13320:2020 [3] «Рекомендація щодо того, яка теоретична модель є більш реалістичною, разом із підтвердженням використаних оптичних параметрів, може бути надана шляхом порівняння обчисленої концентрації з даних розподілу частинок за розмірами зі справжньою концентрацією. Велике відхилення вказує на те, що оптична модель або застосований показник заломлення є неправильними. Більше того, інші методи (наприклад, мікроскопія або седиментація) можуть бути використані для перевірки наявності значної частки дрібних частинок».

3. Порівняння даних одержаних лазерно-дифракційним методом з даними класичних методів

Ситовий та седиментаційні методи визначення розміру частинок є устандартованими, тому більшість авторів статей правильність розподілу частинок за розміром методом лазерної дифракції визначали шляхом порівняння даних з методом седиментації або ситовим. Але порівнювати можливо лише результати, одержані на різних приладах або за різними методами за умови однакової пробопідготовки ґрунту, що не завжди робиться дослідниками під час вимірювання на ЛД [16].

Порівнюючи дані методів седиментації та ЛД, Р. Vuurman, I. Pape та С.С. Muggler [45; 49] відзначили «неможливість порівняння даних цих методів 1:1», кореляції для фракцій глинистого і мулового розмірів, здобутих сито-піпетковим методом та лазерною дифракцією буде різною для кожного типу ґрунту. М. Konert та

J. Vandenberghe [51] зазначили, що для кварцового піску метод лазера та піпетки демонструє досить відповідні результати для глинистої фракції (< 2 мк), але глинисті мінерали дають різні результати залежно від застосовуваної методики. Це пов'язують з формою частинок та запропонували встановлювати кореляцію для кожного виду ґрунту. Для великого набору річкових та еолових зразків у Нідерландах, розмір частинок < 2 мк, визначений методом піпетки, відповідає розміру частинок < 8 мк, визначеному лазерним дифрактометром Analysette22 фірми Fritsch (Німеччина). Т. М. Zobeck [13] зробив висновок, що калібрувальні рівняння слід застосовувати лише до ґрунтів подібної мінералогії. Це підтверджують також в дослідженнях J. R. Campbell [65] та Á. Kun зі співавторами [20], які встановили, що метод ЛД занижує вміст глини на користь фракції мулу, а ПМ завищує частку глини, і тому частка фракції мулу значно нижча, та визначали кореляцію між результатами, отриманими для основних фракцій (глина, мул, пісок).

Проте G. Eshel зі співавторами [35] заявляють, що «взаємозв'язок між даними методу піпетки та даними ЛД для різних за розмірами фракцій був мало задовільним». Аналогічне стверджують А.Н. Блохин та С.П. Кулижський [72]: «погоризонтна збіжність парних вибірок невелика і по одному тільки коефіцієнту кореляції виявити всі закономірності не уявляється можливим». С. Rasmussen і K. Dalsgaard [21] пишуть, що «немає чіткого або універсального зв'язку між традиційними методами та ЛД». Вони як і Vandecasteele В. зі співавторами [50] вважають, що для практичного використання ЛД межа між глиною та мулом повинна становити 6 мк замість 2 мк. Для ґрунтів Західного Сибіру та ґрунтів Белгородської області здобуті методом лазерної дифрактометрії дані за вмістом мулу були нижчими, ніж визначені за методом Качинського та навпаки, вміст фракцій дрібного і середнього пилу – вищим за використання лазерного методу [15; 56]. А. Юдина [19] порівнюючи результати двох методів (лазерно-дифракційного та сито-піпет методу за Качинським) показала, що існує стійкий лінійний взаємозв'язок ($p = 0,05$), R^2 дорівнює 0,82 і 0,84, для фракцій мулу (< 1 мкм) та піску (> 50 мкм) відповідно, для фракції пилу (1–50 мкм) цей взаємозв'язок більш слабкий і коефіцієнт детермінації дорівнює лише 0,68 (для дрібного пилу (1–5 мкм) – 0,34, середнього пилу (5–10 мкм) – 0,40, крупного пилу (10–50 мкм) – 0,86. Незважаючи на те, що для 277 досліджених зразків району Миюнь

(Пекін) дані розподілу частинок за розміром методом ЛД різнилися з даними сито-піпет методу, Yang зі співавторами [48] за даними кореляційного аналізу Пірсона все ж таки виявили суттєві кореляції між вмістом піску, мулу та глини: за довірчої ймовірності $p < 0,01$ коефіцієнти кореляції становили 0,96, 0,91 та 0,16 відповідно.

C. Centeri зі співавторами [73] для зразків верхнього шару ґрунту (0–10 см) Угорщини «знайшли, що лазерний метод завищує вміст фракції розміром 0,002–0,02 мм і занижує вміст фракції розміром $> 0,02$ мм порівняно з іншими двома методами» (ПМ та МА). Аналогічно для ґрунтів з басейну річки Нітра здобуті за методом ЛД значення, порівняно з ПМ, продемонстрували занижений вміст глинистої фракції ($< 0,001$ мм) і завищений вміст мулистої фракції (0,001–0,05 мм) [40]. Для перетворення даних розподілу частинок методом ЛД у дані розподілу частинок методом сито-піпетки для зразків верхнього шару ґрунту LUCAS A. Makó зі співавторами [44] розробив та використав функції педотрансфера, що дозволило оптимізувати межі глина-мул та мул-пісок для ЛД, які становлять 6,6 та 60,3 мкм для ґрунтів з органічною речовиною, відповідно, а також 5,8 и 69,2 мкм для ґрунтів без органічної речовини, відповідно. Для ґрунтів Токайського регіону Північної Угорщини ці межі A. Makó зі співавторами [64] встановив на рівні 7 та 50 мкм відповідно. V. Vandecasteele зі співавторами [50] для 23 досліджених зразків взятих у Фландрії (Бельгія) еквівалентна межа лазерної дифрактометрії становила 6 мкм для глинистої фракції, 12 мкм для фракції 0–5 мкм, 32 мкм для 0–20 мкм, 59 мкм для фракції 0–50 мкм і 60 мкм для фракції піску. Для коричневих ґрунтів Пекіну у середньому була недооцінка глинистої фракції на 18,9 % та переоцінка фракції мулу на 25,3 % для методу ЛД порівняно з сито-піпетметодом [48].

Також порівнювали дані ЛД методу та ситового методу: M. Konert та J. Vandenberghe [51] на чотирьох зразках кварцу відзначили «дуже хорошу та відтворювану узгодженість між лазером та класичними методами», але все ж таки лазерний аналіз дав дещо грубіші дані для частинок > 63 мкм ніж ситовий метод, що пояснюється несферичною формою природних частинок піску. Придатність цих методів для природного піску також відзначили В.Э. Болдирева зі співавторами [32]. Для ґрунтів Австралії використовували коефіцієнт кореляційної відповідності Ліна для визначення еквівалентності результатів лазерної дифракції та методу сит та встановили еквівалентні пороги фракцій, що

відповідають кумулятивній частині сита з діаметром < 2 мкм, < 20 мкм і < 200 мкм, які були відповідно < 9 мкм, < 26 мкм, < 275 мкм [12].

Проводячи дослідження для сіро-бурих підзолистих ґрунтів та інших ґрунтів Польщі М. Ryzak зі співавторами [36; 74] отримали найбільші відмінності між результатами методів ареометра та лазерної дифракції для найменшої фракції (< 0,002 мм за класифікацією ФАО). У більшості інших випадків ухили інтерпольованих прямих перебували у межах 0,81 ÷ 1,09, коефіцієнт детермінації становить порядку 0,8–0,9. Це спостерігалось також у роботі С. Di Stefano зі співавторами [58] для ґрунтів Сицилії. Вони продемонстрували, що вміст піску, виміряний за допомогою аерометричного методу (АМ), можна вважати рівним вмісту піску, визначеному методом ЛД, тоді як частка глини, виміряна ЛД, була нижчою, ніж вимірювана аерометричним методом (АМ), та запропонували набір рівнянь для перетворення результатів ЛД у результати АМ. Xiao-hui Tan зі співавторами [57] вважають, що метод ЛД має ширший діапазон вимірювань, вищу точність та кращу повторюваність під час вимірювання розміру частинок, ніж традиційний метод денсметра для глини в Хейфей. G. L. Santana зі співавторами [53], проводячи статистичне порівняння даних, здобутих на денситометрі і лазерним дифракційним методом з однаковою підготовкою зразків, показали велику залежність, що вказує на пряму кореляцію з 95 % довірчою ймовірністю. A. Gora'czko та S. Topoli'nski [41] для глинистих ґрунтів виявили суттєві відмінності у результатах, здобутих методом лазерної дифрактометрії, порівняно з результатами, здобутими аерометричним методом. Як рішення, що дозволяє отримати результати, які можна порівнювати, пропонується для кожного з ґрунтів окремо ввести межу фракції глини при більш високих значеннях для методу лазерної дифракції – 4,6 мкм або 4,4 мкм, залежно від попередньої обробки зразків. Al-Hashemi зі співавторами [23], провівши дослідження для сімох різних зразків (глинисті мінерали, пил цементної печі, вапняковий порошок та мергель ґрунту Саудівської Аравії), повідомляють, що відмінності між методами ЛД та аерометра, з геотехнічної точки зору, незначні. Хоча результати ЛД у випадку мула (0,075–0,005мм) дещо завищені, але вони мають сильну кореляцію з фракцією мула, визначену аерометричним методом.

Висновки

Хоча і існують міжнародні стандарти визначення гранулометричного складу ґрунту (ISO), згідно публікацій по лазерній дифрактометрії, країни не поспішають відмовлятися від внутрішніх стандартів але ведеться робота по зіставлянню та визначенню різниці даних одержаних при різній підготовці проб до аналізування (застосовувались різні стандартні методи) за допомогою лазерного дифрактометра.

Проаналізувавши всі етапи процедури пробопідготовки, параметри налаштування приладу та вплив кожного з них на кінцевий результат вимірювань можна відзначити їх неоднаковість для різних країн, але є дещо спільне.

Одже, пробопідготовка ґрунту для вимірювання методом лазерної дифракції обов'язково повинна включати:

- висушування та просіювання крізь сито діаметром 2 мм та менше (в залежності від діапазону вимірювання лазерного дифрактометра);
- змочування зразка (для чистих пісків) або готування пасти чи суспензії;
- видалення вуглецю, карбонатів, розчинних солей за умови, що дані лазерної дифрактометрії порівнюють з даними ситового, піпеткового, аерометричного або інших методів;
- дезагрегацію зразка (механічну або хімічну, або хімічну в поєднанні з механічною).

Також встановлено, що застосування тих чи інших реагентів для видалення зі зразків органічної речовини, карбонатів та розчинних солей може впливати на кінцевий результат щодо розподілу частинок ґрунту за розмірами. На точність результатів вимірювань може впливати дезагрегація ґрунтової проби ультразвуком, застосування реагентів для запобігання флокуляції та ряд інших чинників.

Особливу увагу треба приділяти параметрам налаштування приладу, адже вони суттєво впливають на результати розподілу частинок. Різниця в оптичних властивостях частинок, що складають ґрунт та їх відхилення від сфери, спотворює картину розсіювання на детекторах, що відрізняється від тієї, яка створюється однорідними сферичними частинками.

Оскільки метод лазерної дифракції є косвіним методом, то правильність вибраних параметрів та одержаних даних слід перевіряти шляхом порівняння зі стандартизованими методами.

При зіставленні даних одержаних класичними методами з даними лазерної дифракції у більшості випадках вони різняться та потребують кореляції. Покищо не встановлено чіткого та універсального зв'язку між результатами вимірювання розподілу частинок ґрунту за розмірами традиційними методами та методом лазерної дифракції. Водночас існує позитивний досвід у використанні лазерно-дифракційного методу, що відкриває перспективи подальшого розвитку у цьому напрямку.

Список використаних джерел:

1. ДСТУ 4730:2007. Якість ґрунту. Визначення гранулометричного складу методом піпетки в модифікації Н.А. Качинського. [Чинний від 2008-01-01]. К. : Держспоживстандарт України, 2008. 16 с.
2. ДСТУ ISO 11277:2005 Якість ґрунту. Визначення гранулометричного складу мінерального матеріалу ґрунту. Метод просіювання і седиментації (ISO 11277:1998, IDT). [Чинний від 2006-07-01]. К. : Держспоживстандарт України, 2006. 59 с.
3. ISO 13320:2020(E) Particle size analysis – Laser diffraction methods. [Second edition 2020-01] International Standard. Geneva, Switzerland, 2020. 66 p.
4. Ґрунт. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D2%90%D1%80%D1%83%D0%BD%D1%82> (дата звернення 05.07.2021 р.).
5. Evaluation of a laser diffraction size analyzer for use with natural sediments. / McCave I.N. [et al.]. *Journal of Sedimentary Research*. 1986. V. 56(4). P.561-564.
6. On the reliability and comparability of laser diffraction grain size measurements of paleosols in loess records. *Sedimentary Geology*. / Varga G. [et al.]. URL: <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2019.05.011> (дата звернення 05.07.2021 р.).
7. Laser diffraction as an innovative alternative to standard pipette method for determination of soil texture classes in central Europe. / Igaz D. [et al.]. *Water*. 2020. V. 12, 1232; doi:10.3390/w12051232.
8. Gresina F. Comparison of pipette method and state of the art analytical techniques to determine granulometric properties of sediments and soils. *Hungarian Geographical Bulletin*. 2020. V. 69(1). P. 27-39.
9. Jillavenkatesa A., Dapkunas S. J., Lum L.-S. H. Particle Size Characterization [microform]: *Natl. Inst. Stand. Technol. Spec. Publ.* 960-1. 2001. 164 p.

10. Bieganski A., Ryzak M., Witkowska-Walczak B. Determination of soil aggregate disintegration dynamics using laser diffraction. *Clay Minerals*. 2010 V. 45. P. 23–34.
11. Lucke B., Schmidt U. Grain size analysis of calcareous soils and sediments: intermethod comparison with and without calcium carbonate removal. *Erlanger Geographische Arbeiten Band* 2015. V. 42 P. 83–98.
12. Adequacy of laser diffraction for soil particle size analysis. / Fisher P. [et al.] PLoS ONE May 4 2017. V. 12(5): e0176510. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176510>. (дата звернення 05.07.2021 р.).
13. Zobeck T. M. Rapid soil particle size analyses using laser diffraction. *Applied Engineering in Agriculture*. 2004 V. 20(5). P. 633–639.
14. Miller B.A., Schaetz R.J. Precision of soil particle size analysis using laser diffractometry. *Soil Science Society of America Journal*. 2011. V. 76. P. 1719–1727.
15. Черномаз Д.Е., Рюмин А.Г., Романов О.В. Применение метода лазерной дифрактометрии для оценки гранулометрического состава серых почв. *Материалы по изучению русских почв*. 2012. № 7(34) С. 172–178.
16. Трофимов В.Т., Королев В.А., Николаева С.К. К вопросу об определении гранулометрического состава грунтов с использованием лазерных анализаторов. *Инженерные изыскания*. 6/2014. № 5 С.29–35.
17. Critical Evaluation of Particle Size Distribution Models Using Soil Data Obtained with a Laser Diffraction Method. / Weipeng W. [et al.]. PLoS ONE April 30, 2015.V.10(4): e0125048 doi: 10.1371/journal.pone.0125048.
18. Determination of soil texture by laser diffraction method. / Yang X. [et al.]. Soil Physics & Hydrology. *Soil Science Society of America Journal*. 2015. V.79(6) P. 1556–1566.
19. Юдина А. В. Лазерная дифрактометрия в почвоведении: методические аспекты и диагностическое значение : дисс. ... канд. биол. наук : 06.01.03. М., 2018 251 с.
20. Comparison of pipette and laser diffraction methods in determining the granulometric content of fluvial sediment samples. / Kun Á. [et al.]. *Journal of Environmental Geography*. 2013.V. 6 (3–4). P. 49–54.
21. Working paper: Documentation of tests on particle size methodologies for laser diffraction compared to traditional sieving and sedimentation analysis. / C. Rasmussen, K. Dalsgaard Aarhus Universitetsforlag ISBN: 978-87-7507-390-0 2017. P. 35.

22. Wenwu Chen, Jun Bi, Gaochao Lin, Weijiang Wu, and Xing Su Fitting Performance of Different Models on Loess Particle Size Distribution Curves. / Liu W. [et al.]. *Advances in Materials Science and Engineering*. 2017, Article ID 6295078, 15 p. URL: <https://doi.org/10.1155/2017/6295078> (дата звернення 05.07.2021 р.).

23. The validity of laser diffraction system to reproduce hydrometer results for grain size analysis in geotechnical applications. / Al-Hashemi B. H. M. [et al.]. *PLOS ONE* January 14, 2021 V.16(1) URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245452>. (дата звернення 05.06.2021 р.).

24. Özer M., Orhan M. Determination of an Appropriate Method for Dispersion of Soil Samples in Laser Diffraction Particle Size Analyses. *International Journal of Computational and Experimental Science and Engineering* (IJCESEN) 2015. V. 1. No. 1. P. 19-25.

25. ДСТУ 4287:2004 Якість ґрунту. Відбирання проб. [Чинний від 2005–07–01]. К. : Держспоживстандарт України, 2005. 10 с.

26. ДСТУ ISO 10381-1:2004, Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 1. Настанови щодо складання програми відбирання проб (ISO 10381-1:2002, IDT). [Чинний від 2006–04–01]. К. : Держспоживстандарт України, 2006. 38 с.

27. ДСТУ ISO 11464:2007 Якість ґрунту. Попереднє оброблення зразків для фізико-хімічного аналізу (ISO 11464:2006, IDT). [Чинний від 2009–10–01]. К. : Держспоживстандарт України, 2012. 12 с.

28. ДСТУ 4744:2007 Якість ґрунту. Визначання структурно-агрегатного складу ситовим методом у модифікації Н.І. Саввінова. [Чинний від 2008–01–01]. К. : Держспоживстандарт України, 2008. 12 с.

29. ДСТУ 4728:2007 Якість ґрунту. Визначання мікроагрегатного складу методом піпетки в модифікації Н.А. Качинського. [Чинний від 2008–01–01]. К. : Держспоживстандарт України, 2008. 16 с.

30. Kasmerchaka C.S., Masonb J.A., Liangb M. Laser diffraction analysis of aggregate stability and disintegration in forest and grassland soils of northern Minnesota, USA. *Geoderma* 2019. V. 338. P. 430–444.

31. Storti F., Balsamo F. Particle size distributions by laser diffraction: sensitivity of granular matter strength to analytical operating procedures. *Solid Earth*. 2010. V. 1. P. 25–48.

32. Болдырева В. Э., Безуглова О. С., Морозов И. В. К вопросу об определении гранулометрического состава почв с использованием метода лазерной дифракции. *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации*. 2019. № 1(33). С. 184–194.

33. , Magdalena Ryzak, Agata Sochan, Gyongyi Barna, Hilda Hernadi, Michał Beczek, Cezary Polakowski and Andras Mako Laser Diffraction in the Measurements of Soil and Sediment Particle Size Distribution. / Bieganski A. [et al.]. *Advances in Agronomy*. 2018. V. 151 ISSN 0065-2113. URL: <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2018.04.003>. (дата звернення 05.07.2021 р.).

34. Buurman P., Pape I., Muggler C.C. Laser grain-size determination in soil genetic studies 1. Practical Problems. *Soil Science*. March 1997. Vol. 162. No. 3 P. 211–218.

35. Singer Critical Evaluation of the Use of Laser Diffraction for Particle-Size Distribution Analysis. / Eshel G. [et al.] Soil Science Society of America MAY–JUNE 2004. V.68. P. 736–743.

36. Ryzak M., Bieganski A., Walczak R.T. Application of laser diffraction method for determination of particle size distribution of grey-brown podzolic soil. *Res. Agr. Eng.*, 53, 2007 (1): 34–38.

37. Мухаметова Н.В., Абакумов Е.В., Рюмин А.Г. Гранулометрический состав антарктических почв по данным седиментометрии и лазерной дифрактометрии. *Агрофизика*. 2013. № 3(11) С. 1–6.

38. Kondrlova E., Igaz D., Horak J. Effect of calculation models on particle size distribution estimated by laser diffraction. *The Journal of Ege University Faculty of Agriculture*. 2015, Special Issue. P. 21–27. ISSN 1018–8851.

39. Mady A.Y., Shein E. Research Article Comparison Between Particle Size Distribution as a Predictor of Pedotransfer Functions using Laser Diffraction and Sedimentation Methods. *International Journal of Soil Science*. 2017. V. 12 (2). P. 65–71.

40. Preparation methodology of soil samples for laser diffraction / Šinkovičová M. [et al.]. *Materials, Methods & Technologies*. ISSN 1314-7269. 2016. V. 10. P.191–196.

41. Gorączko A., Topoliński S. Particle Size Distribution of Natural Clayey Soils: A Discussion on the Use of Laser Diffraction Analysis (LDA). *Geosciences*. 2020. V. 10(2), 55. P. 1–9.

42. ISO 11277:2009 Soil quality – Determination of particle size distribution in mineral soil material – Method by sieving and sedimentation [Second edition 2009-09] International Standard. Geneva, Switzerland, 2009. 34 p.

43. Van Doesburg, J.D.J. Particle-size analysis and mineralogical analysis. 1996. In: Buurman, P., Van Lagen, B. & Velthorst, E.J.(eds.): Manual for Soil and Water Analysis. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands P. 251–278.

44. Pedotransfer functions for converting laser diffraction particle-size data to conventional values. / Makó A. [et al.]. *European Journal of Soil Science*. September 2017. V.68. P. 769–782.

45. Gray A.B., Pasternack G.B., Watson E.B. Hydrogen peroxide treatment effects on the particle size distribution of alluvial and marsh sediments. *The Holocene*. 2010. V. 20(2) P. 293–301.

46. Сравнение методом седиментометрии и лазерной дифракции в анализе гранулометрического состава глинистой фракции почв / Шинкарев А.А. [и др.]. Учебные записки казанского государственного университета 2010. Т. 152, кн. 2., С. 251–260.

47. Schulte P. Laser diffraction size analysis of loess-paleosol sequences– pretreatment, calculation, interpretation : Dissertation. Tag der mündlichen Prüfung: 18.04.2017 163 p. URL: <https://publications.rwth-aachen.de/record/files> (дата звернення 10.03.2021 р.).

48. Is the laser diffraction method reliable for soil particle size distribution analysis? / Yang Y. [et al.]. *Soil Science Society of America Journal*. March 2019. P. 134–143.

49. P. Buurman, Th. Pape, J. A. Reijneveld, F. de Jong and E. van Gelder Laser-diffraction and pipette-method grain sizing of Dutch sediments: correlations for fine fractions of marine, fluvial, and loess samples. *Geologie en Mijnbouw. Netherlands Journal of Geosciences* 2001. V. 80 (2). P.49–57.

50. Vandecasteele B., Vos de B. Relationship between soil textural fractions determined by the sieve-pipette method and laser diffractometry. Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer IBW Bb R 2001.003 2001 URL: <https://www.researchgate.net/publication/273948901> (дата звернення 05.07.2021 р.).

51. Konert M., Vandenberghe J. Comparison of laser grain size analysis with pipette and sieve analysis: a solution for the underestimation of the clay fraction. *Sedimentology*. 1997. V. 44. P. 523–535.

52. Dias K.A. High-Resolution Methodology for Particle Size Analysis of Naturally Occurring Sand Size Sediment Through Laser Diffractometry WITH Application to Sediment Cores: Kismet, Fire Island, New York / Thesis Presented. Stony Brook University. May 2014. P. 54–57.

53. A comparative study of particle size distribution using analysis of variance for sedimentation and laser diffraction methods. / Santana G. L. [et al.]. *Cerâmica*. 2019. V. 65 C. 452–460. URL: <http://dx.doi.org/10.1590/0366-69132019653752623> (дата звернення 24.02.2021 р.).

54. Soil Particle Size Analysis by Laser Diffractometry: Result Comparison with Pipette Method. / Šinkovičová M. [et al.]. *IOP Conference*

Series: Materials Science and Engineering 2017. 245 072025 DOI: 10.1088/1757-899X/245/7/072025.

55. Ryz'ak M. and Bieganski A. Methodological aspects of determining soil particle-size distribution using the laser diffraction method. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 2011. V. 174. P. 624–633.

56. Сравнение методов седиментометрии и лазерной дифрактометрии при определении гранулометрического состава почв естественных и техногенных ландшафтов. / Кулижский С.П. [и др.]. *Вестник Томского государственного университета. Биология.* 2010. № 4 (12). С.21–31.

57. Tan X., Shen M. Particle size analysis of clay by Malvern laser particle analyzer. Tumu Jianzhu yu Huanjing Gongcheng. *Journal of Civil, Architectural and Environmental Engineering.* 2011. V. 33. № 6. URL: <https://www.researchgate.net/publication/288784682> (дата звернення 05.07.2021 р.).

58. Di Stefano C., Ferro V., Mirabile S. Comparison between grain-size analyses using laser diffraction and sedimentation methods. *Biosystems engineering.* 2010. V. 106. P. 205–215.

59. Morgan P. Particle (Grain) Size Analysis by Laser Granulometry (diffraction, diffractometry) with Malvern Mastersizer 3000. University of Southampton 29/11/19. URL: <https://cdn.southampton.ac.uk/content-block>. (дата звернення 08.02.2021 р.).

60. Ryz'ak M., Sochan A. A simple method for estimating particle numbers using a laser diffractometer. *Pol. J. Environ. Stud.* 2013. Vol. 22, No. 1. P. 213–218.

61. Measurement of activated sludge particle diameters using laser diffraction method / Bieganski A. [et al.]. *Ecol Chem Eng S.* 2012; V. 19(4). P. 597–608.

62. Comparison of soil texture determined by two dispersion units of Mastersizer 2000. / Sochan A. [et al.]. *International Agrophysics* 2012, V.26. P. 99–102. DOI: 10.2478/v10247-012-0015-9.

63. Influence of the sand particle shape on particle size distribution measured by laser diffraction method. / Polakowski C. [et al.]. *International Agrophysics.* 2014. V. 28. P. 195–200. DOI: 10.2478/intag-20014-0008.

64. Evaluation of soil texture determination using soil fraction data resulting from laser diffraction method. / Mako A. [et al.]. *International Agrophysics.* 2019. V. 33. P. 445–454. DOI: 10.31545/intagr/113347.

65. Campbell J.R. Limitations in the laser particle sizing of soils. In: Roach I.C. ed. 2003. *Advances in Regolith.* P. 38–42. CRC LEME

66. Beuselinck G., Govers J. P., Assessment of micro-aggregation using laser diffractometry. *Earth Surf. Process. Landforms* 1999. V. 24. P. 41–49.

67. Laser diffraction spectrometry : Fraunhofer diffraction versus Mie scattering. / Boer, de G. B. J. [et al.]. *Particle Characterization*. 1997. V. 4. P. 14–19.

68. Agrawal Y. C., Poti'smith H. C. Laser diffraction particle sizing in STRESS. *Continental shelf research*. 1994. V. 14. No. 10/11, P. 1101–1121.

69. Correction of the effect of particle shape on the size distribution measured with a laser diffraction instrument. / Heffels C. M. G. [et al.]. *Part. Part. Syst. Charact.* 1996. V. 13 P. 271–279.

70. Deer W. A., Howie R. A., Zussman J. An introduction to the rock-forming minerals. *The Mineralogical Society*. London. 2013–3rd ed. P. 549.

71. Manual: Sample Dispersion & Refractive Index Guide URL: <https://www.materials-talks.com/wp-content/uploads/2014/08/Sample-dispersion-and-refractive-index-guide-English-MAN0396-1-0.pdf> (дата звернення 23.01.2021 р.).

72. Блохин А.Н., Кулижский С.П. Оценка применения метода лазерной дифрактометрии в определении гранулометрического состава почв. *Вестник Томского государственного университета. Биология*. 2009. № 1. С. 37–43.

73. Comparison of particle-size analyzing laboratory methods. / Centeri C. [et al.]. *Environmental Engineering and Management Journal*. May 2015, Vol. 14, No. 5, P.1125–1135.

74. Ryzak M., Bieganski A. Determination of particle size distribution of soil using laser diffraction – comparison with areometric method. *International Agrophysics*. 2010. V. 24, P. 177–181.

РОЗДІЛ 7. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА ЗБАЛАНСОВАНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

DOI <https://doi.org/10.36059/978-966-397-240-4-20>

Вінюков О. О.

*доктор сільськогосподарських наук, старший дослідник,
директор
Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція
Національної академії аграрних наук України
м. Покровськ, Донецька область*

Бондарева О. Б.

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,
учений секретар
Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція
Національної академії аграрних наук України
м. Покровськ, Донецька область*

БІОЛОГІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЗЕРНОВИХ ЯК ЗАСІБ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЗЕРНОВОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ

Анотація. *Сучасні технології вирощування зернових колосових культур спрямовані на отримання високих врожайів зерна та екологізацію природокористування. Визначено, при комплексному застосуванні біогумусу та біостимулятора регоплант приріст урожайності зерна до контролю становив 0,66 т/га або 28,8 %, при використанні нових поживних комплексів за вирощування пшениці озимої та ячменю ярого – 1,22 т/га та 1,36 т/га на фоні внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$, на орґано-мінеральному фоні – 0,78 т/га та 2,08 т/га, а на орґанічному фоні живлення – 0,43 т/га та 1,60 т/га, що забезпечило високу економічну ефективність. Використання біодобрив у*

комплексі з біостимуляторами дозволяє до 50 % скоротити обсяги внесення мінеральних добрив.

Вступ

Сучасне аграрне виробництво спрямоване на екологізацію природокористування на основі розширеного відтворення родючості ґрунту за умов дотримання безпеки довкілля і вирощеної продукції. Зростаюче значення екологізації природокористування в АПК країни і біологізації землеробства зумовлює необхідність мінімалізації витрат хіміко-техногенних ресурсів, що забезпечує зменшення антропогенного навантаження на агроєкосистеми. Зменшення антропогенного навантаження на агросферу з одночасним забезпеченням оптимальної інтенсивності балансу поживних речовин може забезпечуватись впровадженням біологічних прийомів вирощування сільськогосподарських культур.

Технології вирощування зернових колосових культур спрямовані на отримання високих і стабільних врожаїв зерна та передбачають створення оптимальних умов для росту і розвитку рослин, але використання традиційних органічних добрив має вкрай низький рівень, тому практично не забезпечується повернення вносу біогенних елементів і компенсації втрат органічної речовини, що призводить до деградації ґрунтів і агроєкосистеми взагалі.

Аналіз літературних джерел показує, що в теперішній час відбувається зміна фізико-хімічних властивостей ґрунту, що призводить до руйнування структури, порушення його водно-повітряного і органічного складу. Вирішення проблеми керування родючістю ґрунту значною мірою пов'язано з дотриманням оптимального гумусного режиму. Для збереження в ґрунті бездефіцитного балансу гумусу потрібно постійне внесення органічних добрив [1; 2].

Значна кількість досліджень спрямована на використання для відновлення родючості ґрунтів біогумусних органічних добрив, які одержуються промисловою переробкою компостів. Найчастіше використовують біогумус, який отримують за допомогою каліфорнійських черв'яків [3].

Концепція екологізації системи захисту повинна бути складовою частиною технології, а технологія має органічно поєднуватися з вимогами захисту рослин і забезпечити максимальну охорону довкілля [4].

Принципово нові можливості у формуванні продукційного процесу рослин ярих культур відкриває селекція нових сортів та біоінженерія. Інокуляція насіння штамами бактерій, біопрепаратами та біопротекторами відноситься до важливіших резервів подальшого підвищення рівня врожайності.

Використання препаратів азотфіксуючих і фосформобілізуючих бактерій в технологіях вирощування зернових культур в сучасних умовах можливе при розробці заходів, що дозволяють поєднувати технологічні операції: інокуляцію насінневого матеріалу із застосуванням мінеральних добрив [5; 6]. Дані інших авторів свідчать про доцільність застосування помірних доз мінеральних добрив, через те, що низький вміст поживних речовин у ґрунті зменшує рівень активності ризосферної мікрофлори [7; 8].

О.Г. Тараріко, О.В. Шерстобоева, В.П. Патики відзначають, що вартість біопрепаратів значно нижча у порівнянні з вартістю добрив. Автори встановили, що використання біопрепаратів азотфіксуючих бактерій дозволяє знизити до мінімуму негативний баланс азоту в ґрунті і тим сприяти підвищенню рівня накопичення гумусу, що, у цілому, буде спрямовано на відновлення родючості ґрунтів України [9].

Встановлено [10; 11], що інокуляція насіння агрономічно цінними мікроорганізмами дозволяє рослинам задовольнятися меншою кількістю азотних і фосфорних добрив. Проте питання щодо впливу біологічних препаратів на ріст і розвиток вторинної кореневої системи рослин вивчені недостатньо, що має науковий інтерес.

Дослідження проводились на дослідному полі Донецької державної сільськогосподарської дослідної станції НААН України. Досліди закладали на спеціальних дослідних ділянках за методикою Б. О. Доспехова [12]. Дослідження проводили у багатofакторних польових дослідах, які закладали систематичним способом. Повторність у дослідах – триразова. Площа облікової ділянки становила 80 м².

Технологія вирощування – загальноприйнята для східної частини Північного Степу, крім поставлених на вивчення питань, та відповідає зональним і регіональним рекомендаціям.

Економічну ефективність елементів технології вирощування розраховували за типовими технологічними картами вирощування зернових культур та «Методичними рекомендаціями оперативного визначення витрат виробництва та формування цін на продукцію сільського господарства і переробної промисловості в умовах

інфляції», які розроблені науковцями Інституту аграрної економіки НААН за цінами 2018 маркетингового року.

Енергетичну ефективність технологій вирощування оцінювали за сукупними витратами енергії, енергетичною цінністю зерна, коефіцієнтом енергетичної ефективності за методиками ДУ Інститут зернових культур НААН.

Статистична обробка, узагальнення і аналіз експериментальних результатів польових і лабораторних дослідів, а також різних спостережень і досліджень проводили за допомогою сучасних методів дисперсійного та кореляційного аналізів на ПК.

1. Вплив нових поживних комплексів на ріст і розвиток рослин пшениці озимої

Використання біопрепаратів створює реальні передумови для суттєвого підвищення врожаю зернових культур з одночасним зменшенням на 25–30 % норм внесення мінеральних добрив [13; 14]. Запобігти цьому можна шляхом пошуку та широкого впровадження у виробництво біологічних систем живлення та захисту рослин, а вивчення ефективності новітніх поживних комплексів та активне залучення їх у виробничий процес має великий науковий та практичний інтерес.

Досліджувались поживні комплекси створенні з урахуванням найнеобхідніших елементів живлення рослин пшениці озимої, які додатково живлять рослини в основні критичні періоди вегетації та фази розвитку, а саме – проростання насіння, фази кушіння та колосіння. Також схема досліду передбачала вивчення хімічного та біологічного захисту посівів. Хімічний захист посівів здійснювався через протруєння насіння Вітавакс 200ФФ (3 л/т) та обприскування посівів інсектицидом Борей (0,1 л/га) і фунгіцидом Фалькон (0,6 л/га), біологічний – через інокуляцію насіння мікробіологічним комплексом (400 г/т).

За різних фонів живлення та поживних комплексів, які використовувалися в досліді, глибина залягання вузла кушіння рослин пшениці озимої на час припинення осінньої вегетації суттєво варіювала (табл. 1).

На мінеральному фоні живлення найбільше заглиблення вузла кушіння (4,8 см) було відмічене на варіанті застосування хімічного захисту (на контролі вузол кушіння знаходився на 0,9 см ближче до поверхні, відносно варіанту з хімічним захистом). Найменшу глибину залягання вузла кушіння відмічали при використанні другого поживного комплексу: на 1,4 см вище ніж за хімічного захисту посівів та на 0,5 см – порівняно з контрольним варіантом.

Таблиця 1

Стан рослин пшениці озимої сорту Краплина на час припинення осінньої вегетації (середнє за 2015–2018 рр.)

Варіант	Висота рослин, см	Глибина залягання вузла кущіння, см	Коефіцієнт кущіння	Кількість вторинних коренів, шт.	Вміст цукрів у рослинах, %
Фон 1 – N₃₀P₃₀K₃₀					
Контроль	17,1	3,9	1,1	0,5	30,01
Хімічний захист посівів	15,6	4,8	1,4	0,9	40,54
Біологічний захист посівів	15,5	3,6	1,3	0,3	32,58
Комплекс 1*	12,7	3,9	1,3	0,5	35,72
Комплекс 2**	12,2	3,4	1,2	0,7	33,47
Комплекс 3***	14,8	3,8	1,5	1,2	40,62
НІР ₀₅	0,1–0,6	0,3–0,9	0,02–0,05	0,01–0,03	1,3–2,1
Фон 2 – N₁₅P₁₅K₁₅ + біогумус (250 кг/га)					
Контроль	14,7	4,4	1,3	0	34,08
Хімічний захист посівів	15,0	4,9	1,8	0,8	42,49
Біологічний захист посівів	12,0	3,4	1,2	0,9	24,17
Комплекс 1*	12,3	3,5	1,9	1,0	30,23
Комплекс 2**	12,3	3,3	2,0	1,0	32,78
Комплекс 3***	13,7	3,3	2,1	1,4	33,42
НІР ₀₅	0,4–0,7	0,1–0,3	0,09–0,10	0,01–0,05	1,0–1,3
Фон 3 – біогумус (250 кг/га)					
Контроль	15,1	4,9	1,0	0,1	32,93
Хімічний захист посівів	16,8	5,1	1,2	0,8	42,59
Біологічний захист посівів	13,1	4,4	1,0	0,6	33,26
Комплекс 1*	13,0	4,6	1,2	0,9	24,38
Комплекс 2**	13,0	4,2	1,1	0,8	25,01
Комплекс 3***	13,8	4,6	1,4	1,1	26,47
НІР ₀₅ для: варіанту досліду	0,5–0,6	0,1–0,4	0,01–0,03	0,02–0,04	1,3–1,6
фону живлення	0,1–0,3	0,3–0,5	0,01–0,02	0,06–0,08	0,9–1,1
взаємодії	0,8–0,9	0,6–0,7	0,04–0,05	0,11–0,12	1,9–2,1

Примітка: *Обробка насіння препаратом Rost-Forte (0,5 л/га) у суміші з комплексом амінокислот, обприскування рослин у фазах кущіння та колосіння сумішшю препаратів Rost-концентрат 15.7.7. (1 л/га) + комплекс амінокислот + Хелатин (2 л/га) + мікробіологічний комплекс (400 г/га).

**Обробка насіння препаратом Айдар (1 л/т), обприскування рослин у фазах кущіння та колосіння сумішшю препарат Айдар (2 л/га) та мікробіологічний комплекс (400 г/га).

***Обробка насіння препаратом Сизам (250 г/т) у суміші з мікробіологічним комплексом, обприскування рослин у фазі кущіння сумішшю препарат Сизам (250 г/га) та мікробіологічний комплекс (400 г/га).

Подібна закономірність заглиблення вузла кущіння порівняно з іншими варіантами на контролі та хімічному захисту посівів простежувалася й на інших фонах живлення. Однак наймілкіше залягання вузла кущіння відносно всіх варіантів було при використанні комплексів 2 та 3 на органо-мінеральному фоні живлення (3,3 см).

Коефіцієнт кущіння та кількість вторинних коренів суттєво відрізнялися між варіантами відносно фонів живлення, однак найвищими вони були при використанні поживного комплексу 3 незалежно від фону живлення. Так, на мінеральному фоні ці показники перевищили контроль на 0,4 та 0,7 шт.; на органо-мінеральному фоні – на 0,8 та 1,4 шт.; на органічному фоні живлення – на 0,4 та 1,0 шт., відповідно.

Порівнюючи розвиток рослин пшениці озимої залежно від фону живлення було встановлено, що на час припинення осінньої вегетації найкращі біометричні показники мали рослини, де використовувався органо-мінеральний фон живлення.

Що стосується вмісту цукрів у рослинах, то незалежно від фону живлення та обробок кількість вуглеводів була достатньою для доброї перезимівлі рослин, але найбільшою вона була при використанні хімічного захисту посівів пшениці озимої.

Наприкінці фази кущіння проводився відбір рослин для біометричного аналізу. Виявлено, що на мінеральному фоні живлення найбільший приріст значень показників рослин відносно контролю було при використанні поживного комплексу 3 (табл. 2). Так, коефіцієнт кущіння перевищив контрольний варіант на 0,3, а кількість вторинних коренів – на 1,1 шт.

На органо-мінеральному фоні живлення найбільш істотне підвищення коефіцієнта кущіння порівняно з контролем було отримано при використанні комплексів 1 та 3. Так, цей показник збільшився на 0,3 та 0,5, відповідно.

Кількість вторинних коренів була вищою за контрольний варіант на 1,0 шт. при використанні поживного комплексу 3.

На органічному фоні живлення були отримані більш вирівняні рослини за розвитком. Так, при використанні хімічного захисту посівів, комплексу 2 та комплексу 3 отримано однакові коефіцієнти кущіння (2,8). На цих же варіантах найбільшою була і кількість вторинних коренів – 1,6 шт.; 1,7шт. та 1,8шт., відповідно.

Рослини у варіантах досліджу, де використовували поживний комплекс 1 та біологічний захист посівів, сформували кількість

вторинних коренів, яка була нижчою за контроль на 0,2 шт. та 0,5 шт. відповідно.

Таблиця 2
**Стан рослин пшениці озимої сорту Краплина наприкінці фази
 кущіння (середнє за 2015–2018 рр.)**

Варіант	Висота рослин, см	Коефіцієнт кущіння	Коефіцієнт вторинних коренів
1	2	3	4
Фон 1 – N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀			
Контроль	41,4	3,9	2,3
Хімічний захист посівів	45,2	3,2	2,6
Біологічний захист посівів	41,3	3,6	2,4
Комплекс 1*	38,7	3,3	2,0
Комплекс 2**	40,8	2,8	2,0
Комплекс 3***	43,6	4,2	3,4

Закінчення таблиці 2

1	2	3	4
Фон 2 – N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + біогумус (250 кг/га)			
Контроль	40,8	3,3	1,9
Хімічний захист посівів	39,8	3,2	1,7
Біологічний захист посівів	37,5	3,2	2,0
Комплекс 1*	39,0	3,6	2,1
Комплекс 2**	40,6	3,4	2,4
Комплекс 3***	41,3	3,8	2,9
Фон 3 – біогумус (250 кг/га)			
Контроль	43,8	3,0	1,5
Хімічний захист посівів	38,9	2,8	1,6
Біологічний захист посівів	35,2	2,0	1,0
Комплекс 1*	37,0	2,4	1,3
Комплекс 2**	41,5	2,8	1,7
Комплекс 3***	38,2	2,8	1,8

При порівнянні трьох фонів живлення між собою було встановлено, що на формування біометричних показників найбільше вплинули мінеральний та органо-мінеральний фони живлення (табл. 3).

Жоден із представлених варіантів не забезпечив достовірного збільшення коефіцієнта загального кущіння порівняно з контролем на мінеральному фоні живлення, окрім хімічного та біологічного захисту посівів.

Таблиця 3

**Біометричні показники рослин пшениці озимої сорту
Краплина на початку фази колосіння
(середнє за 2015–2018 рр.)**

Варіант	Висота рослин, см	Кількість стебел, шт./м ²		Коефіцієнт кущіння	
		загальна	продук- тивна	загаль- ний	продук- тивний
Фон 1 – N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀					
Контроль	56,2	565,5	477,5	1,73	1,46
Хімічний захист посівів	70,0	555,5	464,0	2,07	1,72
Біологічний захист посівів	69,6	572,0	451,0	1,76	1,39
Комплекс 1*	71,1	570,5	473,5	1,71	1,42
Комплекс 2**	70,4	618,0	487,0	1,73	1,36
Комплекс 3***	69,4	645,5	540,0	1,72	1,44
Фон 2 – N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + біогумус (250 кг/га)					
Контроль	67,5	543,0	431,0	1,72	1,37
Хімічний захист посівів	69,8	545,0	489,0	1,97	1,55
Біологічний захист посівів	68,7	555,0	424,0	1,89	1,44
Комплекс 1*	70,0	616,0	487,5	1,94	1,53
Комплекс 2**	69,2	657,5	520,0	2,13	1,68
Комплекс 3***	69,2	596,0	456,0	1,84	1,41
Фон 3 – біогумус (250 кг/га)					
Контроль	66,7	541,0	424,0	1,83	1,44
Хімічний захист посівів	69,8	508,0	432,0	1,85	1,58
Біологічний захист посівів	69,2	568,5	425,0	1,67	1,25
Комплекс 1*	68,0	558,0	443,5	1,77	1,40
Комплекс 2**	69,0	584,0	469,0	1,62	1,30
Комплекс 3***	68,2	570,0	427,5	1,86	1,39

При застосуванні органо-мінерального фону живлення у всіх варіантах коефіцієнти загального та продуктивного кущіння були вищими за контрольний варіант, але найкращими ці показники були за використання комплексу 2 (2,13 та 1,68, відповідно, що на 0,41 та на 0,31 вище за контроль). На органічному фоні живлення лише один варіант перевищив контроль за коефіцієнтом загального кущіння – комплекс 3 (+0,03), а за коефіцієнтом продуктивного кущіння – варіант із хімічним захистом посівів (+0,14).

При порівнянні трьох фонів живлення, можна зробити висновок, що найбільший ефект від поживних комплексів було отримано при вико-

ристанні органо-мінерального фону. Тобто, на органо-мінеральному фоні живлення були отримані коефіцієнти загального та продуктивного кушіння, які суттєво перевищили контрольний варіант.

При вивченні впливу застосування агротехнічних заходів вирощування, передбачених різними варіантами дослідів на показники структури врожайності пшениці озимої, було встановлено, що на мінеральному та органо-мінеральному фонах живлення (комплекс 3), було досягнуто поліпшення елементів структури врожайності відносно контролю щодо всіх показників. Довжина колосу збільшилась порівняно з контролем на 1,5 та 1,1 см; кількість зерен у колосі – на 0,9 та 2,0 шт., а маса 1000 зерен – на 3,02 та 1,15 г, відповідно (табл. 4).

Таблиця 4

Показники структури врожайності пшениці озимої сорту Краплина (середнє за 2015–2018 рр.)

Варіант	Довжина колосу, см	Кількість зерен у колосі, шт.	Маса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л
1	2	3	4	5
Фон 1 – N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀				
Контроль	8,3	27,0	35,21	691,3
Хімічний захист посівів	8,9	27,5	37,62	721,1
Біологічний захист посівів	8,5	27,3	37,20	719,0
Комплекс 1*	9,2	27,8	38,06	728,3
Комплекс 2**	9,4	27,7	37,88	743,4
Комплекс 3***	9,8	27,9	38,23	751,4
НІР _{0,5}	0,03–0,10	0,05–0,12	0,5–1,4	1,7–2,4
Фон 2 – N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + біогумус (250 кг/га)				
Контроль	8,0	26,4	40,08	701,1
Хімічний захист посівів	7,9	27,4	33,88	724,4
Біологічний захист посівів	8,4	27,5	41,34	736,1
Комплекс 1*	8,4	27,8	33,35	728,3
Комплекс 2**	8,3	28,0	34,07	730,5
Комплекс 3***	9,1	28,4	41,23	745,6
НІР _{0,5}	0,02–0,09	0,1–0,4	0,01–0,07	1,5–2,2
Фон 3 – біогумус (250 кг/га)				
Контроль	7,5	26,2	38,62	686,6
Хімічний захист посівів	7,8	26,4	37,09	698,4
Біологічний захист посівів	8,0	26,7	37,28	683,1

Закінчення таблиці 4

1	2	3	4	5
Комплекс 1*	8,3	26,8	37,02	700,2
Комплекс 2**	8,5	26,6	34,87	705,7
Комплекс 3***	8,5	27,1	40,74	711,4
НІР ₀₅ для: варіанту досліду	0,1-0,2	0,1-0,2	2,12-2,18	4,4-5,1
фону живлення	0,1-0,2	0,1-0,3	2,28-2,34	6,3-6,7
взаємодії	0,2-0,3	0,2-0,4	2,62-2,74	8,1-8,3

На органічному фоні живлення найдовше колосся (8,5 см) було при використанні поживних комплексів 2 та 3, що перевищило контрольний варіант на 1,0 см. Кількість зерен у колосі та натура зерна більшими були при застосуванні комплексу 3 (+0,9 та +24,8 г/л, відповідно). Найбільша маса 1000 зерен була отримана у варіанті з використанням поживного комплексу 3 (+2,12 г відносно контролю).

При порівнянні впливу фонів живлення на показники структури врожайності було встановлено, що мінеральний фон живлення сприяв збільшенню довжини колоса, маси 1000 зерен та натури зерна, а органо-мінеральний фон забезпечив найбільшу озерненість колоса.

У таблиці 5 представлена залежність рівня врожайності зерна пшениці озимої від запропонованих поживних комплексів відповідно фону живлення.

На мінеральному фоні живлення, в середньому за роки проведення досліджень, використання комплексу 3 забезпечило найвищу прибавку врожайності порівняно з контролем (1,22 т/га, або 48,0 %). Найменший приріст врожайності був при застосуванні біологічного захисту посівів (0,04 т/га, або 1,6 %).

На органо-мінеральному фоні живлення також продуктивнішими були рослини, оброблені комплексом 3 (+0,78 т/га, або 30,5 % порівняно з контролем). Проте, не у всіх варіантів цього фону живлення відзначена достовірна прибавка врожайності зерна до контролю. Так, застосування хімічного захисту посівів та комплексу 1 сприяло зниженню рівня зернової продуктивності порівняно з контролем на 0,02 т/га (-0,78 %) та 0,04 т/га (-1,56 %), відповідно.

На органічному фоні живлення всі запропоновані поживні комплекси сприяли прибавці врожайності зерна. Істотніше підвищення рівня зернової продуктивності відносно контролю забезпечив комплекс 3 (+0,43 т/га, або 18,8 %). Найменшою прибавка (0,06 т/га до контролю) була при використанні комплексу 2.

Таблиця 5

Урожайність зерна пшениці озимої (середнє за 2015–2018 рр.)

Варіант	Урожайність зерна, т/га	Прибавка	
		т/га	%
Фон 1 – N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀			
Контроль	4,54	–	–
Хімічний захист посівів	4,80	0,26	10,2
Біологічний захист посівів	4,58	0,04	1,6
Комплекс 1*	5,01	0,47	18,5
Комплекс 2**	5,11	0,57	22,4
Комплекс 3***	5,76	1,22	48,0
Фон 2 – N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + біогумус (250 кг/га)			
Контроль	4,56	–	–
Хімічний захист посівів	4,54	-0,02	-0,78
Біологічний захист посівів	4,82	0,26	10,2
Комплекс 1*	4,52	-0,04	-1,56
Комплекс 2**	4,96	0,40	15,6
Комплекс 3***	5,34	0,78	30,5
Фон 3 – біогумус (250 кг/га)			
Контроль	4,29	–	–
Хімічний захист посівів	4,23	-0,06	-2,6
Біологічний захист посівів	4,23	-0,06	-2,6
Комплекс 1*	4,40	0,11	4,8
Комплекс 2**	4,35	0,06	2,6
Комплекс 3***	4,72	0,43	18,8
НР ₀₅ , т/га для: фону живлення – 0,02–0,07; варіанту обробок – 0,07–0,11; взаємодія – 0,10–0,19			

Взагалі рівень урожайності зерна залежав більшою мірою від фону живлення, зокрема на мінеральному фоні рослинами пшениці озимої був сформований найвищий рівень урожайності і дещо нижчий на органо-мінеральному фоні. Хоча в цілому ступінь розвитку рослин протягом вегетації та формування рослинами врожайності зерна при використанні запропонованих поживних комплексів свідчить про правильність вибраного напрямку досліджень.

Розрахунок економічної ефективності (табл. 6) вирощування пшениці озимої підтверджує, що незалежно від фону живлення застосування запропонованих елементів доцільне при вирощуванні даної культури.

Таблиця 6

**Економічна та біоенергетична ефективність вирощування
пшениці озимої залежно від фону живлення та поживного
комплексу (2011–2018 рр.)**

Показники	Варіанти дослідів					
	Конт- роль	Хіміч- ний захист посівів	Біоло- гічний захист посівів	Комп- лекс 1	Комп- лекс 2	Комп- лекс 3
Фон – N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀						
Урожайність, т/га	4,54	4,80	4,58	5,01	5,11	5,76
Виробничі витрати, грн/га	8504	9739	8626	10135	9907	9892
Собівартість 1 т зерна, грн	1873	2029	1883	2023	1939	1717
Чистий дохід, грн: на 1 га	11737	11861	11984	12410	13088	16028
на 1 т	2585	2471	2617	2477	2561	2783
Рівень рентабельності, %	138,0	121,8	138,9	122,5	132,1	162,0
Затрати сукупної енергії, МДж/га	12474	12970	12560	14830	14486	13930
Енергоємність 1 т зерна, МДж	2748	2702	2742	2960	2835	2418
Коефіцієнт енергетичної ефективності	5,99	6,09	6,00	5,56	5,80	6,80
Фон – N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + біогумус (250 кг/га)						
Урожайність, т/га	4,56	4,54	4,82	4,52	4,96	5,34
Виробничі витрати, грн/га	8479	9558	8724	9826	9788	9623
Собівартість 1 т зерна, грн	1860	2105	1810	2174	1973	1802
Чистий дохід, грн: на 1 га	11851	10872	12966	10514	12532	14407
на 1 т	2599	2395	2690	2326	2527	2698
Рівень рентабельності, %	139,8	113,7	148,6	107,0	128,0	149,7
Затрати сукупної енергії, МДж/га	12167	12429	12435	14098	14036	13257
Енергоємність 1 т зерна, МДж	2668	2738	2580	3119	2830	2483
Коефіцієнт енергетичної ефективності	6,17	6,01	6,38	5,27	5,81	6,63
Фон – Біогумус (250 кг/га)						
Урожайність, т/га	4,29	4,23	4,23	4,40	4,35	4,72
Виробничі витрати, грн/га	7438	8495	7505	8869	8557	8387
Собівартість 1 т зерна, грн	1734	2008	1774	2016	1967	1777
Чистий дохід, грн: на 1 га	10794	10364	11354	10748	10837	12656
на 1 т	2516	2450	2684	2443	2491	2681
Рівень рентабельності, %	145,1	122,0	151,3	121,2	126,6	150,9
Затрати сукупної енергії, МДж/га	11104	11333	11106	13160	12691	11903
Енергоємність 1 т зерна, МДж	2588	2679	2626	2991	2917	2522
Коефіцієнт енергетичної ефективності	6,36	6,14	6,27	5,50	5,64	6,52

Найкращі показники серед представлених варіантів, незалежно від фону живлення, забезпечив поживний комплекс 3.

Серед фонів живлення найбільш ефективними виявились мінеральний та органо-мінеральний забезпечивши рівень рентабельності вищий за контроль від 9,9 % (органо-мінеральний фон) до 24 % (мінеральний фон). Органічний фон живлення через низький рівень продуктивності рослин мав найнижчі економічні показники: собівартість 1 т зерна склала 1734 грн, а найвищий рівень рентабельності 150,9 %, що лише на 5,8 % вище за контрольний варіант. Проте, якщо б продукція рослинництва, отримана за використання елементів органічної технології вирощування, мала статус органічної продукції та відповідну ціну, то показники економічної ефективності виглядали б зовсім по іншому.

Найнижчі затрати сукупної енергії, при порівнянні фонів живлення, були при використанні органічного фону. Що стосовно поживних комплексів, які вивчались, то найменші затрати сукупної енергії було отримано при використанні комплексу 3. Так, на мінеральному фоні живлення затрати сукупної енергії склали 13930 МДж, на органо-мінеральному – 13257 МДж, на органічному фоні живлення – 11903 МДж.

Найвищі коефіцієнти енергетичної ефективності були отримані при застосуванні також поживного комплексу 3: на мінеральному фоні живлення – 6,80; на органо-мінеральному фоні живлення – 6,63; на органічному – 6,52.

Розрахунок економічної та біоенергетичної ефективності використання нових поживних комплексів на різних фонах живлення переконливо свідчить про значну перевагу запропонованих елементів над контрольним варіантом. Залежно від фону живлення ефективність застосування поживних комплексів була різною. Найвищі показники були отримані на органо-мінеральному фоні. Поєднання поживних комплексів з органо-мінеральним фоном дозволяє знизити матеріальні витрати на вирощування пшениці озимої з одночасним підвищенням рівня рентабельності виробництва продукції.

2. Вплив внесення органічних добрив та біостимуляторів росту на ріст і розвиток рослин ячменю ярого

Гострий дефіцит традиційних органічних добрив можна компенсувати залученням поновлюваних джерел в енергетичний баланс

аграрної галузі. Безперервна потреба у високоякісних органічних добривах може бути забезпечена шляхом утилізації біомаси. Переробка біомаси (органічних сільськогосподарських відходів) метановим бродинням дає змогу отримувати біогаз, що містить близько 70 % метану і незаражені органічні добрива. Біодобрива, що отримані при бродинні в біогазових установках без підстилкової гнойової біомаси ВРХ, за своїми фізико-хімічними та токсичними показниками можуть бути використаними у біологічному землеробстві. Використання біогумусу забезпечує більш повне використання біологічних факторів, високий рівень рециркуляції біогенних елементів, покращення екологічного стану територій.

Важливим елементом сучасних ресурсозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур є застосування нових видів біостимуляторів, які підвищують ефективність використання мінеральних добрив, покращуючи умови живлення рослин та їх урожайність. Використання цих препаратів дозволяє значно скоротити обсяги внесення традиційних мінеральних добрив, що зменшує втрати елементів живлення рослин та унеможливорює забруднення навколишнього середовища.

По варіантах досліду під передпосівну культивування внесений біогумус із біогазової установки по переробці свинячого гною (Біогумус-1) і гранульований біогумус, що одержано при біотехнологічній переробці осаду стічних вод вермикомпостуванням (Біогумус-2). Норма внесення Біогумусу-1 (вміст органічної речовини (91–94 %), а також поживних речовин азот загальний – 1,8–2,0 %, фосфор загальний – 1,5–1,8 %, калій загальний – 0,3–0,6 %) становила 500 кг/га, Біогумус-2 (вміст органічної речовини в перерахунку на вуглець – 12,34 %; масова частка азоту – 1,08 %; фосфору – 1,64; калію – 1,21 %) було внесено нормою 250 кг/га. Біогумус обох видів вносили кожний окремо і разом з мінеральними добривами в дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ і $N_{15}P_{15}K_{15}$.

Схема досліду також включала обприскування посівів у фазі кушіння біостимуляторами Регоплант (50 мл/га) і Стимпо (20 мл/га).

Регулятор росту Стимпо – новітній композиційний препарат біологічного походження, в основу дії якого покладено синергічний ефект взаємодії продуктів біотехнологічного культивування грибів-мікроміцетів з кореневої системи женьшеню і продуктів життєдіяльності бактерій *Streptomyces Avermetilis* – аверсектину. До складу препарату входять ненасичені кислоти C11–C28, вуглеводи (глюкоза, рибоза, галактоза), близько 15 амінокислот,

мікроелементи – іони К, Mn, Mg, Fe, Cu, аналоги натуральних фітогормонів типу цитокініну і ауксин, біогенні мікроелементи, поліненасичені жирні кислоти, відповідальні за утворення фітонцидів і фітоалексинів, а також аверсектін.

Регоплант – біостимулятор рослин із серії композиційних препаратів, у основу дії якого покладено синергічний ефект взаємодії продуктів біотехнологічного культивування грибів-мікроміцетів з кореневої системи женьшеню і аверсектину. Збалансована композиція біологічно активних сполук-аналогів фітогормонів, амінокислот, жирних кислот, олігосахаридів, хітозану і мікроелементів, а також біозахистних з'єднань.

Результати фенологічних спостережень свідчать про позитивний вплив заходів, що досліджувались, на ріст та розвиток рослин. У фазі куціння проводився біометричний аналіз рослин на даному етапі (табл. 7).

На посівах ячменю ярого при застосуванні тільки біогумусу обох видів висота рослин була нижчою за варіант, де використовувались мінеральні добрива (+7,0 см до контролю), але була більшою за контрольний варіант на 3,3–3,6 см. При сумісному використанні біогумусу та N₁₅P₁₅K₁₅ рослини були вищими за контрольний варіант на 5,1–5,3 см.

Таблиця 7

Біометричні показники рослин ячменю ярого сорту Аверс у фазі куціння (середнє за 2011–2015 рр.)

Варіант досліджу	Висота рослин, см	Кількість стебел, шт./м ²	Коеф. куціння
Контроль – без добрив	34,5	860	1,86
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	41,5	1210	2,75
Біогумус-1	38,1	965	2,18
Біогумус-2	37,8	945	2,19
Біогумус-1+N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	39,6	1168	2,66
Біогумус-2 +N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	39,8	1150	2,68

Найбільший коефіцієнт куціння ячменю ярого (2,75) отримали за мінерального фону живлення. Застосування біогумусу з половиною нормою мінеральних добрив забезпечило близькі значення коефіцієнта куціння (2,68) до варіанту з N₃₀P₃₀K₃₀. Тільки органічний фон живлення дав дещо нижчий результат. Коефіцієнт куціння в цих варіантах був на 0,33 більшим за контроль.

Результати дослідів показали, що найкраще впливали на біометричні показники мінеральний та органо-мінеральний фони живлення.

У ячменю ярого сорту Аверс коефіцієнт кущіння та коефіцієнт продуктивного кущіння при використанні органічного добрива в різних варіантах обробок збільшилися порівняно з контролем без добрив. Так, найбільший, показник коефіцієнта загального кущіння було отримано при внесенні мінеральних добрив (2,67), він перевищив контроль на 0,93 (табл. 8).

Таблиця 8

Біометричні показники ячменю ярого сорту Аверс на початку фази воскової стиглості (середнє за 2011–2015 рр.)

Варіант	Кількість стебел, шт./м ²		Коефіцієнт кущіння	
	загальна	продуктивна	загальний	продуктивний
Контроль – без добрив	764	422	1,74	0,96
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	1171	614	2,67	1,40
Біогумус-1	921	512	2,14	1,19
Біогумус-2	918	465	2,17	1,10
Біогумус-1+ N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	1117	589	2,54	1,34
Біогумус-2 + N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	1106	562	2,56	1,30
Біогумус-1+ Стимпо	993	551	2,29	1,27
Біогумус-2+ Стимпо	978	561	2,25	1,29
Біогумус-1+ Реоплант	989	539	2,33	1,27
Біогумус-2+ Реоплант	980	542	2,26	1,25
Біогумус-1+ N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Стимпо	1141	599	2,59	1,36
Біогумус- 1+N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Реоплант	1155	630	2,64	1,44
Біогумус-2+ N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Стимпо	1120	577	2,60	1,34
Біогумус-2+ N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Реоплант	1129	595	2,60	1,37

Коефіцієнт продуктивного кущіння виявився найбільшим (1,44) на варіанті, де посіви оброблялись біостимулятором Регоплант на органо-мінеральному фоні – Біогумус-1 з дозою мінерального добрива $N_{15}P_{15}K_{15}$. Застосування цього регулятора росту рослин зумовило підвищення коефіцієнтів загального і продуктивного кущіння порівняно з контролем та мінеральним фоном живлення.

Застосування органічних добрив і біостимуляторів суттєво вплинуло на показники структури врожаю. Так, за внесення добрив у ґрунт висота рослин була більшою за контроль на 2,3–5,2 см. У варіантах з обприскуванням посівів у фазі кущіння на фоні внесення органічних добрив у ґрунт рослини були вищими ніж у інших варіантах досліді, їх висота становила 59,9–62,8 см і перевищувала контроль на 3,1–6,0 см.

Найбільше значення показника довжина колосу (+1,2 см порівняно з контролем) відмічали при використанні Регопланту при обприскуванні посівів на фоні внесення Біогумусу-1 з половинною дозою добрив, а також за внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ (табл. 9).

Кількість зерен у колосі перевищила контроль у всіх варіантах досліді. Найбільші значення цей показник мав на фонах $N_{30}P_{30}K_{30}$ та біогумусу і $N_{15}P_{15}K_{15}$ з додатковим обприскуванням посівів біостимуляторами Регоплант і Стимпо. На цих варіантах прибавка порівняно з контролем становила 1,8–2,5 шт. зерен.

Маса 1000 зерен була більшою за контроль на всіх варіантах досліді. Це збільшення було від 0,7 г до 2,7 г порівняно з контролем. Максимальною (44,6 г) маса 1000 зерен була за сумісного використання Біогумусу-1 з $N_{15}P_{15}K_{15}$. Обприскування посівів біостимуляторами Регоплант і Стимпо на фоні внесення в ґрунт біогумусу також призвело до суттєвого збільшення цього показника на 1,0–2,0 г, відносно контролю. Таким чином, аналіз показників структури врожаю ячменю ярого показав, що застосування біогумусу дозволяє зменшити дозу використання мінеральних добрив.

Найбільша прибавка врожаю зерна 0,73 т/га (31,7 %) порівняно з контролем була отримана на варіанті, де застосовували тільки мінеральну систему живлення $N_{30}P_{30}K_{30}$. За рахунок внесення половинної дози мінеральних добрив разом з Біогумусом-1 і Біогумусом-2 одержали додатковий приріст врожаю 0,54 т/га (23,65 %) і 0,47 т/га (20,3 %) відповідно.

Таблиця 9

**Показники структури врожаю ячменю ярого сорту Аверс
при застосуванні добрив і біостимуляторів
(середнє за 2011–2015 рр.)**

Варіант досліджу	Висота рослин, см	Довжина колосу, см	Кількість зерен у колосі, шт.	Маса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л
Контроль – без добрив	56,8	6,3	12,5	41,9	556,2
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	62,1	7,5	14,7	44,5	583,7
Біогумус-1	58,6	6,9	13,3	42,9	569,3
Біогумус-2	59,1	6,7	13,0	42,6	568,0
Біогумус-1 + N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	60,1	7,2	14,2	43,8	580,3
Біогумус-2 + N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	60,5	6,7	14,0	43,2	579,4
Біогумус-1 + Стимпо	60,2	7,0	13,9	43,0	569,5
Біогумус-2 + Стимпо	59,9	6,8	13,9	42,9	567,9
Біогумус-1 + Реоплант	60,8	7,0	13,6	43,9	573,0
Біогумус-2 + Реоплант	59,9	7,0	13,7	43,9	580,0
Біогумус-1 + N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Стимпо	61,9	7,4	14,7	44,2	579,5
Біогумус-1+ N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Реоплант	62,8	7,5	15,0	44,6	581,7
Біогумус-2+ N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Стимпо	60,9	7,1	14,3	43,7	571,0
Біогумус-2+ N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Реоплант	62,0	7,1	14,9	44,0	569,5
НІР _{0,5}	1,7–1,9	0,10–0,12	0,1–0,4	0,2–0,6	5,3–6,7

Обприскування рослин ячменю ярого біостимуляторами на фоні органо-мінеральної системи живлення забезпечило одержання додаткового врожаю порівняно з контролем.

Найвищою прибавка була за використання біостимулятора Реоплант і становила 0,66 т/га або 28,8 % відносно контролю.

Таким чином, застосування біогумусу різного походження дає змогу скоротити витрати мінеральних добрив, тим самим зменшити антропогенне навантаження на агроландшафти при збереженні рівня врожайності.

3. Ефективність застосування нових поживних комплексів та їх вплив на ріст і розвиток рослин ячменю ярого

Одним із напрямків досліджень було створення поживних комплексів на основі отриманих багаторічних експериментальних даних, які б могли задовільнити вимоги рослин у поживних речовинах в основні етапи онтогенезу.

У фазі кушіння проводився відбір рослин ячменю ярого для проведення біометричного аналізу розвитку культур на даному етапі (табл. 10).

Таблиця 10

Стан рослин ячменю ярого сорту Східний у фазі кушіння залежно від поживного комплексу та фону живлення (середнє за 2014–2018 рр.)

Варіант	Висота рослин, см	Кількість стебел, шт./м ²	Кількість вузл. коренів, шт./м ²	Коеф. кушіння	Кількість вузлових коренів, шт.
1	2	3	4	5	6
Фон 1 – N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀					
Контроль	37,6	1010	419	2,24	0,93
Хімічний захист посівів	40,3	1123	475	2,50	1,06
Біологічний захист посівів	40,5	1121	571	2,49	1,27
Комплекс 1*	43,9	1199	559	2,66	1,24
Комплекс 2**	44,3	1255	567	2,79	1,26
Комплекс 3***	44,5	1301	569	2,89	1,26
Фон 2 – N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + біогумус (250 кг/га)					
Контроль	39,3	1006	398	2,24	0,88
Хімічний захист посівів	43,3	1117	442	2,48	0,98
Біологічний захист посівів	41,1	1215	433	2,70	0,96
Комплекс 1*	47,4	1267	477	2,82	1,06
Комплекс 2**	45,4	1356	526	3,01	1,17
Комплекс 3***	46,4	1341	548	2,98	1,23
Фон 3 – біогумус (250 кг/га)					
Контроль	37,6	971	331	2,16	0,74
Хімічний захист посівів	39,1	987	393	2,19	0,87

Закінчення таблиці 10

1	2	3	4	5	6
Біологічний захист посівів	38,7	979	435	2,18	0,97
Комплекс 1*	39,9	1118	453	2,48	1,01
Комплекс 2**	38,4	1121	445	2,49	0,99
Комплекс 3***	40,0	1115	478	2,48	1,06

Примітка: *Обробка насіння препаратом Rost-Forte (0,5 л/га) у суміші з комплексом амінокислот, обприскування рослин у фазах кушіння та колосіння сумішшю препаратів Rost-концентрат 15.7.7. (1 л/га) + комплекс амінокислот + Хелатин (2 л/га) + мікробіологічний комплекс (400 г/га).

**Обробка насіння препаратом Айдар (1 л/т), обприскування рослин у фазах кушіння та колосіння сумішшю препарат Айдар (2 л/га) та мікробіологічного комплексу (400 г/га).

***Обробка насіння препаратом Сизам (250 г/т) у суміші з мікробіологічним комплексом, обприскування рослин у фазі кушіння сумішшю препарату Сизам (250 г/га) та мікробіологічного комплексу (400 г/га).

Встановлено, що на мінеральному фоні живлення найбільше підвищення біометричних показників порівняно з контролем відмічається при застосуванні нових поживних комплексів. Так, найвищі рослини були отримані при використанні поживного комплексу 3 (+ 6,9 см порівняно з контролем). Також на цьому варіанті була найбільшою кількістю продуктивних стебел, і, як наслідок, коефіцієнт продуктивного кушіння, який перевищив контрольний варіант на 0,65.

Застосування поживних комплексів при вирощуванні ячменю ярого на мінеральному фоні живлення сприяло підвищенню кількості вторинних коренів порівняно з контролем від 0,31 шт. до 0,33 шт. та порівняно з хімічним захистом посівів – від 0,18 шт. до 0,20 шт.

На органо-мінеральному фоні живлення найвищими рослини були при застосуванні поживного комплексу 1 (прибавка до контролю склала 8,1 см). Кількість стебел найбільшою була за поживного комплексу 2 (+350 шт./м² порівняно з контролем). Використання поживних комплексів на органо-мінеральному фоні також стимулювало більш інтенсивний розвиток вторинної кореневої системи збільшивши кількість вузлових коренів порівняно з контролем від 79 шт./м² (поживний комплекс 1) до 140 шт./м² (поживний комплекс 3).

На органічному фоні живлення найбільше підвищення коефіцієнта кушіння було отримано при застосуванні поживного

комплексу 2. Найбільша кількість вторинних коренів (+147 шт./м² порівняно з контролем) та найвищі рослини (+2,4 см до контролю) були у варіанті використання поживного комплексу 3.

При порівнянні трьох фонів живлення між собою було встановлено, що найкращий вплив на біометричні показники мали мінеральний та органо-мінеральний фони.

Найвище зростання коефіцієнта загального кущіння порівняно з контролем на мінеральному фоні живлення було відмічено при застосуванні мікробіологічних препаратів – +0,41 порівняно з контролем (табл. 11).

Таблиця 11

Густина стеблостою рослин ячменю ярого сорту Східний у фазі повної стиглості, середнє за 2014–2018 рр.

Варіант	Кількість стебел, шт./м ²		Коеф. кущіння	
	загальна	продуктивна	загальний	продуктивний
Фон 1 – N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀				
Контроль	1007,5	563,0	2,24	1,25
Хімічний захист посівів	1185,0	651,5	2,63	1,45
Біологічний захист посівів	1193,5	661,0	2,65	1,47
Комплекс 1*	1146,0	584,0	2,55	1,30
Комплекс 2**	1171,0	628,0	2,60	1,40
Комплекс 3***	1169,0	654,0	2,60	1,45
Фон 2 – N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + біогумус (250 кг/га)				
Контроль	998,5	430,5	2,22	0,96
Хімічний захист посівів	1177,5	603,0	2,62	1,34
Біологічний захист посівів	1150,0	586,0	2,56	1,30
Комплекс 1*	1190,0	526,0	2,64	1,17
Комплекс 2**	1164,0	661,5	2,59	1,47
Комплекс 3***	1173,0	647,7	2,61	1,44
Фон 3 – біогумус (250 кг/га)				
Контроль	804,0	432,5	1,79	0,96
Хімічний захист посівів	978,5	495,0	2,17	1,10
Біологічний захист посівів	921,0	533,5	2,05	1,19
Комплекс 1*	967,0	588,5	2,15	1,31
Комплекс 2**	992,5	571,0	2,21	1,27
Комплекс 3***	997,8	579,0	2,22	1,29

Що стосовно коефіцієнта продуктивного кущіння, то всі варіанти, які вивчалися, сприяли збільшенню цього показника порівняно з контролем. Найбільше зростання було відмічено при застосуванні мікробіологічних препаратів для стимуляції ростових процесів та захисту рослин від шкідників та хвороб.

Найменше зростання коефіцієнтів загального та продуктивного кущіння порівняно з контролем на мінеральному фоні живлення відмічали при використанні поживного комплексу 1 (+0,31 та +0,05, відповідно).

На орґано-мінеральному фоні застосування поживного комплексу 1 сприяло збільшенню загальної кількості стебел порівняно з контролем на 174,5 шт./м². Це найкращий варіант на даному фоні. А найбільшу кількість продуктивних стебел було сформовано рослинами при використанні поживного комплексу 2 (+231 шт./м² порівняно з контролем).

На органічному фоні при використанні поживних комплексів було відмічено збільшення коефіцієнтів, як загального, так і продуктивного кущіння, порівняно з контролем. Найвищий коефіцієнт загального кущіння був отриманий на варіанті застосування поживного комплексу 3 (2,22), а коефіцієнт продуктивного кущіння – поживного комплексу 1 (1,31).

Порівнюючи три фони живлення, можна зробити висновок, що найбільший вплив поживних комплексів, що вивчались, був при використанні органічного фону. Тобто, на цьому фоні були отримані найвищі прирости коефіцієнтів загального та продуктивного кущіння порівняно з контролем.

У процесі дослідження впливу поживних комплексів на показники структури врожайності ячменю ярого сорту Східний було встановлено, що на мінеральному фоні живлення найкращі результати були отримані при застосуванні поживного комплексу 3 – довжина колосу збільшилась порівняно з контролем на 1,7 см, кількість зерен у колосі – на 2,1 шт., маса 1000 зерен – на 2,8 г (табл. 12).

На орґано-мінеральному фоні спостерігалася подібна ситуація, а органічний фон живлення сприяв отриманню найкращих показників структури врожайності при застосуванні поживного комплексу 2. Так, довжина колоса збільшилась порівняно з контролем на 2,4 см, кількість зерен у колосі – на 2,4 шт., маса 1000 зерен – на 2,9 г.

Таблиця 12

**Показники структури урожайності зерна ячменю ярого сорту
Східний (середнє за 2014–2018 рр.)**

Варіант	Висота рослин, см	Довжина колосу, см	Кількість зерен у колосі, шт.	Маса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л
Фон 1 – N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀					
Контроль	59,6	8,4	13,0	43,1	586,0
Хімічний захист посівів	62,1	8,9	13,6	44,9	586,7
Біологічний захист посівів	63,5	9,0	13,9	45,7	587,4
Комплекс 1*	63,6	9,8	14,7	45,5	587,3
Комплекс 2**	63,4	9,9	14,9	45,4	589,5
Комплекс 3***	64,3	10,1	15,1	45,9	588,4
НІР _{0,5}	0,2–0,5	0,3–0,6	0,7–0,9	0,5–0,9	0,7–1,5
Фон 2 – N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + біогумус (250 кг/га)					
Контроль	60,9	8,0	12,5	42,1	579,5
Хімічний захист посівів	63,1	9,3	12,9	43,4	581,7
Біологічний захист посівів	62,5	9,7	13,5	44,4	579,5
Комплекс 1*	63,2	10,1	14,7	44,9	581,3
Комплекс 2**	62,9	10,7	13,9	44,7	565,1
Комплекс 3***	63,6	11,0	14,9	45,0	573,0
НІР _{0,5}	0,6–0,9	0,1–0,4	0,6–0,9	0,3–0,5	0,4–1,3
Фон 3 – біогумус (250 кг/га)					
Контроль	58,0	7,5	12,1	41,9	556,2
Хімічний захист посівів	61,8	8,7	13,9	42,2	588,7
Біологічний захист посівів	61,5	8,9	13,7	43,5	567,9
Комплекс 1*	62,7	9,5	14,0	44,5	571,0
Комплекс 2**	62,2	9,9	14,5	44,8	562,4
Комплекс 3***	62,8	9,7	13,9	44,2	569,5
НІР _{0,5} для: варіанту досліду	0,7–0,9	0,1–0,2	0,1–0,2	1,3–1,4	1,7–1,9
фону живлення	0,5–0,6	0,1–0,2	0,1–0,2	1,0–1,1	2,6–3,1
взаємодії	1,0–1,2	0,2–0,3	0,2–0,3	1,6–1,8	3,7–4,2

При порівнянні двох варіантів захисту рослин від шкідників та хвороб, було встановлено, що незалежно від фону живлення найкращих показників структури врожайності було досягнуто при використанні біологічного захисту посівів (застосування мікробіологічних препаратів для інокуляції насіння та обприскування посівів). Так, на мінеральному фоні живлення при біологічному захисті посівів довжина колоса була більшою за варіант хімічного захисту на 0,1 см, зерен у колосі було більше на 0,3 шт., а маса 1000 зерен збільшилась на 0,8 г.

На орґано-мінеральному фоні живлення біологічний захист посівів забезпечив видовження колосу порівняно з хімічним захистом на 0,4 см, кількість зерен у колосі збільшилась на 0,6 шт., а маса 1000 зерен – на 1 г.

Порівняння фонів живлення демонструє, що при використанні мінерального фону були отримані найвищі показники структури врожайності, незалежно від варіантів, що вивчалися. А органічний та орґано-мінеральний фони сприяли отриманню найвищих показників структури врожайності порівняно з контролем.

Таким чином, одержаний на основі польових досліджень експериментальний матеріал, дає змогу стверджувати, що застосування поживних комплексів забезпечує необхідний стартовий ефект на початковому етапі розвитку рослин, сприяє підвищенню продуктивності та урожайності ячменю ярого.

При визначенні ефективності вказаних комплексів на рівень врожайності зерна ячменю ярого сорту Східний встановлено, що використання поживного комплексу 3 на мінеральному фоні живлення забезпечило прибавку врожайності зерна 1,37 т/га, або 51,9 %, порівняно з контролем (табл. 13).

Орґано-мінеральний фон живлення у поєднанні з поживним комплексом 3 сприяв отриманню приросту врожайності 2,08 т/га до контролю. На органічному фоні живлення найвищу прибавку врожайності (1,60 т/га) забезпечило використання поживного комплексу 1.

Взагалі можна зробити висновок, що застосування нових поживних комплексів у поєднанні з органічним та орґано-мінеральним фоном живлення сприяє доброму росту та розвитку рослин протягом вегетації, що в свою чергу, забезпечує формування кращих показників структури врожайності, а як наслідок, і врожайності ячменю ярого сорту Східний в умовах східної частини Північного Степу.

Таблиця 13

Урожайність зерна ячменю ярого (середнє за 2014–2018 рр.)

Варіант	Урожайність, т/га	Прибавка урожаю	
		т/га	%
Фон 1 – N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀			
Контроль	2,63	–	–
Хімічний захист посівів	3,01	0,43	16,16
Біологічний захист посівів	3,81	1,18	44,68
Комплекс 1	3,46	0,83	31,56
Комплекс 2	3,71	1,08	41,06
Комплекс 3	3,99	1,36	51,90
Фон 2 – N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + біогумус (250 кг/га)			
Контроль	1,78	–	–
Хімічний захист посівів	2,88	1,10	61,80
Біологічний захист посівів	3,04	1,26	70,79
Комплекс 1	3,01	1,23	69,10
Комплекс 2	3,61	1,83	102,81
Комплекс 3	3,86	2,08	116,85
Фон 3 – біогумус (250 кг/га)			
Контроль	1,65	–	–
Хімічний захист посівів	2,43	0,78	47,27
Біологічний захист посівів	2,68	1,03	62,42
Комплекс 1	3,25	1,60	96,97
Комплекс 2	3,21	1,56	94,55
Комплекс 3	3,05	1,40	84,85
НІР ₀₅ , т/га для факторів: А – 0,09–0,13, В – 0,11–0,17; АВ – 0,18–1,29			

Аналіз економічної ефективності використання поживних комплексів на мінеральному фоні живлення показав значну роль запропонованих варіантів для підвищення рівня рентабельності виробництва ячменю ярого (табл. 14). Так, на цьому фоні живлення, з використанням поживного комплексу 3, рівень рентабельності становив 107,4 %, це найвищий показник серед інших поживних комплексів та другий після біологічного захисту посівів (116,1 %). Собівартість 1 т зерна цього варіанту була 2130 грн. Проте, на мінеральному фоні живлення ми отримали найвищі витрати сукупної енергії, які склали від 9895 МДж до 12603 МДж на 1 га. Коефіцієнт енергетичної ефективності підвищувався при застосуванні поживних комплексів від 0,15 до 1,31, порівняно з контролем.

Таблиця 14

**Економічна та біоенергетична ефективність вирощування
ячменю ярого залежно від фону живлення та поживного
комплексу (середнє за 2014–2018 рр.)**

Показники	Варіанти дослідів					
	Контроль	Хімічний захист посівів	Біологічний захист посівів	Комплекс 1	Комплекс 2	Комплекс 3
Фон – N30P30K30						
Урожайність, т/га	2,63	3,01	3,81	3,46	3,71	3,99
Виробничі витрати, грн/га	7003	8260	7786	8859	8730	8497
Собівартість 1 т зерна, грн	2663	2744	2044	2560	2353	2130
Чистий дохід, грн: на 1 га	4613	5034	9041	6423	7656	9126
на 1 т	1754	1672	2373	1856	2064	2287
Рівень рентабельності, %	65,9	60,9	116,1	72,5	87,7	107,4
Затрати сукупної енергії, МДж/га	9895	10503	11009	12603	12403	11559
Енергоємність 1 т зерна, МДж	3762	3489	2889	3643	3343	2897
Коефіцієнт енергетичної ефективності	4,37	4,71	5,69	4,52	4,92	5,68
Фон – N15P15K15 + біогумус (250 кг/га)						
Урожайність, т/га	1,78	2,88	3,04	3,01	3,61	3,86
Виробничі витрати, грн/га	6731	8418	7563	8826	8906	8655
Собівартість 1 т зерна, грн	3782	2923	2488	2932	2467	2242
Чистий дохід, грн: на 1 га	1131	4302	5864	4468	7038	8393
на 1 т	635	1494	1929	1484	1950	2174
Рівень рентабельності, %	16,8	51,1	77,5	50,6	79,0	97,0
Затрати сукупної енергії, МДж/га	9111	10373	10298	12183	12300	11429
Енергоємність 1 т зерна, МДж	5119	3602	3387	4047	3407	2961
Коефіцієнт енергетичної ефективності	3,21	4,57	4,86	4,06	4,83	5,56
Фон – біогумус (250 кг/га)						
Урожайність, т/га	1,65	2,43	2,68	3,25	3,21	3,05
Виробничі витрати, грн/га	5888	7384	6582	8204	7902	7406
Собівартість 1 т зерна, грн	3568	3039	2456	2524	2462	2428
Чистий дохід, грн: на 1 га	1399	3348	5254	6150	6276	6065
на 1 т	848	1378	1961	1892	1955	1988
Рівень рентабельності, %	23,8	45,3	79,8	75,0	79,4	81,9
Затрати сукупної енергії, МДж/га	8278	9249	9255	11686	11222	9978
Енергоємність 1 т зерна, МДж	5017	3806	3454	3596	3496	3272
Коефіцієнт енергетичної ефективності	3,28	4,32	4,76	4,58	4,71	5,03

На органо-мінеральному фоні поживний комплекс 3 також забезпечив найвищі показники економічної ефективності. Так, собівартість 1 т зерна склала 2242 грн, чистий прибуток – 8393,0 грн/га, рівень рентабельності – 97,0 %, що на 80,2 % перевищує контрольний варіант. Енергоємність 1 т зерна при використанні поживних комплексів на цьому фоні живлення знижувалась порівняно з контролем від 1072 МДж до 2158 МДж. Коефіцієнт енергетичної ефективності найвищий був при застосуванні поживного комплексу 3 (5,56).

На органічному фоні найкраще себе проявив поживний комплекс 3. Рівень рентабельності при застосуванні цього комплексу склав 81,9 %, собівартість 1 т зерна знизилась порівняно з контролем на 1140 грн.

На цьому ж варіанті, також, було отримано найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності, який перевищив контроль по фону на 1,75.

На органічному фоні живлення порівняно з іншими були також отримані найнижчі показники затрат сукупної енергії серед інших фонів.

Аналіз результатів демонструє цілковиту перевагу поживних комплексів над контролем та варіантом, де застосовувалися пестициди незалежно від фону живлення. Тому, можна зробити висновок, що нові поживні комплекси це універсальний засіб, який гарантовано забезпечить високий рівень доцільності вирощування ячменю ярого, особливо, в гостропосушливих регіонах східної частини Північного Степу.

Висновки

Впровадження нових поживних комплексів у технології вирощування пшениці озимої сприяло доброму розвитку рослин протягом всієї вегетації та дозволило сформувати врожайність, яка значно перевищила контрольний варіант. Найкращі показники серед представлених варіантів, незалежно від фону живлення, забезпечив поживний комплекс 3 (обробка насіння препаратом Сизам (250 г/т) у суміші з мікробіологічним комплексом, обприскування рослин у фазі куціння сумішшю препарат Сизам (250 г/га) та мікробіологічний комплекс (400 г/га)). Так, на мінеральному ($N_{30}P_{30}K_{30}$), органо-мінеральному ($N_{15}P_{15}K_{15}$ + біогумус (250 кг/га)) та органічному (біогумус – 250 кг/га) фонах живлення, в середньому за роки проведення досліджень, використання комплексу 3 забезпечило

приріст врожайності зерна порівняно з контролем склав 1,22 т/га (48,0 %); 0,78 т/га (30,5 %) та 0,43 т/га (16,9 %) відповідно.

Розрахунок економічної та біоенергетичної ефективності використання нових поживних комплексів на різних фонах живлення при вирощування пшениці озимої свідчить про значну перевагу запропонованих елементів над контрольним варіантом. Найвищі коефіцієнти енергетичної ефективності були отримані при застосуванні також поживного комплексу 3: на мінеральному фоні живлення – 6,80; на органо-мінеральному фоні живлення – 6,63; на органічному – 6,52.

Використання елементів біологізації в технології вирощування ячменю ярого суттєво впливає на ріст, розвиток рослин та формування врожайності зерна культури. Так, комплексне застосування Біогумусу-1 (250 кг/га) та біостимулятора Регоплант забезпечило врожайність зерна 2,95 т/га, приріст до контролю становив 0,66 т/га або 28,8 %.

Комплексне застосування біогумусу з біостимуляторами природного походження Регоплан та Стимпо дозволяє до 50 % скоротити обсяги внесення традиційних мінеральних добрив, що зменшує ризик забруднення навколишнього середовища при збереженні рівня зернової продуктивності.

Використання нових поживних комплексів при вирощуванні ячменю ярого сприяло доброму розвитку рослин протягом всієї вегетації та дозволило сформувати на всіх фонах живлення врожайність, яка значно перевищила контроль: на фоні внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ прибавка урожаю порівняно з контролем склала 1,36 т/га, на органо-мінеральному фоні ($N_{15}P_{15}K_{15}$ + біогумус, 250 кг/га) – 2,08 т/га, а на органічному фоні живлення (біогумус, 250 кг/га) – 1,60 т/га.

Розрахунок економічної ефективності використання поживних комплексів продемонстрував значну перевагу запропонованих варіантів у підвищенні рівня рентабельності виробництва зерна ячменю ярого. Найкращі економічні показники та коефіцієнт енергетичної ефективності на всіх фонах живлення були за використання поживного комплексу 3 (обробка насіння препаратом Сизам (250 г/т) у суміші з мікробіологічним комплексом, обприскування рослин у фазі куціння сумішню препаратом Сизам (250 г/га) та мікробіологічного комплексу (400 г/га)).

Список використаних джерел:

1. Гордецька С. П. Особливості формування високопродуктивних агрофітоценозів зернових колосових культур. *Наукові основи ведення зернового господарства*. Київ : Урожай, 1994. С. 54–70.
2. Лопачев Н. А., Наумкин В. Н., Петров В. А. Теоретические основы биологизации земледелия. *Агрехимический вестник*. 1998. № 5–6. С. 32–33.
3. Игонин А. М. Черви – гумус – урожай. *Достижения науки и техники АПК*. 2004. № 4. С. 2–3.
4. Прищепа И. А. Применение смесей пестицидов и регуляторов роста на посевах зерновых колосовых культур. *Агрехимия*. 1998. № 8. С. 74–89.
5. Михайловская Н. А., Волкова Н. Д. Диазотрофная бактериализация как перспективный биотехнологический приём при возделывании ячменя. *Проблемы питания растений и использования удобрений в современных условиях* : материалы междунар. науч.-практ. конф. Жодино. 2000. С. 351–352.
6. Патица В. П., Гармашов В. В., Калініченко А. В. Морфофізіологічні дослідження впливу біопрепаратів азотфіксувальних бактерій на формування елементів продуктивності озимої пшениці. *Фізіологія і біохімія культурних рослин*. 2004. Вып. 36. № 3. С. 239–248.
7. Волкогон В. В. Приёмы регулирования активности ассоциативной азотфиксации. *Бюл. ІСГМ. УААН*. 1997. № 1. С. 17–19.
8. Патица В. П., Татаріко Ю. О., Мельничук Т. М. Комплексне застосування біопрепаратів на основі азотфіксуючих, фосфоромобілізуєчих мікроорганізмів, фізіологічно активних речовин і біологічних засобів захисту рослин: Рекомендації. Київ : Аграрна наука. 2000. 36 с.
9. Тараріко О. Г., Шерстобоева О. В., Патица В. П. Концепція і наукове обґрунтування основних напрямків удосконалення систем випуску і реалізації мікробіологічних препаратів для сільськогосподарського виробництва. *Мікробіологічний журнал*. 1997. 59. № 4. С. 102–108.
10. Щербатий О. А., Лепеха О. П. Використання мікроорганізмів для підвищення продуктивності ячменю. *Матеріали всеук. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів*. Дніпропетровськ. 2002. С. 32.
11. Нові штами мікроорганізмів для підвищення ефективності землеробства. *Розробки виробництву*. Київ : Аграр. Наука, 1999. С. 98.

12. Доспехов Б. А. Методика опытного дела. Москва : Колос, 1985. 336 с.

13. Погорілько М. А., Граб Т. О., Усманова Т. О., Хаїтова Н. О. Виробництво та застосування біологічних препаратів на основі азотфіксуючих бактерій – необхідна умова оптимізації агроєкосистем. *Сталий розвиток агроєкологічних систем в умовах обмеженого ресурсного забезпечення*: Матеріали наук.-метод. конф. Київ. 1998. С. 128–129.

14. Шерстобоева Е. В., Дудинова И. А., Шерстобоев Н. К. Биопрепараты азотфиксирующих бактерий: проблемы и перспективы применения. *Мікробіологічний журнал*. 1997. Вип. 59, № 4. С. 109–117.

DOI <https://doi.org/10.36059/978-966-397-240-4-21>

Горач О. О.

*кандидат технічних наук,
доцент кафедри інженерії харчового виробництва
Херсонський державний аграрно-економічний університет
м. Херсон*

Чурсіна Л. А.

*доктор технічних наук,
професор кафедри товарознавства,
стандартизації та сертифікації
Херсонський національний технічний університет
м. Херсон*

Домбровська О. П.

*кандидат технічних наук,
доцент кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації
Херсонський національний технічний університет
м. Херсон*

ІННОВАЦІЙНІ НАПРЯМИ ВИКОРИСТАННЯ НАСІННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Інноваційні напрями використання насіння льону олійного та технічних конопель є актуальним екологічно безпечним завданням для харчової промисловості, що дозволить одержати нову продукцію з покращеними показниками якості. Екологічна безпека та збалансоване природокористування в агропромисловому виробництві, а саме в харчовій промисловості забезпечить український ринок харчовими продуктами збагаченими біологічно активними сполуками як стероли, сквален, вітамін Е та рядом інших з'єднань. Використання насіння льону олійного та технічних конопель у харчовій промисловості дозволить одержати нові інноваційні продукти на ринку України. Крім того, використання традиційних для України культур, а саме їх насіння льону олійного та технічних конопель дозволить підвищити рентабельність вирощування цих культур, а також сприятиме розвитку вітчизняного агробізнесу. Використання насінневого матеріалу

дозволить забезпечити харчову промисловість вітчизняною, щорічно відновлюваною, натуральною сировиною, збагаченою біологічно активними сполуками та сприятиме створенню на їх основі нових груп вітчизняних біологічно активних препаратів, включаючи препарати медичного та медико-гігієнічного призначення. Однак, на сьогоднішній день, недостатньо розроблено методів з оцінки якості харчової продукції на основі використання насіння льону олійного та технічних конопель різного функціонального призначення. Тому важливим завданням є дослідження додаткових споживних властивостей харчових продуктів з використанням насіння льону олійного та технічних конопель, які враховували б вплив їх на організм людини, тобто санітарно-гігієнічні, антисептичні, біологічні властивості, а також їх енергетичну та лікувальну цінність. Це, в майбутньому, призведе до можливості використання цієї продукції не тільки на вітчизняних, але й на європейських ринках. Реалізація науково-практичного завдання потребує глибоких фундаментальних досліджень, що дозволить наповнити вітчизняний ринок інноваційними, екологічно безпечними виробами різного функціонального призначення.

Вступ

Харчування – один з найбільш важливих факторів, що визначають здоров'я людини. Харчовий раціон з використанням продуктів, максимально збалансованих за основними властивостями відповідно до фізіологічних потреб, умовами проживання та роботи – одне з найважливіших умов нормального росту і розвитку людини.

Сучасні тенденції формування здорового раціону харчування диктують необхідність створення нових продуктів з підвищеною біологічною і фізіологічною цінністю. Важливу роль у цьому відіграє можливість використання сировини, що вирощується в безпосередній близькості від місць його переробки. Це дозволяє помітно скоротити витрати на транспортування і зберігання сировини, розширити асортимент продуктів харчування.

Поліпшення харчування населення можливо за рахунок використання в рецептурі харчових продуктів натуральної рослинної сировини, традиційно вирощеної, зібраної, підготовленої та переробленої в Україні, що володіє високою біологічною цінністю. Однією з таких традиційною, щорічно відновлюваною, вітчизняною сировиною для застосування в харчовій промисловості є льон олійний та технічні коноплі, с саме їх насіння.

Аналіз світового досвіду використання насіння льону олійного та технічних конопель, дозволяє зробити висновок, що сфера їх застосування з кожним роком постійно зростає і має тенденцію до стрімкого збільшення. Це пов'язано з безумовною цінністю насіння, а саме наявністю у ньому різних органічних сполук. На основі проведеного аналізу поживної цінності насіння льону олійного та технічних конопель, можна зробити висновок, що воно є цінною промисловою сировиною, з високим вмістом фітохімічних властивостей, що дозволяє підвищити біологічну цінність харчових продуктів. Тому важливим завданням сьогодення є створення товарів функціонального призначення з натуральної сировини, безпечних для людини, які мають бути доступними, поживними та корисними. Такою природною сировиною з великим потенціалом для виробництва продовольчих товарів широкого спектру застосування є насіння льону олійного та технічних конопель.

Можливість вирощування льону олійного та технічних конопель, як було вищезазначено, дозволить забезпечити населення виробами з волокна і рослинним жиром, що протягом багатьох століть закріпило за ними славу традиційних культур. Останнім часом в Україні посівні площі під технічні коноплі поступово збільшуються. В той же час і попит на продукцію з технічних конопель та льону олійного постійно зростає. За останні 10 років світовий ринок ненаркотичних конопель піднявся «з нуля» до кількох сотень мільярдів доларів. Крім того, на сьогодні промислова конопля є однією з сільськогосподарських культур, яка найбільш повно відповідає стратегічним цілям і завданням державної екологічної політики України до 2030 р., затвердженої Законом України № 2697-VIII від 28 лютого 2019 р.

Проведений аналіз літературних джерел дозволяє зробити висновок, що на сьогоднішній день відомі інноваційні технології, які впливають на якість отриманої продукції і їх кількість постійно зростає, але методик для визначення якості одержаних нових виробів недостатньо. Основна частина нормативних документів згрупована навколо товарів, що виробляються – волокна і насіння. Однак, для розвитку конопляної та лляної промисловості необхідним постає питання не лише гармонізації існуючої нормативної бази, а й дослідження додаткових споживних властивостей, які враховували б вплив їх на організм людини, тобто санітарно-гігієнічні, антисептичні, біологічні властивості, а також їх енергетичну та лікувальну цінність. Це, в майбутньому, призведе до можливості

використання цієї продукції не тільки на вітчизняних, але й на європейських ринках. Тому розроблення, розширення та систематизація споживних характеристик продовольчих товарів з насіння технічних конопель та льону олійного є нагальним завданням сьогодення, враховуючи стрімкий ріст інноваційних технологій.

1. Інноваційні напрями використання насіння льону олійного та екологічна безпека харчової продукції

Льон олійний – цінна технічна культура багатостороннього використання. Його ботанічна назва *Linum usitatissimum* означає «найкорисніший». Насіння льону олійного містить 40–50 % жиру, який швидко висихає (йодне число – 175–195), утворюючи тонку гладеньку блискучу плівку. Одержану з нього високоякісну олію широко використовують у багатьох галузях промисловості: у лакофарбовій для виготовлення натуральної оліфи, лаків, емалей, різних фарб для підводних робіт; електротехнічній, авіаційній, автомобільній, суднобудівній, ливарній, металообробній, медичній, парфумерно-косметичній та ін. Ляна олія незамінна при виробництві літографічних фарб, лінолеуму, клейонки, непромокальних тканин. Інколи свіжу ляну олію в натуральному вигляді використовують як продукт харчування [1].

Льон – важлива лікарська рослина. Ляну олію використовують у дієтичному харчуванні хворих з порушенням жирового обміну, цукровим діабетом, атеросклерозом, ішемічною хворобою серця, мозку, гіпертонічною хворобою тощо [2].

Відходи олійницького виробництва – макуха та шпріт – це цінний концентрований корм, що містить до 1,2 кормових одиниць, 31–38 % перетравного протеїну та близько 9 % жиру. За кормовими якостями він перевершує інших рослин, тому що легко засвоюється тваринами [3].

У результаті досліджень ряду науковців минулого століття доведено, що вихід волокна з олійного льону становить від 10,5 до 16,6 % маси всієї соломи. Якщо вважати, що середній вихід волокна дорівнює 12%, а врожайність соломи – 8,5 ц/га, то з одного гектара льону після обробки можна отримати близько центнера волокна [4]. Солома, яка містить до 50 % целюлози, є сировиною для виробництва цигаркового паперу та картону. З відходів виробництва лляного волокна – костриці – шляхом пресування можна виготовляти плити, що використовуються як будівельний матеріал. Крім того, брикети із лляної костриці – якісне паливо [5].

Льон увійшов у побут людини з давніх-давен: в Індії, Китаї, Єгипті, Закавказзі його використовували за 3–4 тис. років до нашої ери. У фрагментах спайних будівель у Швейцарії, що відносяться до кам'яного віку, знайдено стебла льону з коробочками й насінням, залишки тканин з льону, ниток, мотузок. За 5 тисяч років до нашої ери в Єгипті льон був добре відомою культурою – мумії загортали в лляне полотно. Стародавні слов'янські племена також добре знали цю культуру і вміли виготовляти з лляного волокна пряжу, а з насіння – олію [6]. На території сучасної України льон почали сіяти в VI ст. н.е. За часів Київської Русі льонарством займалися, за свідченням літописців, усі племена. У XII–XVI століттях льон стає основною технічною культурою всіх руських князівств, широко використовується в торгівлі із заморськими країнами, на нього вводиться державне мито.

За даними ФАО, посівні площі, відведені під льон олійний, у всьому світі становлять майже 3,5 млн га [7].

Льон культивують у багатьох країнах світу (рис. 1). Більше 70 % посівних площ льону у світі займає льон олійний. Останнім часом дуже інтенсивно розвивають виробництво льону олійного Канада та США [8].



Рис. 1. Льоносіючі країни (заштриховані)

Аналіз світового виробництва льону олійного свідчить, що провідними виробниками льону олійного у світі зараз є Канада, Китай, Індія, Аргентина, США та Росія. Загальний валовий збір насіння в цих країнах становить 1,2 млн т. В Україні ця культура

була невинувачено забутою протягом багатьох років у зв'язку з соціально-політичними процесами, які відбувалися в нашій державі впродовж століть. Сьогодні льон олійний повертається в Україну [9]. Великий асортимент сортів, їх різноманітність, висока рентабельність сприяють швидкому поширенню та щорічному збільшенню посівних площ під цією культурою.

До Державного Реєстру рослин, придатних для поширення в Україні на 2017 рік, Міністерством аграрної політики і продовольства України внесено 16 сортів льону олійного. Великий асортимент різних сортів даної культури вирощується на Державному підприємстві «Дослідне господарство «Асканійське» Асканійської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту зрошуваного землеробства НААН України (далі ДПДГ «Асканійське»), розташованому на території Херсонської області в селі Тавричанка Каховського району. ДПДГ «Асканійське» є найбільшим виробником льону олійного в Херсонській області та Національній академії аграрних наук України. Льон олійний тут вирощують з 1999 р. Спочатку під цю культуру було відведено ділянку площею всього 10 га, а у 2016 році посіви льону олійного в Україні займали вже 66,8 тис. га [9].

Селекціонерами Інституту олійних культур УААН створено конвеєр сортів льону олійного технічного напрямку з різними періодами вегетації, які характеризуються високим вмістом олії (до 47–50 %) і потенційною врожайністю насіння до 30 ц/га. Кращими сортами льону олійного, які занесено до Реєстру сортів рослин України, є Еврика, Лірина, Айсберг, Дебют, Південна ніч, Орфей, також широко використовуються сорти Помаранчевий, Симпатик, Водограй, Надійний, Золотистий, Ківіка, Оригінал, Светлозар, Лібра, Версаль.

Завдяки науково-технічному прогресу за останні роки в Україні відбулися значні зміни у вирощуванні технічних культур. Посіви льону-довгунцю суттєво зменшилися, а льону олійного значно зросло. Це пов'язано з підвищенням попиту в Європі на насіння даної культури. Світове виробництво насіння льону олійного з кожним роком також має тенденцію до зростання.

Безумовна цінність насіння цієї культури пов'язана з наявністю в ньому різних органічних сполук. Насіння льону – чудове джерело збалансованих основних жирних кислот, особливо кислоти «омега-3», яка відповідає за ріст і нормальний стан організму, а також містить такі біологічно активні сполуки, як стероли, сквален,

вітамін Е та деякі інші речовини. Саме тому воно широко застосовується в багатьох країнах [10].

Головним споживачем насіння цієї культури, з якого одержують лляну олію та макуху, в Україні є переробна промисловість. Лляна олія також є сировиною технічного призначення в хімічній промисловості. Лляна макуха – це відмінний компонент із високим вмістом білка для виробництва комбікормів. Однак хімічна промисловість і тваринництво в Україні на цей час знаходяться в занепаді, тому льон обробляється тільки окремими приватними компаніями. Лляна макуха активно використовується як корм для приватного сектору лише в регіонах вирощування та переробки насіння цієї культури.

Починаючи з 2008 року, коли в канадському лляному насінні були знайдені ГМ добавки, ЄС виявляє велику зацікавленість у насінні з країн СНД, оскільки воно є екологічно безпечним. Таким чином, загальний обсяг експорту цього товару з Росії, Казахстану та України станом на кінець липня 2012 року дорівнював 510 тис. т, що у 2 рази більше за показники попереднього року (237 тис. т). Основними покупцями українського насіння льону олійного були Бельгія – 8659 т, Польща – 4286 т, Литва – 2945 т, Німеччина – 2048 т, Італія – 1542 т. У 2012 році з'явився несподіваний імпортер українського льону – В'єтнам, який закупив майже 10 тис. т насіння. У цілому Україна експортувала 30 тис. т лляного насіння, або майже 5,9 % від вищезазначеного загального експорту [11].

Підвищення світового попиту на українське насіння льону олійного сприяє постійному зростанню посівних площ, відведених під цю культуру.

Динаміка зміни посівних площ, відведених під технічні культури в Україні, за період 2011–2019 рр. наведена на рис. 2.

З наведеної вище діаграми видно, що спостерігається тенденція до стрімкого збільшення посівних площ, відведених під льон олійний. Основними країнами, природно-кліматичні зони яких дозволяють його вирощувати льон, є: Україна, Росія, Білорусь, Прибалтійські держави, Польща, Китай, Індія, Франція та ін. За даними продовольчої та сільськогосподарської організації об'єднаних націй (ФАО), нині в світі щорічно засівається льоном близько семи мільйонів гектар, у тому числі льоном-довгунцем – 1,2 млн га [1–5]. Основна тенденція останніх десяти років у розвитку світового льонового комплексу – прагнення країн збільшити частку льону серед інших волокон та поглибити ступінь

його переробки. Світові ціни на льон у 1,5 рази вищі, ніж на бавовну, але дефіцит виробів з льону на світовому ринку постійний [1].

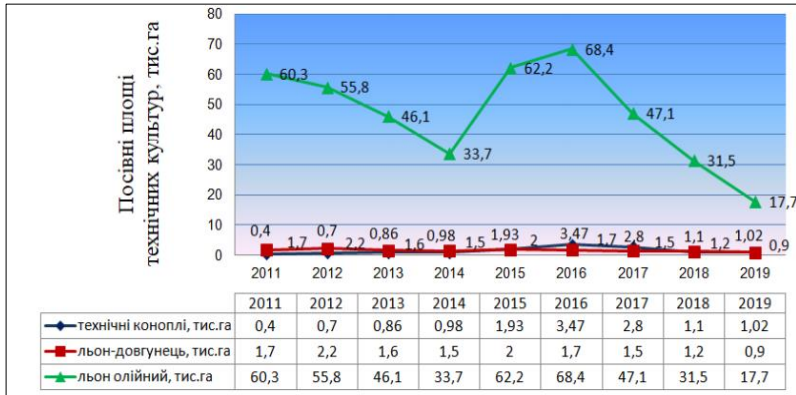


Рис. 2. Динаміка зміни посівних площ, відведених під технічні культури в Україні, за період 2011–2019 рр.

Займаючи 7–12 % посівних площ у господарствах, які вирощували луб'яні культури, продукція льону-довгунця і конопель забезпечувала значну частину всіх грошових надходжень від рослинництва, що дозволяло успішно вирішувати питання економічного й соціального розвитку села [7–9]. Льон і коноплі для вітчизняних сільгоспвиробників Полісся були традиційними культурами, які давали одночасно три види продукції: волокно, насіння та кострицю. За останні роки різко змінилися кліматичні умови у бік потепління, завдяки чому вирощування льону олійного стає актуальним, особливо у південно-східних регіонах України [9]. Тенденції останніх років вказують на збільшення його посівних площ, проте слід зазначити, що таку цінну культуру, як льон олійний, недостатньо використовують в промислових масштабах. В основному, це пояснюється більшою поширеністю технологічних розробок переробки льону-довгунця та соціально-економічними обставинами, що склалися в країні і світі.

Нині, зниження динаміки виробництва лляного та конопляного волокна обумовлюється змінами структури вітчизняного бізнесу, низькою інноваційною активністю підприємств, відсутністю стимулів, значною технічною і технологічною відставанню вітчизняної текстильної промисловості від рівня провідних іноземних

держав, підвищеною енерго- та матеріалоємністю, трудомісткістю виробництва нестачею оборотних коштів і низькою організацією економічної діяльності.

Незважаючи на відносну стабілізацію український лляний комплекс має величезну кількість проблем: незначну площу посіву льону-довгунця таконопель, посередні посіви льону олійного, малу кількість вітчизняного насіння при високій вартості імпортного, невисоку врожайність, низьку якість сировини, відсутність інновацій та дуже малий обсяг інвестицій як в промисловому, так і в аграрному секторі льонарства і коноплярства, відсутність сучасних стандартів на льоно- та коноплепродукцію [10].

Нині, в Україні практично відсутня глибока переробка вітчизняного льону олійного, а виробників готової продукції на його основі є одиниці. Головні споживачі льону – харчова (ПАТ «Ніжинський жировий комбінат»), хімічна (ТОВ «Факторія»), фармацевтична («Ліктрави»). Єдиний спеціалізований олійно-екстракційний завод є у Донецьку, який спеціалізується на переробці насіння цієї культури, але через військові дії в регіоні призупинив свою діяльність. Крім текстильного виробництва (компанії «Галерея льону», «Житомирський льон»), продукція льонарства, як утеплювачі, використовується в будівництві (підприємство «Лінтекс»), як шумо- та звукоізоляційні матеріали – в автомобільній промисловості.

За підсумками 2019 року виробництво льону олійного в Україні переважало виробництво льону-довгунця та конопель. Так, площа посівів льону олійного переважала площі виділені під льон-довгунець в 19,67 разів, а під коноплі – в 17,35 разів (табл. 1).

Слід зазначити, що динаміка культивування льону-довгунця та конопель має постійно виражений спадний характер, а при цьому вирощування льону олійного проходить нестабільно, за певні роки збільшення виділених під нього площ змінюється їх скороченням. Однак у сучасних економічних умовах підприємці не проявляють зацікавленість у вирощуванні льону-довгунця та конопель (рис. 3).

За даними Державної служби статистики України на рис. 4 наведено динаміку вирощування технічних конопель в Україні у 2017–2019 рр.

Експорт технічних конопель та продуктів їх переробки в Україні дуже малий. Основна частина поставок припадає на саме насіння конопель. Стабільну тенденцію до експорту має також конопляна олія та шрот, інші види товарів поставляються періодично, експортування зафіксовано в різних роках різний. Грошове вираження

експорту наведено на основі оцінки – через вагу поставок і середні ціни, оскільки в багатьох поставках не зазначена фактична вартість.

Таблиця 1

Посівна площа сільськогосподарських культур в Україні

Роки	Посівні площі, тис. га					
	Культури сільськогосподарські	з них				
		технічні культури	з них		олійні культури	з них льон олійний
			льон-довгунець	технічні коноплі		
1990	32406,0	3751,3	172,5	10,2	1851,0	4,0
1995	30963,2	3748,2	97,8	3,2	2106,5	2,4
2000	27173,3	4186,8	23,4	3,1	3256,3	2,3
2005	26043,6	5260,1	25,5	1,3	4528,7	25,6
2010	26951,5	7295,8	1,3	0,8	6744,9	58,9
2013	28329,3	7869,4	1,6	0,86	7554,8	46,1
2014	27239,1	8437,4	1,5	0,98	8082,4	33,7
2015	26901,8	8350,3	2,0	1,93	8074,3	62,2
2016	27026,0	8851,8	1,7	3,47	8522,1	68,4
2017	27585,2	9259,1	1,5	2,8	8917,0	47,1
2018	27699,3	9265,9	1,2	1,1	8971,1	31,5
2019	27841,7	9125,1	0,9	1,02	8921,5	17,7

За даними Державної служби статистики України на рис. 5 наведено динаміку експорту продуктів переробки технічної коноплі у 2017–2019 рр.

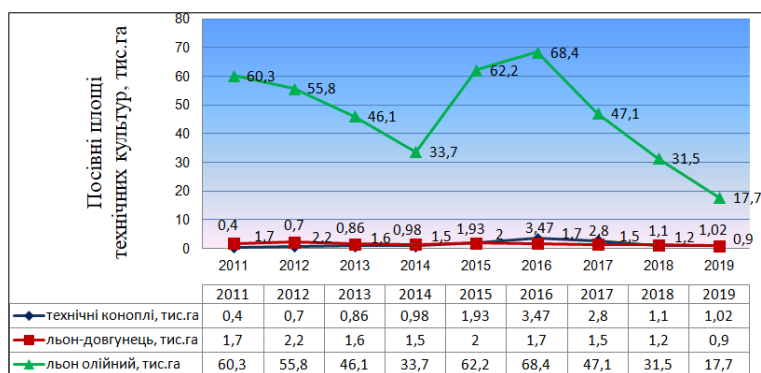


Рис. 3. Динаміка зміни посівних площ, відведених під технічні культури в Україні за період 2011–2019 рр.

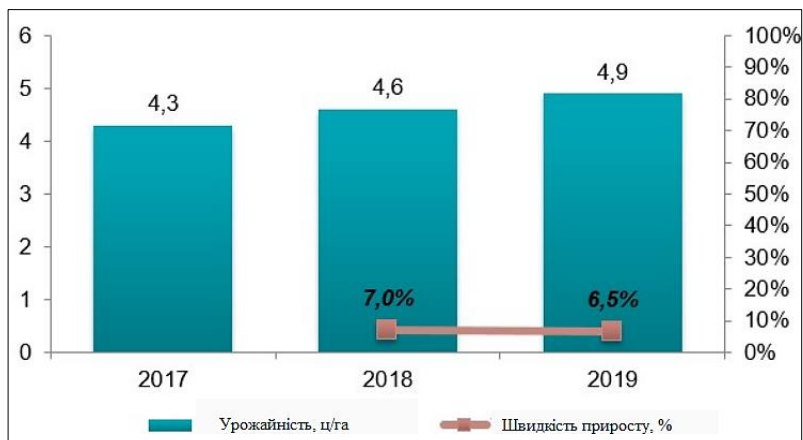


Рис. 4. Динаміка вирощування технічних конопель в Україні у 2017–2019 рр.

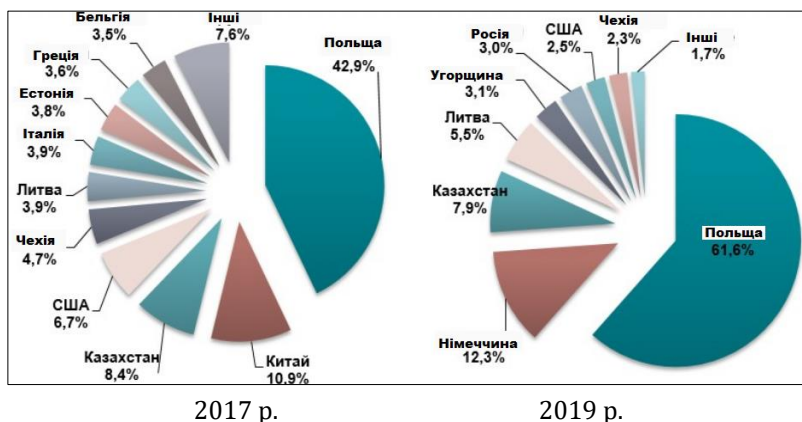


Рис. 5. Динаміка експорту продуктів переробки технічної коноплі у 2017–2019 рр.

Динаміка імпорту не має вираженої тенденції, як і структура поставок. У 2017–2018 рр. основу імпортичних поставок становило низькосортне волокно, на яке припадало понад 80 % в натуральному вираженні. При цьому, ціна на низькосортне волокно порівняно з іншими товарами, низька. У грошовому вираженні

більша частина припадає на олію. У 2019 р. у зв'язку з відсутності низькосортного волокна, поставки розподілилися майже рівнозначно між олією, насінням та пряжею.

Незначний сектор ринку льону олійного і його експортна орієнтованість призводять до того, що обсяги переробки в той або інший період залежать від наявності замовлень на постачання, у першу чергу – експортних. Особливо на збільшення обсягів вирощування льону олійного впливають урожайність насіння (рис. 6), його затребуваність та ріст ціни експорту (табл. 2).

Зростання переробної галузі стримується малими обсягами доступної сировини внаслідок непопулярності культури льону-довгунця серед українських господарств.

З наведеного аналізу видно, що в переробній лляній галузі за останнє десятиліття переважає культивування олійного льону серед інших видів волокнистих рослин. Отримані значні прибутки від експортно-орієнтованого виробництва лляного насіння спонукали сільгоспвиробників розширювати збиральну площу під зазначену культуру. Зростанню світового валового збору льону олійного сприяє розширення посівних площ під олійні культури в ряді ключових країн-виробників, існує значний експортний попит на насіння льону в країнах ЄС, США, Канади, який становить близько 40 тис. т щорічно [12].

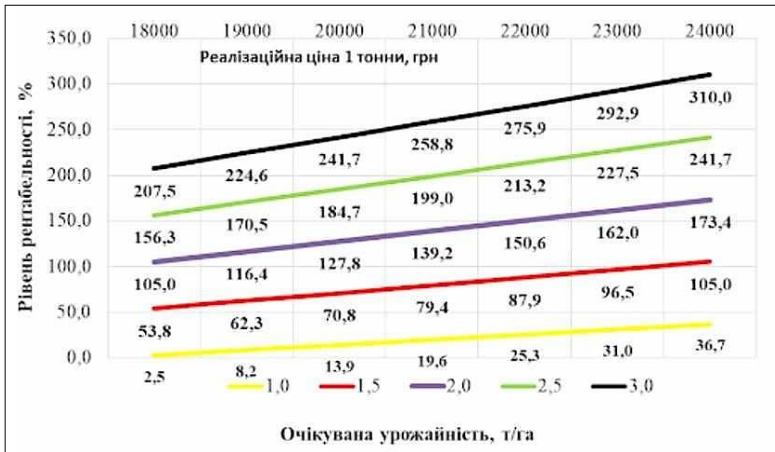


Рис. 6. Вплив урожайності льону олійного і ціни насіння на рентабельність виробництва

Таблиця 2

Імпорт та експорт насіння льону підприємствами України

Роки	Обсяг імпорту, т	Середня ціна імпорту за 1 т, дол. США	Вартість, тис. дол. США	Обсяг експорту, т	Середня ціна експорту за 1 т, дол. США	Вартість, тис. дол. США
1	2	3	4	5	6	7
2011	137	802,92	110	10694	1743,03	18640
2012	184	880,43	162	22684	1981,84	44956
2013	84	535,71	45	7087	1542,97	10935
2014	75	1106,67	83	10221	2162,80	22106
2015	127	1118,11	142	12389	2378,08	29462
2016	133	1007,52	134	15300	2881,63	44089
2017	134	537,31	72	19394	2934,88	56919
2018	569	2674,87	1522	5878	2196,16	12909
2019	227	2140,97	486	5887	1914,22	11269

Однак, зі зростанням експортних перспектив реалізації насіння льону олійного виникає питання переробки значних об'ємів стеблового матеріалу даної культури. Поряд з цим необхідно переробляти коноплі, які вирощують для отримання олії. Зростають вимоги до харчових продуктів – вони повинні не тільки відповідати сформованим, традиційним смакам споживачів, але і ставитися до категорії продуктів здорового харчування, не шкодити людському організму, а зміцнювати його. Виникла нова потреба в харчуванні, при якому необхідним компонентом їжі визнані не тільки корисні, але і баластні речовини (харчові волокна).

У розвинених країнах перше місце займають серцево-судинні захворювання і рак. З огляду на необхідність профілактики подібних захворювань, харчова і переробна галузі промисловості втілюють в життя завдання створення таких продуктів, які дозволять поліпшити і зберегти здоров'я людини з нових джерел біологічно цінних харчових продуктів.

Споживання лляного насіння і олії з льону зараз дуже стало актуальним. Лікувальний ефект лляного насіння полягає у тому, що воно містить лігнани, що мають широкий спектр біологічної

активності з антибактеріальним, антивірусним і антигрибковим ефектом. Протиракову дію мають поліненасичені жирні кислоти розчинні харчові волокна, їх називають еліксиром молодості.

У зв'язку з цим льон повинен стати сировиною не тільки для олійно-жирової продукції, але і для виробництва широкого асортименту продуктів: хлібобулочних, круп'яних, кондитерських, кулінарних, а також харчових добавок на основі продуктів переробки льону. Тому головним завданням вітчизняних селекціонерів є створення нових сортів льону, які б задовольняли вимогам промисловості для продовольчих цілей з урахуванням необхідності збереження функціональних властивостей льону в процесі зберігання і переробки в харчову продукцію. Відмінні риси льону – жовте забарвлення насіння, тонка оболонка і низький вміст ліноленової кислоти.

На сьогоднішній день, відомо що в Російській Федерації розроблено технологію борошномельного процесу, що максимально використовує фітохімічний потенціал сировини, що переробляється, яка передбачає помел зерна, що дозволяє отримувати нові продукти переробки зерна на засадах її поділу насіння на окремі частини: насіннєву оболонку, зародок і ендосперм як джерела речовин, які використовуються для профілактики онкологічних, серцево-судинних, шлунково-кишкових, ниркових захворювань, цукрового діабету, артриту і зміцнення імунітету.

Крім того, відомі нові сорти льону, що містять жирно-кислотний склад харчового льону близький до пшеничного борошна, що забезпечує можливість його кращого зберігання. Високий вміст жиру в лляному борошні і висівках дозволить збагатити пшеничне борошно жирними кислотами і отримати нові продукти з підвищеними харчовими, біологічними і лікувальними властивостями.

Найбільшою перевагою хліба з додаванням лляного борошна і лляних висівок слід вважати його споживчі властивості, а саме смак і запах. Таке насіння льону олійного повинно відповідати безпеці відповідно до встановлених нормативних документів. Збалансоване та поживне харчування конче необхідне для повноцінного розвитку та життя людини. Однак з розвитком хімічної промисловості поживна цінність та якість багатьох харчових продуктів викликає не лише великі сумніви, а й втрату їх корисності.

Одна з сучасних тенденцій харчової промисловості – впровадження нових безвідходних технологій. Це передбачає підвищення ступеня переробки сільськогосподарської сировини з більш повним вилученням з нього корисних компонентів, з цього випливає

проблема розробки технології і рецептури збагачених харчових продуктів.

Так, застосування нових технологій переробки насіння льону дозволяє виділити з них такі біологічно активні сполуки як стероли, сквален, вітамін Е і ряд інших з'єднань, і створити на їх основі нові групи вітчизняних біологічно активних препаратів, включаючи препарати медичного та медико-гігієнічного призначення. За розрахунками фахівців цінність які з льону біологічно активних речовин може досягати 80 000 USD на 1 тону переробляється лляної сировини [13].

Що стосується молочної промисловості, то нові технологічні процеси спрямовані на повне використання всіх складових частин молока, комплексну його переробки в різних харчових і кормових продуктах та напівфабрикатах. На підприємствах створюються спеціалізовані цехи і ділянки з переробки побічної молочної сировини. Розробляються комплекси обладнання та технологічні лінії з переробки знежиреного молока, сколотин і молочної сироватки з використанням традиційних і нових методів обробки.

В останнє десятиліття спостерігається чітка тенденція до збільшення виробництва і споживання низькожирних молочних продуктів, при виробленні яких широко використовується побічна молочна сировина. Із знежиреного молока, сколотин і молочної сироватки виробляється різноманітний асортимент напоїв і напівфабрикатів, десертів, пудингів, морозива, желейних продуктів.

Ляне насіння в даний час користується великою популярністю в якості харчової добавки. Хлібобулочні продукти з добавкою лляного насіння набувають як ніжний смак, внаслідок великої кількості жиру, так і привабливу на вигляд корочку. Дослідження показали, що споживання хліба, збагаченого лляними насінням, протягом чотирьох тижнів знижує вміст холестерину на 7–9 %. Також доведено можливість використання лляного борошна для приготування безглютенових кондитерських виробів [14]

Протеїни і клейкі речовини лляного насіння застосовуються в таких харчових продуктах як морозиво, порошкові соуси і супи. Ляна олія відрізняється унікальною композицією жирнокислотного складу, що виражається у високому рівні поліненасичених незамінних жирних кислот (ПНЖК), які так важливі для здорового функціонування людського організму. Медики західних країн радять пацієнтам додавати в свій раціон по 1–2 чайних ложки

ляної олії для профілактики будь-яких серцево-судинних захворювань і полегшення перебігу цукрового діабету.

У Тверській державній медичній академії встановлено, що лляне масло призводить до поліпшення адаптації новонароджених, стимулює лактацію у жінок, підвищує імунітет у дітей з легеневиими захворюваннями і скорочує терміни лікування при виразковій хворобі. Виявлено поліпшення складу крові за рахунок зниження загального рівня холестерину [15; 16].

Маргарин, як відомо, це харчовий жир з суміші рослинних олій та тваринних жирів, молока та деяких інших компонентів. До останнього часу маргарин виготовляли з використанням рідких рафінованих і дезодорованих рослинних олій. Використовували в більшості випадків соняшникова, соєва, бавовняна, кунжутна і кокосова олія.

Виробництво маргарину та інших м'яких олій із зменшеним вмістом тваринних жирів набуло широкого поширення в зв'язку з прагненням обмежити в раціоні харчування холестерин утворюючі продукти, до яких відносять тваринні жири. Після виявлення медико-біологічних переваг лляної олії, маргаринова промисловість, в першу чергу Канади і США, перейшла на використання лляної олії.

Вчені Вологодської державної молочно-господарської академії створили лікувальну сметану і йогурт. Суть розробки полягає у тому, що відбулася часткова або повна заміна молочного жиру на рослинний – лляну олію.

Після віджимання олії з насіння льону олійного залишається макуха. Рівень білка у ній підвищується пропорційно кількості одержаної олії і варіює від 25 до 54 %. Раніше макуха використовувалася тільки для кормових цілей. Останнім часом стрімко розвиваються технології виробництва харчових продуктів (борошна і білків) з лляної продукції. З насіння льону можна одержати до 70 % повноцінних білків (у вигляді комплексів) від всієї їх кількості, у тому числі понад 20 % чистого білка.

Зараз на ринку існує харчове напівобезжирене борошно із лляного насіння. Воно придатне до використання в харчовій промисловості при виробництві хлібобулочних, кондитерських виробів і харчових концентратів, для збагачення продуктів білком, харчовими волокнами та поліненасиченими жирними кислотами.

У зв'язку з необхідністю використання натуральних емульгуючих і стабілізаторів, на сьогоднішній день використовують лляне борошно, як структуроутворюючий природний компонент

натурального походження при виробництві майонезу. Введення льяного борошна в майонезні композиції дозволяє направлено впливати на механізми формування і стабілізації олійно-жирових емульсій, змінювати їх в'язкість, підвищувати стійкість до термоокислення [17].

За рахунок структуроутворюючих властивостей напівобезжирене льяне борошно було розроблено десертний продукт на основі молочної сироватки, який має желеподібну, пухку консистенцію. В результаті розрахунків було встановлено, що енергетична цінність суміші сироватки і льяного борошна низька і становить 32,45 Ккал на 100 г, а біологічна цінність досить висока, так як суміш багата незамінними амінокислотами. Крім змішаних в пропорції 1:7 борошна і сироватки, в продукт внесли лимонну кислоту і вишневий сироп, для додання десерту ніжного смаку і приємного відтінку. Продукт сприяє повноцінному функціонуванню шлунково-кишкового тракту, позбавлення організм від шлаків, паразитів і ліпідів [18].

Основна проблема при переробці насіння льону для вилучення білкової складової полягає в тому, що в насінній оболонці містяться полісахариди, які зв'язують молекули білка під час добування, що ускладнює осадження і очищення білка при його отриманні. У насінні льону оболонка міцно зростається з ядром, і її видалення традиційними способами оброщення не представляється можливим, тому льон переробляють без відділення оболонки. У зв'язку з цим розроблена технологія, яка включає попередню відмивання насіння льону з використанням вібраційного екстрактора. Це дозволяє отримати полісахариди з насінної оболонки, а також отримати новий продукт – слиз насіння льону [18].

У зв'язку з появою нового побічного продукту переробки насіння льону, було розроблено кисломолочний продукт на основі знежиреного молока з додаванням слизу насіння льону. В якості закваски обрали термофільний стрептокок, який сприятливо впливає на мікрофлору людини і здатний при заквашуванні синтезувати і виділяти в середовище полісахариди, які роблять молочні продукти більш щільними і уповільнюють їх розшарування. При тривалому систематичному прийомі розроблений продукт може привести до зниження активності запалення слизової оболонки шлунку [19]. Також можливо його використання, як в лікуванні загострення хронічного гастриту, так і в

профілактиці розвитку рецидиву захворювання, за рахунок вмісту в ньому лікувальної слизу насіння льону.

На основі проведеного аналізу поживної цінності насіння льону олійного, можна зробити висновок, що воно є цінною промисловою сировиною, з високим вмістом фітохімічних властивостей, що дозволяє підвищити біологічну цінність харчових продуктів. Тому важливим завданням сьогодення є створення товарів функціонального призначення з натуральної сировини, безпечних для людини, які мають бути доступними, поживними та корисними. Такою природною сировиною з великим потенціалом для виробництва продовольчих товарів широкого спектру застосування є насіння льону олійного та конопель [20].

Можливість культивувати льону олійного, як було вищезазначено, забезпечить населення виробами з волокна і рослинним жиром, що протягом багатьох століть закріпило за нею славу незамінної культури [21]. Останнім часом в Україні посівні площі під технічні коноплі поступово збільшуються. В той же час і попит на продукцію з технічних конопель та льону олійного постійно зростає: за останні 10 років світовий ринок ненаркотичних конопель піднявся «з нуля» до кількох сотень мільярдів доларів. На сьогодні промислова конопля є однією з сільськогосподарських культур, яка найбільш повно відповідає стратегічним цілям і завданням державної екологічної політики України до 2030 р., затвердженої Законом України № 2697-VIII від 28 лютого 2019 р. [20].

Крім того, в Україні є урядові програми підтримки розвитку промисловості за рахунок використання вітчизняної сировини. Так, наприклад у відповідності до Концепції Загальнодержавної цільової економічної програми розвитку промисловості на період до 2020 року, затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України № 603-р від 17.07.2013, Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року, затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України № 820-р від 08.11.2017.

Коноплі вирощують понад 30 країн, при цьому Китай є найбільшим виробником і експортером конопель. Європа і Канада також є важливими гравцями на світовому ринку конопель. Традиційно, коноплі як волокно використовувалися для виробництва одягу, тканин, паперу, мотузок і будівельних матеріалів, а льон олійний навпаки використовували тільки для одержання насіння, без переробки стебел соломи на волокно. На цей час, за оцінками експертів, світовий ринок конопель налічує понад 25000 най-

менувань продукції. Сьогодні основними ринками є будівельні та ізоляційні матеріали, целюлоза, папір, текстильні та трикотажні вироби, а також продукти харчування, тоді як косметичні засоби і деталі до автомобілів є зростаючими ринками. З 80-тих років минулого століття компанії Audi, BMW, Mercedes-Benz, Fiat, Ford використовують конопляні композити для виготовлення деталей автомобілів [22].

Основною сферою застосування льону олійного закордоном, окрім використання насіння є армування композиційних полімерних матеріалів волокном льону олійного. Армування композиційних матеріалів може бути здійснено орієнтованим або неорієнтованим (сплутаним) волокном та одержаними з нього нетканими матеріалами, пряжею чи навіть тканиною.

Композиційні матеріали, армовані рослинними волокнами, найбільш широко застосовуються в автомобільній промисловості. Для армування конструкційних полімерних матеріалів у цьому випадку можуть бути використані різні натуральні волокна: льон, коноплі, джут, сизаль, кокос. У країнах з розвинутим автомобілебудуванням ці матеріали зазвичай є предметом імпорту. В автомобілях все більше використовують міцні, стійкі до корозії, легкі полімерні композити. У сучасних автомобілях їх більше 10 % (за масою) і їх вміст постійно збільшується.

Останнім часом спостерігається тенденція до зростання частки текстильних товарів технічного призначення на ринку України. Однак це зростання забезпечується не суттєвим збільшенням обсягів вітчизняного виробництва, а за рахунок імпорту. Характерною рисою сучасного українського ринку технічного текстилю є велика перевага імпортованих товарів над аналогічними товарами вітчизняного виробництва.

На рис. 5 зображено застосування натуральних рослинних волокон у різноманітних конструкційних елементах автомобіля.

З конопель у світі також виготовляють одяг, алкогольні вироби, продукти харчування, пластик, парфуми, косметику, олію, солодощі. Інноваційні програми, наприклад, в області медицини і терапії, косметики, фітомедитації, акустики, очищення стічних вод, біопалива, біопестицидів і біотехнології створюють нові завдання з оцінювання якості нових товарів. Коноплі також є об'єктом численних фундаментальних досліджень в області функціонального харчування та екологічних текстильних матеріалів [10]. Основна продукція Євросоюзу – це харчові та кормові продукти з

конопель та льону, а саме одержуваного з них насіння для виготовлення фармацевтичних препаратів.



Рис. 5. Застосування натуральних рослинних волокон у різноманітних конструкційних елементах автомобіля

Завдяки високому вмісту важливих амінокислот, мінералів, вітамінів і мікроелементів, конопляне насіння мають унікальну харчовою цінністю, а також відрізняється досить широким спектром медичного застосування.

Насіння конопель має в своєму складі 20 вкрай важливих для нормальної життєдіяльності і здоров'я людського організму амінокислот, які грають важливу роль в процесах м'язової активності, кровообігу, діяльності мозку і метаболізму. Також воно містить велику кількість білка та протеїну, недостатня кількість яких часто відчувають люди, які не вживають в їжу м'ясні продукти.

Крім того, високий вміст Омега-3 і Омега-6 жирних кислот в насінні має досить рідкісне співвідношення 1:3 (як у риб'ячому жирі), що є найкращою пропорцією для їх правильного засвоєння організмом людини і отримання максимальної користі.

Також на основі проведених досліджень, науковцями доведено, що до складу насіння конопель входить велика кількість корисних мікроелементів: К (Калій), Р (Фосфор), Са (Кальцій), Mg (Магній), Fe (Залізо), Mn (Марганець), Na (Натрій), Cu (Мідь), Zn (Цинк), S (Сірка). Насіння конопель багате також набором вітамінів групи А, більшість вітамінів групи В, а також вітаміни С, D, Е, РР.

Вивчені корисні властивості і застосування насіння конопель в медицині пов'язане з його лікарськими властивостями, які були відомі людям ще кілька тисяч років тому. Вони володіють неймовірно широким спектром застосування та мають сприятливо комплексний вплив на організм. Препарати, виготовлені на їх основі, допомагають запобіганню та лікуванню цілої низки недуг й захворювань, а саме:

- насіння конопель мають протизапальну і антибактеріальну дію;
- зміцнює імунну систему;
- нормалізує роботу нервової системи і головного мозку, поліпшує пам'ять;
- має заспокійливу дію, покращує сон;
- зміцнює серцево-судинну систему;
- покращує роботу печінки і жовчного міхура, виводять токсини з організму;
- покращує регенерацію пошкоджених тканин;
- позитивно впливає на чоловічу потенцію;- стимулює вироблення молока у мам під час лактації;
- полегшує різні види болю, у тому числі періодичні болі у жінок;
- знижують ризик онкологічних захворювань.

Для використання в лікувальних цілях з насіння конопель зазвичай виготовляють олію, вона є більш концентрованим і дієвим засобом, але в домашніх умовах буває набагато простіше зробити з нього пасту або настій. Для цього подрібнені в порошок насіння змішують з теплою водою в різних пропорціях (для настою більше води, для пасти – менше).

Додати насіння в їжу – це простий спосіб збільшити споживання клітковини. Наприклад, 20 г насіння чіа містять 6,8 г клітковини, льону – 5,4 г, а насіння гарбуза – 1,3 г.

Конопляна олія є унікальним дієтичним продуктом, що володіє високою біологічною цінністю. У ньому міститься велика кількість корисних для здоров'я людини поживних речовин. Їх пропорції

ідеально збалансовані, а тому вони легко засвоюються організмом. Такий корисний коктейль не зустрічається більше ні в одному представнику флори і фауни. Лише деякі види морепродуктів мають схожий, але менш досконалий склад.

Конопляну олію можна сміливо назвати особливим природним продуктом, що представляє велику біологічну цінність для людини. У його склад входить дуже багато корисних для організму поживних речовин. Крім того, вони представлені в легкозасвоюваній формі та в ідеальних пропорціях. Вони швидко і ефективно засвоюються організмом, надаючи на нього позитивний вплив. Варто відзначити, що такого корисного «коктейлю» поживних речовин не міститься більше ні в одній рослинній або тваринній їжі. Тим, хто асоціює коноплю тільки з «наркотиком», варто знати, що психоактивні речовини містяться тільки у дорослих рослинах. Їх немає в насінні, тому конопляну олія є абсолютно легальним продуктом, який можна знайти на полицях супермаркетів. Його корисні якості офіційно визнані медициною. На його основі виготовляють ліки, харчові продукти і добавки. Для приготування конопляної олії використовують метод холодного віджимання. Це дозволяє зберегти всі його корисні якості. В результаті цього воно має високу харчову цінність. Його світло-зелене забарвлення обумовлений великою концентрацією хлорофілу. До складу олії з насіння конопель входить унікальних «коктейль» мононенасичених, діненасичених, поліненасичених і насичених жирних кислот, найбільшу концентрацію з яких мають:

- пальмітинова;
- олеїнова;
- стеаринова;
- ліноленова;
- лінолева.

Також олія, одержана з насіння конопель містить:

- сім різних вітамінів;
- кілька видів мікроелементів;
- фітостероли;
- каротин;
- амінокислоти.

Для застосування в їжу насіння конопель можна використовувати в різному вигляді: їх вживають очищеними, пророшують, подрібнюють на борошно, виготовляють з них олію, молоко. Далі, підготовлене насіння, використовують для приготування різних

страв або вживають окремо. Пророщене та сире очищене насіння можна додавати до салатів. А в подрібненому вигляді з ними готують супи, гарячі страви, закуски, соуси та випічку. На смак насіння конопель дуже незвичайне, нагадує горіхи, має легку терпкість й трохи гірчить.

Рекомендована добова норма вживання насіння конопель становить 2–3 столових ложки, в більшій кількості вони можуть гірше засвоюватися травневою системою. Проведені дослідження показали, що воно не має протипоказань до застосування, крім рідкісних випадків індивідуальної непереносимості.

Зберігаються насіння конопель зі збереженням усіх своїх корисних якостей в середньому від 6 місяців до 2 років. Для цього їх необхідно тримати в сухому прохолодному місці без доступу кисню і прямого сонячного світла.

В Україні насіння технічних конопель та льону олійного експортують як посівний матеріал і як сировину для використання в Європі для харчової та косметичної промисловості. Основна частина припадає саме на сировину для промислової переробки. У 2018–2019 роках збільшилася кількість органічної продукції: у 2018 році такого насіння було 6 % від загальної маси поставок, а в 2019–14 % [23]. За останні три-чотири роки в Україні зросла велика кількість малих підприємств, які виготовляють з конопель буквально все – від продуктів харчування і косметики до будівельних матеріалів.

Найбільш відомий в нашій країні бренд DevoHome Оксани Дево, яка з 2014 р. створює в Україні текстильні товари з конопель. Основна продукція – ковдри, подушки, покривала, постільна білизна. Харківське ПАТ «Хімфармзавод «Червона зірка»» випускає на основі конопель препарат для поліпшення сну, компанія «Екосвіт» – протеїн з насіння конопель, компанія Galka – мелену каву з додаванням конопель [24, 25]. Також відомі розробки використання насіння конопель для створення так званої «суперїжі» – «суперфудів». Ці харчові оздоровчі продукти за рахунок вмісту ненасичених жирних кислот (Омега-3, -6, -9) незамінних амінокислот, клітковини, вітамінів, макро- та мікронутрієнтів відносять до їжі для здорового харчування людини [26]. Однак, дотепер в Україні відсутні дослідження показників якості даної продукції та нормативна документація для їх визначення. Як правило, якість «суперфудів» оцінюють за технічними умовами, що розробляє сам виробник.

В вітчизняних публікаціях повністю відсутня інформація про державні нормативні документи, за якими можливо оцінити якість та споживні характеристики продуктів функціонального призначення з насіння технічних конопель та льону олійного. Існуюча законодавчо-нормативна база закордонних виробників для нас, на жаль, є недоступною.

Висновки

Таким чином, на основі проведеного аналізу використання насіння льону олійного та технічних конопель можна зробити, що сфери використання в харчовій промисловості важко переоцінити у зв'язку з відкриттям нових властивостей насіння цих культур. Тому, з точки зору екологічної безпеки та збалансованого природо-користування в агропромисловому виробництві інноваційні напрями використання насіння льону олійного та технічних конопель, дозволить наповнити ринок України вітчизняною екологічно безпечною харчовою продукцією. На основі світового аналізу використання насіння льону олійного та технічних конопель, можна зробити висновок, що цей напрямок промислового використання насіння є перспективним та має тенденції до широкого впровадження у всіх сферах сучасного виробництва харчової галузі, спрямованого на виготовлення інноваційних харчових продуктів різного функціонального призначення.

На сьогоднішній день відомі інноваційні технології, які впливають на якість отриманої продукції і їх кількість постійно зростає, але методик для визначення якості одержаних нових виробів недостатньо. Основна частина нормативних документів згрупована навколо товарів, що виробляються – волокна і насіння. Однак, для розвитку конопляної та лляної промисловості необхідним постає питання не лише гармонізації існуючої нормативної бази, а й дослідження додаткових споживних властивостей, які враховували б вплив їх на організм людини, тобто санітарно-гігієнічні, антисептичні, біологічні властивості, а також їх енергетичну та лікувальну цінність. Це, в майбутньому, призведе до можливості використання цієї продукції не тільки на вітчизняних, але й на європейських ринках.

Тому розроблення, розширення та систематизація споживних характеристик продовольчих товарів з насіння технічних конопель та льону олійного є нагальним завданням сьогодення, враховуючи стрімкий ріст інноваційних технологій.

Список використаних джерел:

1. Живетин В.В., Гинзбург Л.Н. Масличный лён и его комплексное развитие: ЦНИИЛКА. Москва, 2000. 389 с.
2. Виноградов В.Ф., Раскунатов Ю.В. Медико-биологические аспекты использования льняного масла: *«Лён – на пороге XXI века»*: материалы научн.-практ. конф. Вологда: ПФ Полиграфист. 2000. С. 65–71.
3. Лихочвар В.В., Петриненко В.Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів: НВФ *«Українські технології»*, 2006. С. 30.
4. Минкевич И.А., Борковський В.Е. Масличные культуры. *Сельхозиз.* Москва, 1952. С. 545–560.
5. Товстановська Т.Г., Полякова І.О. Агробіологічні особливості вирощування льону олійного в Україні. *Агроном.* 2007. № 1. С. 156–160.
6. Олійні культури в Україні / Гаврилюк М.М. та ін. навч. посіб. *Основа. за ред. Саламатенко В.Н.* Вид. 2-е, переробл. і допов. Київ, 2008. 420 с.
7. Дослідження в області нового застосування натуральних волокон / Інститут натуральних волокон: зб. консуьлт. *FAO.* Познань (Польща), 1999.
8. Живетин В.В., Гинзбург Л.Н., Ольшанская О.М. Лён и его комплексное использование: Информ-Знание. Москва, 2002. С. 400.
9. Каталог сортів та гібридів олійних культур / *УААН Інститут олійних культур.* Запоріжжя, 2009. С. 20–31.
10. Горач О.О. Розробка технології одержання трести із соломи льону олійного з використанням штучного зволоження : дис. ... к-та техн. наук : 05.18.01 / Херсон. нац. техніч. ун-т. Херсон, 2009. С. 206.
11. Березовський Ю.В. Розвиток наукових основ створення інноваційних технологій первинної переробки луб'яних культур : дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.01 / Херсон. нац. техн. ун-т. Херсон, 2020. С. 611.
12. Наукові основи комплексної переробки стебел та насіння льону олійного: монографія / Тіхосова Г.А. Чурсіна Л.А., Горач О.О., Янюк Т.І. Херсон : Олді-плюс, 2011. С. 356.
13. Артемов А.В. Глубокая переработка льна – область критических технологий. Центральный научно-исследовательский институт комплексной автоматизации лёгкой промышленности, 2006.

14. Валу́й В.Т., Медведев М.Н., Юпатов Г.И., Немцов Л.М., Соболева Л.В., Драгун О.В., Дроздова М.С. Слизь семени льна как средство выбора лечения синдрома диспепсии у пациентов с хроническим гастритом и профилактики рецидива заболевания. *Вестник фармации*. 2013. № 2 (60). С. 68–72.

15. Ворыханов А.Е., Сорокопуд А.Ф., Павлов С.С., Иванов П.П. Совершенствование технологии переработки семян льна с использованием вибрационного экстрактора. *Техника и технология пищевых производств*. 2012. № 1. С. 103–107.

16. Ганущенко О.Ф. Льносемя, продукты его переработки и их практическая ценность. *Белорусское сельское хозяйство*. 2009. № 10. С. 56–63.

17. Добржицкий А.А. Разработка рецептуры, технология получения майонеза с применением льняной муки в качестве стабилизатора: автореф. дис. ... к-та техн-х наук : 05.18.06. Москва. 2013. С. 23.

18. Киреева М.С. Разработка бисквитного полуфабриката из полножирной муки из семян льна различных сортов для специализированного и функционального питания. *Товаровед продовольственных товаров*. Издательский дом Панорама. Москва. 2013. № 12. С. 9–13.

19. Лекарственное растительное сырье. *Фармакогнозия*. под ред. Г.П. Яковлева. СПб., 2004. с. 665.

20. Вирощування промислових конопель має стати частиною державної екологічної політики: веб. сайт. URL: <https://bituk.media/specztema/poglyad-na-promyslovi-konopli-cherez-pryzmu-derzhavnoyi-ekologichnoyi-polityku-1-2/>.

21. Ляліна Н.П. Первинна переробка соломи безнаркотичних конопель з метою одержання целюлозовмісних матеріалів : дис. ... к-та тех. наук : 05.08.03 / Херсон. нац. техн. ун-т. Херсон, 2003. 234 с.

22. Innovative Technologies in the Hemp Industry: веб. сайт. URL: <https://cannabiz.media/10-innovative-technologies-in-the-hemp-industry/>.

23. Applications of hemp in textiles, paper industry, insulation and building materials, horticulture, animal nutrition, food and beverages, nutraceuticals, cosmetics and hygiene, medicine, agrochemistry, energy production and environment: веб. сайт. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10311-020-01029-2>.

24. Мохер Ю.В., Баранник В.Г. Актуальні проблеми відродження коноплярства в Україні. Біологія, вирощування, збирання та

первинна переробка льону і конопель: *зб. наук. праць Інститут луб'яних культур УААН*. 2004. Вип. 3. С. 177–192.

25. Не смешно, но выгодно. Станет ли конопля украинской «нефтью»: веб. сайт. URL: <https://www.dsnews.ua/economics/ne-smeshno-po-vygodno-kak-konoplya-stanovitsya-ukrainskoj-25062020-220000>.

26. Сова Н.А. Технологія комплексної переробки насіння промислових конопель : автореф. ... к-та техн-х наук : 05.18.02. Херсон, 2019. 28 с.

27. Домбровська О.П., Чурсіна Л.А., Горач О.О. Аналіз та перспективи розвитку ринку продовольчих товарів з конопель. *Перспективи розвитку системи технічного регулювання в Україні та в світі* : матеріали міжнар. наук.-практ. конф., 15–17 верес. 2021 р. Херсон, 2021. С. 50–55.

DOI <https://doi.org/10.36059/978-966-397-240-4-22>

Мороз О. С.

*кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства
Національний університет водного господарства та
природокористування
м. Рівне*

Фурман В. М.

*кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства
Національний університет водного господарства та
природокористування
м. Рівне*

Люсак А. В.

*кандидат технічних наук,
доцент кафедри землеустрою, кадастру,
моніторингу земель та геоінформатики
Національний університет водного господарства та
природокористування
м. Рівне*

Солодка Т. М.

*кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства
Національний університет водного господарства
та природокористування
м. Рівне*

**ЕКОЛОГІЧНА ПРОБЛЕМА ҐРУНТІВ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ
УКРАЇНИ ТА ПЕРСПЕКТИВНІ ШЛЯХИ ЇЇ ВИРІШЕННЯ**

***Анотація.** В роботі викладені результати досліджень екологічної проблеми, що пов'язана з аварією на ЧАЕС – забруднення ґрунтів Західного Полісся України радіонуклідами. Встановлено, що більша частина території Полісся зайнята дерново-підзолистими*

грунтами, які характеризуються цілим рядом властивостей, що спричиняють швидку міграцію радіонуклідів в системі «грунт – рослина». Особливе місце в окультуренні цих ґрунтів та зниженню надходження радіонуклідів в рослинницю продукцію відводиться покращенню їх складу шляхом внесення різних меліорантів – проведенням структурних меліорацій.

В складі розвіданих місцевих суглинків, туфів та мергелів в значних кількостях знаходяться всі компоненти, що дозволяють віднести їх до природних сорбентів і меліорантів. Встановлено, що внесення в дерново-підзолисті ґрунти меліорантів супроводжується покращенням складу ґрунту за рахунок зростання вмісту гумусу та поліпшення його якості, покращенням водно-фізичних та фізико-хімічних показників в наслідок підвищення їх вологоємності, зниження кислотності та нагромадження елементів живлення. Найвищу врожайність сільськогосподарських культур та найбільше зменшення міграційної здатності цезію-137 в системі «грунт-рослина» забезпечує внесення 300 т/га суглинку на цих ґрунтах, 40т/га мергелю або 10т/га туфу на фоні повного мінерального добрива. При тих самих дозах меліорантів спостерігається зменшення вмісту радіонуклідів в продукції в 5...7 разів. Розроблена методика прогнозування вмісту радіонуклідів в сільськогосподарській продукції.

Вступ

Ґрунтовий покрив є одним з найцінніших природних ресурсів, який несе на собі непомірні навантаження суспільства та весь час підлягає значним змінам, зачасти – негативним. Саме тому потрібно постійно слідкувати за цими змінами, щоб вчасно запобігти деградації та втраті ґрунтів. Моніторинг ґрунтового покриву – один з дієвих засобів систематичного отримання та поновлення інформації про ґрунти у просторі та часі, лише за результатами якого можна зберегти їх родючість, а отже, найраціональніше використовувати та охороняти землі.

Регіон Полісся займає приблизно 20 % території України, серед яких більше 15 % сільськогосподарських угідь і 13 % орних земель. До 90 % площі всіх ґрунтів Полісся забруднені радіонуклідами, що осіли на ґрунтовий покрив в результаті аварії на ЧАЕС[1].

Забруднення ґрунту біологічно-активними радіонуклідами цезію-137 та стронцію-90 спричинило великі складності при веденні сільськогосподарського виробництва. Проблема полягає і

в тому, що регіон Полісся складається з різних типів ґрунтів, які відрізняються між собою як складом так і генезисом.

Більша половина (до 60 %) території Полісся занята дерново-підзолистими ґрунтами, які характеризуються цілим рядом властивостей, що спричиняють швидку міграцію радіонуклідів в системі «ґрунт-рослина»[2].

Дерново-підзолисті ґрунти формуються під впливом перемінної або сумісної дії підзолистого і дернового процесів. Ці ґрунти характеризуються низьким вмістом гумусу і поживних речовин. Це обумовлено тим, що дерновому процесу постійно протистоїть підзолистий процес, а також тим, що органічні рештки трав'янистих рослин, які виростили на бідному підзолистому ґрунті, містять мало зольних елементів і азоту. Крім цього, горизонти додатково обеззолюються при надходженні у ґрунти опадів [3; 4].

Слід відмітити, що при використанні дерново-підзолистих ґрунтів необхідно підвищувати їх родючість шляхом проведення комплексу агротехнічних і агро меліоративних заходів, які були б направлені на покращення властивостей, процесів і режимів дерново-підзолистих ґрунтів.

Особливе місце в окультуренні дерново-підзолистих ґрунтів повинно відводитись покращенню їх складу шляхом внесення різного роду меліорантів – проведенням структурних меліорацій.

При оструктуренні змінюється мінералогічний склад дерново-підзолистих ґрунтів, відбувається часткова вермикулітація гідролуд, з'являються смектити, що свідчить про покращення мінералогічного складу ґрунту [5].

Оструктурення ґрунтів, зокрема збагачення їх глинистими частками в поєднанні з системою органо-мінерального добрива та вапнування, сприяє підвищенню вмісту гумусу та оптимізації його якісного складу. Існують рекомендації щодо внесення меліорантів на забруднених радіонуклідами ґрунтах Західного Полісся [6], в яких визначені оптимальні норми піску, суглинку або глини (200–400 т/га). Для легких дерново-підзолистих ґрунтів, з метою зниження надходження радіонуклідів до рослин, необхідно вносити на фоні органо-мінеральних добрив глину, суглинок до 20–30 т/га, або мергель до 40–60 т/га [6; 7]. Слід відмітити, що оструктурення необхідно проводити на фоні внесення органо-мінеральних добрив та з метою підвищення водоутримуючої здатності, вмісту елементів живлення, продуктивності легких піщаних ґрунтів.

1. Запаси, поширення та властивості місцевих меліорантів

Відомо, що корисні копалини місцевого значення і особливо ті, що відносяться до четвертичної, крейдианої системи характеризуються позитивними властивостями при використанні не тільки для хімічних меліорацій, але й як меліоранти – сорбенти для закріплення катіонів, в тому числі і радіонуклідів [6; 8].

В зв'язку з цим, нами був проведений аналіз даних геологічних досліджень Комплексної геологічної партії «Північгеологія», яка вивчала запаси та поширення корисних копалин місцевого значення. Запаси та поширення їх вивчалось нами в Рівненський області. Мергелі, суглинки та туфи відносяться до четвертинних геологічних відкладів.

Четвертинні відклади, на відміну від більш давніх геологічних утворень, на Рівненщині поширені майже повсюди і відсутні лише на невеликих ерозійних останцях, або, де не де порушені техногенним втручанням людини. Четвертинна система охоплює плейстоценовий та голоценовий розділи, які включають, відповідно, нижню, середню, верхню і сучасну ланки. Найбільш давніми відкладами на Рівненщині є породи, приурочені до глибоких западин каньоно-видних річкових долин і улоговин льодовикового виорювання та розмивів. Нижньочетвертинні відклади найменше поширені серед всього комплексу порід антропогену, тому найменше вивчені (рис. 1).

Геологічні породи, відклади яких планується використовувати в якості меліорантів, відносяться до відкладів середнього плейстоцену. Середньочетвертинні відклади найбільш розповсюджені з плейстоценових як по потужності, так і по площі. Про місце знаходження четвертичних та середньочетвертичних порід можна говорити лише умовно (місцями їх важко навіть відрізнити та відділити від давніших, чи молодших).

Нижньозавадовські відклади приурочені до найбільш понижених ділянок рельєфу, які утворились після відмирання тілігульського (окського) льодовика та формувались в умовах досить глибоких, слабопроточних і замкнутих водойм. Тому вони представлені озерними і озерно-алювіальними фаціями (1а, ПІІ, зVІ). По літологічному складу відклади специфічні, бо представлені набором піщано-глинистих гумусованих (суглинки, супіски, піски кварцеві від тонко до крупнозернистих), карбонатних (мергелі, мергелисті суглинки) та кремнистих (діатоміти) порід. В середньозавадовський час відклади накопичувались в неглибоких, замкнутих і слабо проточних водоймах та на прибережних заболочених рівнинах в умовах теплого вологого клімату.

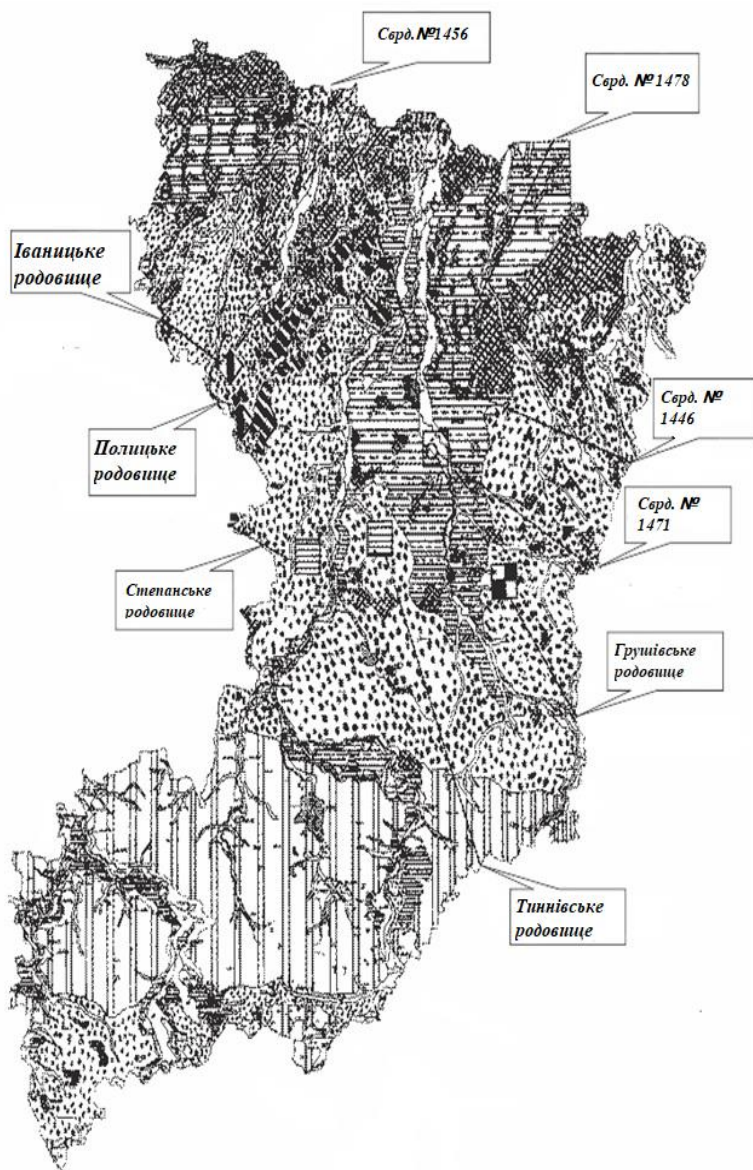


Рис. 1. Геологічна карта четвертинних відкладів Рівненської області (за даними «Північгеології»)

Аналізуючі дані про запаси корисних копалин, слід відмітити, що суглинки, глини, мергель та туфи зустрічаються на території області в Здол-бунівському, Костопільському, Володимирецькому, Березнівському, Гощанському, Дубнівському, Дубровицькому, Заріччянському, Млинівському, Острозькому, Рівненському, Радивилівському, Сарненському родовищах. До родовищ на території області, де були виявлені суглинки, відносяться родовища Здолбунівського, Березнівського, Володимирецького, Гощанського, Дубнівського, Заріччянського, Костопільського, Дубровицького та Радивилівського районів.

Запаси корисних копалин місцевого значення по родовищам Здолбунівського району складають 11462 тис. тонн. Запаси суглинку в родовищах Березнівського району складають 545 тис. тонн. У Володимирецькому районі запаси суглинків складають 427 тис.. Запаси суглинку, які в Гощанському районі розвідані в п'яти родовищах, складають 2447 тис. тон. В Дубнівському районі суглинок розвіданий також в декількох родовищах.

Підраховані запаси складають 1486 тис. тонн. В Дубровицькому районі суглинки розвідані тільки в одному родовищі. Запаси їх складають 829 тис. тонн. Одне родовище, де розвіданий суглинок, є і в Заріччянському районі. Запаси суглинку в ньому складають 903 тис. тонн.

В декількох родовищах розвіданий суглинок і в Корецькому районі. Запаси суглинку в районі складають 2117 тис. тонн. В доповнення до вже названих цифр запасів суглинку слід додати дані про запаси ще трьох родовищ цього ж району. Ці запаси складають 437 тис. тонн. В семи родовищах Млинівського району розвідані запаси суглинку, які складають 1372 тис. тонн.

Запаси суглинків в Острозькому районі в окремих родовищах складають: Краївське -1144 тис. тонн, Острозьке - I – 530 тис. тонн, Острозьке – II – 639 тис. тонн. В Рівненському районі запаси суглинків розвідані в восьми родовищах і складають 13715 тис. тонн. В Радивилівському районі запаси суглинку складають 2658 тис. тонн. Щодо Сарненського району, то запаси суглинку в ньому були розвідані більш точно. Мергель, суглинок та глина були розвідані в Грушівському, Степанському та Тиннівському родовищах цього району.

Корисні копалини місцевого значення розрізняються за своїм мінералогічним, гранулометричним, хімічним складом, вбирною здатністю. Особливо важливою властивістю копалин місцевого значення є

їх вбирна здатність, яка в найбільшій мірі обумовлюється наявністю фракцій фізичної глини та мулу. Для нейтралізації ґрунтової кислотності важливою ознакою меліорантів є наявність кальцію. До високодисперсних аморфних сполук відносяться також гумусні речовини, вулканічні туфи.

Від вмісту, природи аморфних речовин залежать властивості ґрунтів. На території Рівненської області зустрічаються осадові породи у вигляді вапняків, в тому числі мергелісті вапняки з вмістом глини не більше 15 %, мергелі з вмістом глини до 30 %, глинисті мергелі з вмістом глини до 50 %, вапнякові мергелі з вмістом кальцію більше 50 % та крейда.

Основні поклади мергелю та крейди залягають в Сарненському, Костопільському, Рівненському та Здолбунівському районах. Хімічний склад вапняків та мергелів наводиться в таблиці 1.

Таблиця 1

Вміст основних складових частин у вапняках і мергелях

Назва і місцевість	Хімічний склад %						Втрати при прожаренні
	CaO ₃	MgO	SO ₄	SiC ₂	Al ₂ O ₃	FeO ₃	
Вапняк (с. Денешів)	44,30	Сліди		9,52	-	1,91	41,54
Мергель (с. Багачка)	48,41	1,12	1,15	9,30	1,56	0,64	31,26

Із таблиці видно, що в складі мергелів переважають сполуки CaCO₃-48,4 %, SiO₂-9,3 %, Al₂O₃-1,56 % та MgO – 1,12 %. Поряд з цим, в складі мергелів міститься значна кількість глинистих фракцій, в тому числі мулистих, що дозволяє використовувати ці породи як засіб хімічних і структурних меліорацій ґрунтів.

На території області також зустрічаються значні поклади суглинків. Ці породи зустрічаються в зоні колишнього поширення льодовика на територіях Дубровицького, Зарічянського, Березнівського, Костопільського, Гоцанського, Рівненського, Млинівського, Острівського та Радивилівського районів. Суглинки мають палево-жовтувате забарвлення. Іноді бувають горизонтально шаруватими. За гранулометричним складом це грубопиловидні легкі суглинки, в більшості випадків – піщані або піщано-легкі суглинки. При їх оглеєнні переважає світлосірий колір з голубуватим відтінком. У лесовидних суглинках зустрічаються карбонати. Аналіз даних по хімічному та гранулометричному складу суглинків проведений нами на основі матеріалів комплексної геологорозвідувальної партії «Північгеологія».

З родовищ, нами аналізувались родовища Сарненського району. Це Грушівське, Тинненське, Степанське родовища. Дані про хімічний склад суглинку Тинненського родовища (табл. 2) говорять про те, що у складі суглинків родовища переважають сполуки SiO_2 – 61,1–84,36 %, за ними йдуть сполуки $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$ – 7,02–13,54 %, $\text{CaO}+\text{MgO}$ – 0,72–12,04 %. Також, в складі суглинків присутні сполуки $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ – 1,84–3,55 %, $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ – 0,41–2,69 % та SO_3 – 1,04–1,43 %.

Таблиця 2

**Хімічний склад (%) суглинку родовища Тинненське,
Сарненського району**

Копалина	SiO_2	$\text{Al}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$	$\text{CaO}+\text{MgO}$	$\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$	SO_3
суглинок	61,1– 84,36	7,02– 13,54	0,72– 12,04	1,84– 3,55	0,41– 2,69	1,04– 1,43

Хімічний склад суглинків Грушівського родовища показує, що у складі суглинку (табл. 3) родовища переважають сполуки SiO_2 – 71,85–74,56 %, Al_2O_3 –6,41–7,09 %, Fe_2O_3 –2,61–2,64 %. В суглинках родовища також присутні TiO_2 –0,49–0,5 %, CaO – 5,18–7,05 % та MgO – 0,69–0,87 %.

Таблиця 3

**Хімічний склад (%) суглинку Грушівського родовища,
Сарненського району**

Копалина	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	SO_3
Суглинок	71,85– 74,56	6,41– 7,09	2,61– 2,64	0,49– 0,5	5,18– 7,05	0,69– 0,87	-

Суглинки Степанського родовища, дані про хімічний склад яких приведений в таблиці 4, свідчать про те, що найбільший вміст в хімічному складі суглинків родовища мають сполуки SiO_2 – 77,7 %, Al_2O_3 – 7,06 %, Fe_2O_3 – 3,23 %. Також у складі суглинків присутні сполуки TiO_2 – 0,52 %, CaO – 3,54 %, MgO – 0,87 %.

Таблиця 4

**Хімічний склад (%) суглинку Степанського родовища,
Сарненського району**

Копалина	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	SO_3
Суглинок	77,7	7,06	3,23	0,52	3,54	0,87	-

Наявність в суглинках та глинах значного вмісту фізичної глини, макроелементів кальцію, магнію, калію дозволяє використовувати їх для структурних меліорацій ґрунтів.

Поряд з цими корисними копалинами місцевого значення на території Рівненської області розвідані значні запаси туфів. Але, за даними геологічного картування, проведеного Рівненською комплексною геологорозвідувальною експедицією, у Волино-Подільському регіоні вулканічні туфи простежуються вздовж західного схилу Українського кристалічного щита у вигляді смуги шириною 1–10 км на глибинах від 5 до 200 м. На денну поверхню туфи виступають лише в 5 км на північний схід від м. Славута Хмельницької області та в базальтових кар'єрах Берестовець, Іванова Долина, Полиці Рівненської області. Туфи залягають шарами, формуючи товщі потужністю від кількох метрів до 140 метрів. Найбільш широко у Волино-Поділлі розповсюджені середньо та дрібноуламкові різновиди вулканічних туфів.

Візуально – це зеленувато-сірі та шоколадно-бурі, відносно м'які гірські породи (за шкалою Ф. Мооса твердість близька 3) із зернистою структурою та смугастою текстурою. Вони являють собою вулканічний попіл та пісок складений пірокластичними уламками розміром від 0,01 мм до кількох міліметрів. Уламки в них представлені магматичними породами: вулканічним склом, базальтами, шлаками, а також мінералами, в основному цеолітами, в меншій кількості – хлоритом і кварцем. За вмістом пет-рогенних оксидів туфи Берестовецької свити в середньому відповідають базальтам вапняно-лужної серії (табл. 5).

Як видно з таблиці 5, в них переважають сполуки SiO_2 – 49,91 %, Al_2O_3 – 15,86 %, Fe_2O_3 – 8,36 %.

Таблиця 5

Хімічний склад (%) туфів Берестовецької свити базальтів на території Рівненської області

Копалина	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	SO_3
туф	49,91	1,97	15,86	8,36	4,45	0,24	8,08	4,34	4,89	1,16	0,18	0,04

Також, в складі туфів присутні сполуки FeO – 4,45 %, MgO – 8,08 %, CaO – 4,34 %, Na_2O – 4,89 %, K_2O – 1,16 %, P_2O_5 – 0,18 %, SO_3 – 0,04 %. Що ж до ємності вбирання, то у глинистих мінералів монтморілонітової групи, які мають дуже високу дисперсність (до 60 % колоїдних часток та до 80 % часток < 0,001 мм) вона складає 80–120 мг. екв. на 100 г

грунту. Ємність вбирання в сапонітових туфах складає 74,7 мг. екв. на 100 г ґрунту. До складу вбирного комплексу входять переважно магній, кальцій, в меншій кількості – натрій та калій.

Позитивні, мінералогічні, хімічні та екологічні властивості туфів волинської серії, зокрема їх висока здатність до сорбції радіонуклідів, дозволяють розглядати дану сировину як корисну копалину, що може служити природним меліорантом радіоактивно забруднених ґрунтів. Проведені дослідження по вивченню запасів, поширення та властивостей копалин місцевого значення засвідчують, що в північних районах області найбільше розвідані і розробляються запаси суглинків, туфів та мергелю. В складі суглинків, туфів та мергелів в значних кількостях знаходяться кальцій, магній, калій, фракції фізичної глини, вторинні мінерали, що дозволяє віднести їх до груп природних сорбентів і, враховуючи їх запаси та поширення, рекомендувати їх для хімічних та структурних меліорацій.

2. Вплив меліорантів на склад та властивості дерново-підзолистого ґрунту

Встановлено, що внесення в ґрунт меліорантів, сорбентів, гною та торфу сприяє збільшенню вмісту в ґрунті гумусу, покращенню властивостей, режимів та процесів ґрунтів. Дослідженнями по вивченню кількості гумусу в дерново-підзолистих ґрунтах західного Полісся встановлено, що вміст його коливається в діапазоні 0,58–4,22 % (табл. 6).

Із таблиці 6 видно, що кількість гумусу в дерново-підзолистих ґрунтах зростає при збільшенні в них вмісту фізичної глини та ступеню зволоженості. У ґрунтових відмінах з вмістом фізичної глини до 10 % вміст гумусу в орному шарі ґрунту коливається в межах від 0,6 до 1,6 %.

Зв'язок між вмістом гумусу в дерново-підзолистих ґрунтах та вмістом фізичної глини описується залежністю, яка має наступний вид для автоморфних ґрунтів:

$$y = 0,2 + 0,072x \quad (1)$$

для гідроморфних ґрунтів:

$$y = -0,1 + 0,11x \quad (2)$$

де: y – вміст гумусу в орному шарі ґрунту (%); x – вміст фізичної глини (%).

Таблиця 6
 Вміст та якісний склад гумусу дерново-підзолистих ґрунтів західного Полісся

Населений пункт. Назва ґрунту.	Вміст фізичної глини %	Гумус загальний %	С _{гк} %	С _{фк} %	С _{гк}		С _{гк} зв'язаний з Са	% від С _{гк}
					С _{фк}	С _{гк} зв'язаний з R ₂ O ₃		
с. Дерть дерново-підзолисті глейові	25	0,52	0,13	0,17	0,76	0,10	0,03	23
с. Дерть дерново-гідзолисті глейові	25	0,66	0,24	0,14	1,71	0,22	0,02	8 84
с. Борове дерново-глейові осушені	15	3,91	1,60	0,62	2,58	0,26	1,38	
с. Борове дерново-глейові осушені	15	4,22	1,50	0,99	1,52	0,23	1,23	85
с. Карпівка дерново-підзолисті піщані	19	1,85	0,55	0,53	1,04	0,24	0,31	56
м. Сарни дерново-підзолисті піщані	10	0,93	0,27	0,28	0,96	0,22	0,05	19
с. Бронне дерново-підзолисті піщані	10	0,58	0,17	0,17	1,00	0,15	0,04	21

Кореляційне відношення складає від 0,65 до 0,89. Розрахунки показують, що при вмісті в дерново-підзолистих ґрунтах фізичної глини до 5 % вміст гумусу в них буде коливатись в межах від 0,16 до 0,45 %. Підвищити вміст гумусу на ґрунтах з низьким вмістом фізичної глини можливо за умов внесення в них мулистих та колоїдних часток. Так, внесення в дерново-підзолисті ґрунти меліорантів в досліді № 1 супроводжувалось підвищенням вмісту гумусу (табл. 7).

Із таблиці 7 видно, що внесення в ґрунт 100 т/га суглинку по фоні повного мінерального добрива підвищило вміст гумусу з 0,58 % до 0,83 %. Використання 100 т/га суглинку в поєднанні з мінеральними та органічними добривами забезпечувало подальше зростання вмісту гумусу. Приріст гумусу на даному варіанті в порівнянні з фоном складав 0,3 %. Найвищий вміст гумусу-0,95 %, спостерігається на варіанті з внесенням суглинку, мінеральних та органічних добрив та вапнякових матеріалів.

Внесення меліорантів суттєво впливає також на якісний склад гумусу. Із таблиці 7 видно, що внесення в ґрунт суглинку і добрив забезпечує зростання в складі гумусу гумінових кислот, кислот зв'язаних з кальцієм, що свідчить про покращення умов гумусонакопичення в ґрунтах та його якісного складу. Поряд з цим, нами встановлений позитивний вплив меліорантів на фізико-хімічні властивості дерново-підзолистих ґрунтів (таблиця 8). Найбільш суттєві зміни фізико-хімічних показників спостерігаються на варіанті з внесенням суглинку, гною, вапнякових матеріалів по фоні мінеральних добрив. На цьому варіанті має місце підвищення кислотності до 5,07 проти 4,77 на контролі, підвищення ємності вбирання з 2,8 до 4,56 мг-екв. на 100 г ґрунту, зростання обмінного кальцію на 1,8 мг-екв. на 100 г ґрунту.

Встановлено, що внесення меліорантів покращує також поживний режим дерново-підзолистих ґрунтів (таблиця 9). Із таблиці видно, що внесення 100 т/га суглинку в поєднанні з органічними та мінеральними добривами покращує азотний та калійний режими цих ґрунтів. Так, якщо на контролі вміст легкогідролізованого азоту складав 43,4–53,2 мг/кг ґрунту, то на варіантах з внесенням меліорантів він піднімався до показників 61,6–65,8 мг/кг ґрунту. Внесення меліорантів мало змінило вміст рухомого фосфору, але суттєво покращило їх калійний режим. На варіантах з внесенням меліорантів вміст рухомого калію зріс з 77,8–102,0 мг/кг до 171–210 мг/кг ґрунту.

Таблиця 7

Вплив добрив та меліорантів на якісний склад гумусу Дослід № 1

Населений пункт. Назва ґрунту.	Гумус загальний %	C _{гк} %	C _{фк} %	C _{гк} / C _{фк}		Сгк зв'язаний з R ₂ Oз	Сгк зв'язані з Са
				Сгк	Сфк		
Контроль	0,58	0,16	0,18	0,88	0,15	0,04	
K ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ (Фон)	0,60	0,17	0,20	0,85	0,12	0,05	
Фон+100т/га суглинку	0,83	0,20	0,25	0,80	0,17	0,05	
Фон+100т/га суглинку + 30 т/га торфу	0,86	0,35	0,34	1,02	0,29	0,06	
Фон+100т/га суглинку+60т/га гною	0,89	0,34	0,36	0,94	0,27	0,07	
Фон+100т/га суглинку + 60 т/га гною + 3 т/га СаСО ₃	0,95	0,37	0,35	1,06	0,20	0,17	

Таблиця 8

Вплив меліорантів на фізико-хімічні властивості дерново-підзолистих піщаних ґрунтів досліді № 2

Варіанти досліді	рН _{сол}	Са ²⁺	Mg ²⁺	Hг	Е	Са від Е
		мг-екв. на 100г ґрунту				
Контроль	4,77	0,56	0,50	1,74	2,80	20,0
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	4,69	0,68	0,62	1,65	2,95	23,0
(Фон)	4,67	1,18	0,62	1,95	3,75	31,4
Фон+100 т/га суглинку	4,80	1,25	0,25	1,74	3,24	38,6
Фон+100 т/га суглинку + 30 т/га торфу	4,92	1,25	0,25	1,87	3,37	37,1
Фон+100 т/га суглинку + 60 т/га гною	4,86	1,62	0,44	1,91	3,97	40,8
Фон+100 т/га суглинку + 60 т/га гною + 3 т/га СаСО ₃	5,07	2,16	0,44	1,96	4,56	47,4

Таблиця 9

**Вплив меліорантів на вміст поживних елементів
в дерново-підзолистих ґрунтах досліді № 1, мг/кг**

Варіанти досліді	Шар ґрунту, см.	Легкогідролізований азот		P ₂ O ₅		K ₂ O	
		липень	вересень	липень	вересень	липень	вересень
Контроль	0-20	43,4	53,2	57,2	8,7	77,8	102,0
	20-40			40,9	18,6	50,2	34,0
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	0-20	54,6	42,0	50,6	32,0	85,2	68,0
	20-40			38,6	16,5	32,6	23,0
N ₉₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀ (Фон)	0-20	42,0	51,8	70,4	21,6	138,2	142,0
	20-40			54,3	27,5	25,1	33,0
Фон+100 т/га суглинку	0-20	50,4	56,0	54,6	32,0	110,8	1220
	20-40			49,2	30,3	42,2	23,0
Фон+100 т/га суглинку + 30 т/га торфу	0-20	61,6	56,0	29,9	29,6	186,4	190,0
	20-40			27,6	36,0	20,0	28,0
Фон+100 т/га суглинку + 60 т/га гною	0-20	49,0	65,8	24,0	27,5	176,3	115,0
	20-40				35,3	17,6	250,0
Фон+100 т/га суглинку + 60 т/га гною + 3 т/га CaCO ₃	0-20	61,6	65,8	26,0	33,5	171,4	210,0
	20-40			18,4	30,3	20,0	25,0

Таким чином, встановлено, що внесення в дерново-підзолисті ґрунти меліорантів супроводжується покращенням складу ґрунту за рахунок зростання вмісту гумусу та поліпшення його якості, покращенням водно-фізичних та фізико-хімічних показників в наслідок підвищення їх вологості, зниження кислотності та нагромадженню елементів живлення.

3. Вплив добрив та меліорантів на врожайність сільськогосподарських культур та надходження до них радіонуклідів

3.1. Вплив меліорантів на врожайність сільськогосподарських культур

Як відомо, одним із заходів підвищення потенційної та ефективної родючості дерново-підзолистих ґрунтів легкого грануло-

метричного складу є збагачення їх органічною речовиною та колоїдними частками [9].

Дані досліджень показують, що внесення в ґрунт гною, меліорантів (суглинку, сапропелю, торфу) суттєво покращує склад цих ґрунтів та сприяє росту врожайності сільськогосподарських культур на 20–30 % [7]. Аналогічні результати по впливу меліорантів на урожайність сільськогосподарських культур отримані в польовому досліді № 1 (табл. 10).

Таблиця 10

**Вплив добрив та меліорантів на зміну врожайності
і вмісту радіоцезію, %. Дослід № 1**

№	Варіанти	Вико-вівсяна суміш		Кукурудза	
		Урожай- ність	Вміст радіо- нуклідів	Урожай- ність	Вміст радіо- нуклідів
1	Контроль	100	100	100	100
2	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	128	70	150	80
3	N ₉₀ P ₁₆₀ K ₁₈₀ (Фон)	149	53	173	63
4	Фон +100 т/га суглинку	174,8	40	223	50
5	Фон +100 т/га суглинку +30 т/га торфу	224	37	255	37
6	Фон +100 т/га суглинку +60 т/га гною	255	12	297	35
7	Фон +100 т/га суглинку + 60 т/га гною + 3 т/га СаСО ₃	294	12	354	26

Із таблиці 10 видно, що врожайність на варіанті без добрив у вівсяно-горохової суміші складала 66,2 ц/га, а по кукурудзі 98,3 ц/га, відповідно. Внесення мінеральних добрив в нормі N₉₀ P₉₀ K₉₀ підвищило урожайність цих культур на 28 і 50 %, відповідно. Подвоєння норми внесення фосфорно-калійних добрив на фоні азотних супроводжувалось подальшим ростом урожайності вико-вівсяної суміші та кукурудзи. Прибавка врожаю, при цьому, була 49 % по ви-ко-вівсяній суміші та 173 % по кукурудзі.

Внесення меліорантів суглинку, суглинку в поєднанні з торфом, гноем та вапнякових матеріалів забезпечувало подальше зростання врожайності цих культур. Так, на варіанті з внесенням 100 т/га суглинку по фоні повного мінерального добрива урожайність

культур в порівнянні з фоном зростала: по вико-вівсяній суміші на 74,8 %, по кукурудзі – на 113 %.

Внесення суглинку в поєднанні з торфом та гноєм забезпечувало отримання достовірних приростів врожаю вико-вівсяної суміші та кукурудзи. Найвищу врожайність сільськогосподарських культур забезпечувало внесення в ґрунт по фоні мінеральних добрив 100 т/га суглинку в поєднанні з 60 т/га гною та 3 т/га CaCO₃. При внесенні цих сумішей була отримана врожайність вико-вівсяної суміші на рівні 200 ц/га, кукурудзи – 300 ц/га, а приросток врожаю складала відповідно 104 % і 254 %.

Слід зауважити, що зростання врожайності на цій ділянці забезпечувалось за рахунок підвищення вмісту в ґрунті рухомих сполук азоту, фосфору, калію та гумусу та зниженням кислотності цих ґрунтів. Подібні результати по впливу меліорантів на врожайність сільськогосподарських культур отримані нами в польовому досліді № 2.

Результати по впливу меліорантів на урожайність сільськогосподарських культур отримані в польовому досліді № 2 (табл. 11), показують, що на варіанті без добрив урожайність кукурудзи складала 92,4 ц/га. Внесення мінеральних добрив в нормі N₆₀ P₉₀ K₁₂₀ в поєднанні з 30 т/га торфу підвищило врожайність цієї культури на 18 %.

Внесення меліорантів суглинку в нормі 100 т/га по фоні мінеральних добрив, 200 т/га суглинку та 300 т/га суглинку супроводжувалось подальшим ростом урожайності кукурудзи. Приросток врожаю кукурудзи, при цьому, складала від 83 % до 196 %, відповідно. Внесення меліорантів суглинку, мергелю, туфу забезпечувало подальше зростання врожайності сільськогосподарських культур.

Внесення збільшеної дози суглинку, мергелю та туфу забезпечувало отримання достовірних приростів врожаю по картоплі та кукурудзі. Так, при внесенні суглинку в нормі 200 т/га та 300 т/га по фоні мінеральних добрив була отримана приросток врожаю по картоплі 50 % та 139 % відповідно. По кукурудзі з тими ж нормами меліорантів – 186 % та 196 % відповідно. Внесення мергелю в нормі 40 т/га та 80 т/га по фоні мінеральних добрив дало приросток врожаю по картоплі 100 % та 121 %, а по кукурудзі 236 % та 244 % відповідно.

Внесення туфу в нормі 10 т/га та 20 т/га по фоні мінеральних добрив не забезпечило підвищення врожайності сільськогосподарських культур. Приросток врожаю на цих варіантах по картоплі складала 110 %, по кукурудзі – 199 %.

Таблиця 11

**Вплив добрив та меліорантів на зміну урожайності
і вмісту радіоцезію, % Дослід № 2**

№	Варіанти	Картопля		Кукурудза	
		Урожай- ність	Вміст радіо- нуклідів	Урожай- ність	Вміст радіо- нуклідів
1	Контроль	100	100	100	100
2	N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ + 30т/га торфу (Фон)	122	94	218	80
3	Фон +100 т/га суглинку	133	88	283	72
4	Фон + 200 т/га суглинку	150	21	286	36
5	Фон + 300 т/га суглинку	239	16	296	32
6	Фон + 40 т/га мергелю	200	12,5	336	8
7	Фон + 80 т/га мергелю	221	17,5	344	7
8	Фон +10 т/га туфу	210	10	299	10
9	Фон + 20 т/га туфу	191	11,2	254	8
10	Фон + 40 т/га мергелю + 70 т/га суглинку	205	17	232	9

Найбільшу врожайність картоплі та кукурудзи забезпечувало внесення в ґрунт по фоні мінеральних добрив 300 т/га суглинку, 40–80 т/га мергелю та 10 т/га туфу. При внесенні цих меліорантів отримана врожайність по кукурудзі 400 ц/га; картоплі – 220 ц/га.

Виходячи з цього, слід відмітити, що зростання врожайності на варіантах з внесенням суглинку, мергелю та туфу забезпечується за рахунок покращення агроекологічних показників ґрунту і насамперед збільшення фракцій фізичної глини, зменшення кислотності, покращенню властивостей ґрунтів.

3.2. Вплив меліорантів на надходження радіонуклідів в сільськогосподарські культури

Внесення в дерново-підзолисті ґрунти меліорантів у вигляді суглинків, мергелів, туфів, торфу супроводжується не тільки ростом урожайності сільськогосподарських культур, а й зменшенням надходження радіонуклідів в основну та побічну продукцію. Так, в умовах Житомирської області при щільності забруднення дерново-підзолистого ґрунту біля 5 Кі/км² мало місце зменшення надходження цезію-137 в вико-вівсяну суміш та кукурудзу (таблиця 11).

Так, внесення мінеральних добрив $N_{90}P_{90}K_{90}$ супроводжувалось зниженням надходження його в вико-вівсяну суміш на 30 % порівняно з контролем без добрив, а при вирощуванні кукурудзи на 20 % відповідно. Внесення підвищеної норми фосфорно-калійних добрив сприяло зниженню в середньому за період досліджень вмісту цезію в вико-вівсяній суміші на 30 %, у кукурудзі – на 37 %.

Застосування суглинку по фоні мінеральних добрив привело до подальшого значного зниження вмісту цезію-137 в вико-вівсяній суміші на 60 %, у кукурудзі на 50 % відповідно. Застосування торфу в поєднанні із суглинком забезпечувало суттєве зниження надходження цезію лише по кукурудзі. Застосування гною виявилось більш ефективним при внесенні його під вико-вівсяну суміш. Зниження надходження цезію-137 на цьому варіанті складало 18 % порівняно з контролем.

В досліді № 1 при вирощуванні вико-вівсяної суміші та кукурудзи найбільший ефект отриманий при комплексному застосуванні суглинку, органіки та вапнякових матеріалів. На цьому варіанті отриманий урожай з найнижчим вмістом цезію-137 в сільськогосподарській продукції. Зниження надходження цезію-137 на цих варіантах в порівнянні з контролем складало для вико-вівсяної суміші в 8,3 рази, а по кукурудзі – в 3,8 рази.

Подібні результати по впливу меліорантів на надходження радіонуклідів до сільськогосподарських культур отримані нами в досліді № 2 (таблиця 11). Як видно з даних таблиці, надходження цезію-137 в значній мірі обумовлювалось внесенням мінеральних добрив та торфу. Так, внесення мінеральних добрив в нормі $N_{60}P_{90}K_{120}$ в поєднанні з 30 т/га торфу забезпечувало зменшення вмісту радіоцезію в картоплі на 6 %, кукурудзі – на 20 %.

Застосування суглинку по фоні мінеральних добрив та торфу привело до подальшого зменшення його вмісту в сільськогосподарських культурах. Так, при нормі суглинку 100 т/га відмічалось зменшення радіоцезію в картоплі на 12 %, кукурудзі – на 28 %.

Внесення в дерново-підзолисті ґрунти 200–300 т/га суглинку забезпечувало подальше зменшення вмісту радіоцезію як в картоплі так і в кукурудзі, відповідно на 84–64 %. Найкращий ефект по зниженню надходження цезію-137 отриманий при внесенні під картоплю та кукурудзу по фоні 40 т/га мергелю.

Кратність зниження надходження радіоцезію на цьому варіанті по картоплі складає в 8 разів, кукурудзі – 12,5 рази.

Внесення туфу по фоні 10–20 т/га було рівноцінним за ефектом зниження надходження цезію-137 внесенню 40 т/га мергелю.

Внесення 40 т/га мергелю та 70т/га суглинку за ефектом зниження рівноцінне внесенню 40 т/га мергелю, але значно перевищує варіанти з внесенням 100 т/га суглинку по фону N₆₀ P₉₀ K₁₂₀ та 30 т/га торфу.

Таким чином, проведені дослідження показують, що використання корисних копалин місцевого значення, поклади яких в зоні Полісся дуже значні, є доцільним, так як дозволяє знижувати надходження цезію-137 в сільськогосподарські культури в 5–7 разів.

3.3. Розробка методики прогнозування вмісту радіонуклідів в сільськогосподарській продукції.

Відомі методики та методи прогнозування вмісту радіонуклідів в сільськогосподарській продукції та культурах, які базуються на розрахунку вмісту радіонуклідів в сільськогосподарську продукцію та культури, які базуються на розрахунку вмісту радіонуклідів з використанням показників щільності, забруднення ґрунту, коефіцієнту переходу радіонуклідів до культур [10; 11].

Відомі також методи розрахунку вмісту радіонуклідів в культурах, в основу яких покладено використання рівнянь залежності цього показника від наявності в ґрунті сполук азоту, фосфору, калію та кислотності ґрунту.

Складання прогнозу в цьому випадку ускладнюється підбором коефіцієнтів переходу для окремих відмін і різновидностей дерново-підзолистих ґрунтів та затратою часу і коштів на визначення показників властивостей ґрунту.

В зв'язку з цим, виникає необхідність у розробці і використанні більш простих і надійних методик і методів прогнозу надходження радіонуклідів до сільськогосподарських культур на дерново-підзолистих ґрунтах Полісся.

Методика складання прогнозу полягає в тому, що для побудови номограм використовуються вже обраховані значення вмісту цезію-137 в сільськогосподарській продукції та значення показників родючості дерново-підзолистих ґрунтів. На основі цих даних і будуються номограми. Методика складання прогнозу вмісту радіонуклідів в сільськогосподарській продукції описана в літературі [7], тому в даному випадку ми не будемо наводити її повністю.

В основу розробки методики і методу покладені дані обстежень полов 42 господарств Рівненської і Житомирської областей. За основні показники вибрані: вміст фізичної глини, вміст гумусу, ступінь оглеєності, що найбільш повно характеризує склад та генезис цих

ґрунтів. Інформація про них міститься в генетичній назві ґрунту та картографічних матеріалах агрохімічних турів обстеження.

Математична обробка експериментальних даних та даних 42 господарств показує, що залежність надходження радіонуклідів до сільськогосподарських культур в залежності від оглеєності, вмісту фізичної глини та гумусу описується рівнянням гіперболи, а ступінь оглеєння – рівнянням параболу другого порядку.

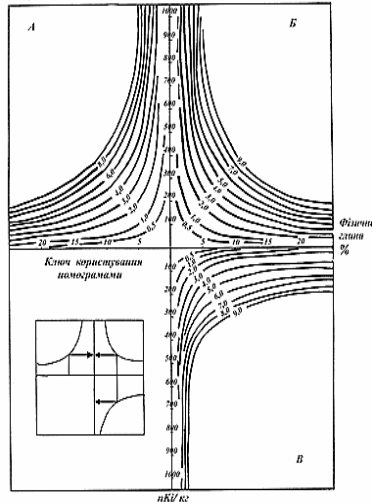


Рис. 2. Номограми визначення вмісту Cs-137 (nCi/kg) в сільськогосподарських культурах, в дерново-підзолистих ґрунтах різного гранулометричного складу: А – багаторічні трави; Б – викасуміш; В – овес. (Веремеєнко С.І., Мороз О.С.)

Кореляційні відношення отриманих залежностей коливаються в межах 0,89–0,98, що свідчить про тісний зв'язок між вказаними факторами (табл. 12).

Дані прогнозу за допомогою математичних рівнянь, які наведені в таблиці 13, дозволяють розраховувати прогнозне значення вмісту цезію-137 в сільськогосподарських культурах. Але, даний метод розрахунку, хоча він є дуже зручним, одночасно є дуже громіздким, а значить збільшує час на складання подальшого прогнозу. Виходячи з цього, пропонується більш швидкий метод складання прогнозу вмісту радіонуклідів в сільськогосподарській продукції. Таким методом є графічний метод.

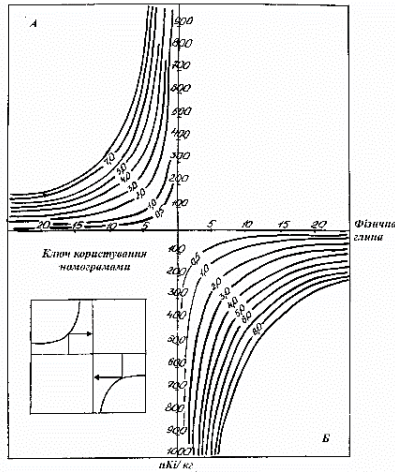


Рис. 3. Номограми визначення вмісту Cs-137 (nKi/кг) в ільськогосподарських культурах, в дерново-підзолистих ґрунтах різного гранулометричного складу: А – природні трави; Б – конюшина. (Веремєєнко С.І., Мороз О.С.)

Суть його полягає в тому, що щільність забруднення сільськогосподарської продукції радіонуклідами можна визначити за допомогою номограм.

Номограми будуються на основі обрахованих значень вмісту цезію-137 при різній щільності забруднення за рівняннями наведеними в таблиці 12.

Таблиця 12

Математичні моделі вмісту Cs-137 в сільськогосподарських культурах в залежності від показників родючості дерново-підзолистих ґрунтів

Показники	Багаторічні трави	Виковівсяна суміш	Овес
Вміст фізичної глини, %	$y = \frac{21,9 + 469}{x}$	$y = \frac{15,9 + 435,5}{x}$	$y = \frac{21,6 + 132,4}{x}$
Вміст гумусу, %	$y = 1,48 + \frac{30,5}{x}$	$y = 21,87 + \frac{35,6}{x}$	$y = 4,95 + \frac{8,05}{x}$
Ступінь оглеєння, %	$y = 2307x^2 - 4337x + 2283$	$y = 370x^2 - 670x + 342$	$y = 374x^2 - 679x + 340$

При цьому, криві номограм будуються відповідно для кожної щільності забруднення від $0,5 \text{ Ки/км}^2$ до 10 Ки/км^2 . Номограми представлені на рисунках (рис. 2–6) з наведеним ключом користування.

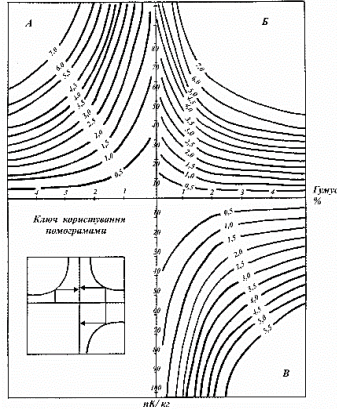


Рис. 4. Номограми визначення вмісту Cs-137 (nKi/kg) в сільськогосподарській продукції, в дерново-підзолистих ґрунтах в залежності від вмісту гумусу: А – багаторічні трави; Б – овес; В – викосуміш (Веремєєнко С.І., Мороз О.С.)

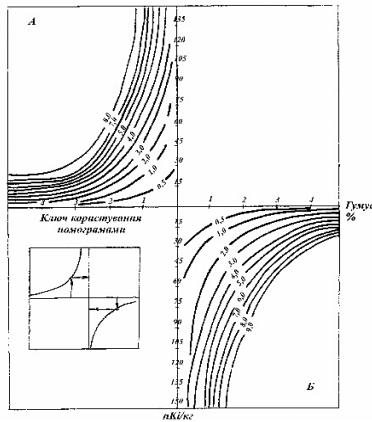


Рис. 5. Номограми визначення вмісту Cs-137 (nKi/kg) в сільськогосподарській продукції, в дерново-підзолистих ґрунтах в залежності від вмісту гумусу: А – природні трави; Б – конюшина (Веремєєнко С.І., Мороз О.С.)

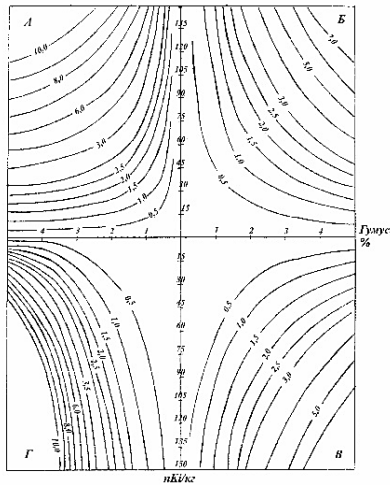


Рис. 6. Номограми визначення вмісту Cs-137 (nKi/kg) в сільськогосподарській продукції, в дерново-підзолистих ґрунтах в залежності від вмісту гумусу: А – жито; Б – картопля; В – кукурудза на з.м.; Г-льон. (Веремеєнко С.І., Мороз О.С.)

Наприклад, якщо ґрунт з щільністю забруднення 1 Ки/км^2 має оглеєність 0,8 м, вміст фізичної глини – 7 % та вміст гумусу – 1,5 %, то надходження цезію-137 до багаторічних трав (сіно), згідно номограм буде складати в залежності від оглеєння 260 nKi/kg, від вмісту фізичної глини – 70 nKi/kg та по вмісту гумусу – 23 nKi/kg.

Розрахунок вмісту цезію-137 в багаторічних травах згідно рівнянь (табл. 12) засвідчує, що при цих же показниках родючості рівень забруднення буде складати по оглеєності – 263,8 nKi/kg, по вмісту фізичної глини – 70,1 nKi/kg, по вмісту гумусу – 21,8 nKi/kg.

Отримані результати несуттєво відрізняються від величин отриманих згідно запропонованого графічного методу. Виходячи з цього, розроблений графічний метод встановлення щільності забруднення сільськогосподарських культур пропонується для використання у фермерських та кооперативних господарствах.

Поряд з цим, нами для більш точного прогнозу вмісту радіонуклідів в сільськогосподарській продукції запропонована залежність, яка враховує вміст в ґрунті гумусу та фізичної глини. Залежність має вигляд багаточлену:

$$y = a + bx_1 + cx_2 \quad (3)$$

де y – вміст в сільськогосподарській продукції цезію-137 (пКі/кг);
 x_1 – вміст гумусу (%); x_2 – вміст фізичної глини (%);
 a, b, c – коефіцієнти залежності.

Для багаторічних трав рівняння має вигляд:

$$y = -31050,31 + 4333,35x_1 + (-46747,83)x_2 \quad (4)$$

За даними, отриманими в результаті розрахунку по залежності (4) та рівняннями, наведеними в таблиці 13, при вмісті в ґрунті гумусу 1% і 10% фізичної глини видно, що різниця по розрахованих величинах складає 3 пКі/км.

Таким чином, проведені дослідження показують, що внесення в дерново-підзолисті ґрунти меліорантів (суглинку, мергелю, торфу та туфу) сприяє підвищенню врожайності сільськогосподарських культур та зниженню надходження цезію-137 до рослинницької продукції.

Найвищу врожайність сільськогосподарських культур та найбільше зменшення міграційної здатності цезію-137 в системі ґрунт-рослина забезпечує внесення під сільськогосподарські культури 300 т/га суглинку на цих ґрунтах, 40 т/га мергелю або 10 т/га туфу по фону повного мінерального добрива.

Таким чином, проведені дослідження показують, що найкращий вплив на врожайність сільськогосподарських культур отриманий при внесенні 300 т/га суглинку, 40 т/га мергелю або 10 т/га туфу на фоні мінеральних добрив. При тих самих дозах меліорантів спостерігається зменшення вмісту радіонуклідів в 5–7 разів.

Висновки

В результаті аварії на ЧАЕС виникла нова екологічна проблема ґрунтів Західного Полісся України – забруднення їх радіонуклідами.

Більша половина (до 60%) території Полісся зайнята дерново-підзолистими ґрунтами, які характеризуються цілим рядом властивостей, що спричиняють швидку міграцію радіонуклідів в системі «ґрунт-рослина».

Особливе місце в окультуренні дерново-підзолистих ґрунтів та зниження надходження радіонуклідів до рослин повинно відводитись покращенню їх складу шляхом внесення різного роду меліорантів – проведенням структурних меліорацій.

Проведені дослідження по вивченню запасів, поширення та властивостей копалин місцевого значення засвідчують, що в північних районах області найбільше розвідані і розробляються запаси суглинків, туфів та мергелю. В складі суглинків, туфів та мергелів в значних кількостях знаходяться кальцій, магній, калій, фракції фізичної глини, вторинні мінерали, що дозволяє віднести їх до груп природних сорбентів і, враховуючи їх запаси та поширення, рекомендувати їх для хімічних та структурних меліорацій.

Встановлено, що внесення в дерново-підзолисті ґрунти меліорантів супроводжується покращенням складу ґрунту за рахунок зростання вмісту гумусу та поліпшення його якості, покращенням водно-фізичних та фізико-хімічних показників в наслідок підвищення їх вологоємності, зниження кислотності та нагромадженню елементів живлення.

Таким чином, проведені дослідження показують, що найкращий вплив на врожайність сільськогосподарських культур отриманий при внесенні 300 т/га суглинку, 40 т/га мергелю або 10 т/га туфу на фоні мінеральних добрив. При тих самих дозах меліорантів спостерігається зменшення вмісту радіонуклідів в 5–7 разів.

На основі досліджень була розроблена методика по прогнозуванню вмісту радіонуклідів в сільськогосподарській продукції.

Список використаних джерел:

1. Кауричев И. С., Орлов Д. С. Окислительно-восстановительные процессы и их роль в генезисе и плодородии почв. М. : Колос, 1982. 247 с.
2. Обеспеченность почв УССР макро-и микроэлементами / Носко Б. С. и другие. К. : Урожай, 1988. Т. 2. С. 19–34.
3. Веремеенко С. И. Экологические принципы мелиорации и окультуривания почв Полесья Украины. *Биоконверсия органических отходов и охрана окружающей среды* : сборник материалов Киев, 1996. С. 199.
4. Смаглий А. Ф. Предварительные итоги научных исследований поведения радионуклидов в сельскохозяйственной цепи: почва – растения – животные – продукция животноводства. *Проблемы сельскохозяйственной радиоэкологии – пять лет спустя после аварии на ЧАЭС* : тезисы докладов региональной научно-практической конференции. Житомир, 1991. С. 13–18.
5. Вознюк С. Т. Торфяные почвы Полесья и лесостепи УССР (свойства, окультуривание и повышение эффективности плод-

родия) : автореф. дис. на соискание уч. степени д-ра с.-х. наук : 53.20.00. / Харьковский ордена Трудового Красного Знамени сельскохозяйственный институт имени В. В. Докучаева. Харьков, 1969. 37 с.

6. Чтобы не убывало плодородие земли / В. В. Медведев, Г. М. Кривоносова, П. И. Кукоба и др.; под ред. В. В. Медведева. К. : Урожай, 1989. С. 45–46.

7. Вознюк С. Т. Геохимические особенности и плодородие почв УССР. *Труды Харьковского СХИ им. В.В. Докучаева*. Харьков, 1969. Т. 23 (90). С. 83–93.

8. Вознюк С. Т., Клименко Н. А. Окислительно-восстановительный режим осушаемых торфяных почв Полесья УССР. *Почвоведение*, 1983. № 3. С. 127–133.

9. Веремеенко С. И. Гумусовое состояние мелиорируемых черноземов. *Мелиорация и освоение тяжелых грунтов*. Ровно, 1990. С. 34.

10. Веремеенко С. І. Еволюція та управління продуктивністю ґрунтів Полісся України : монографія. Луцьк : Надстир'я, 1997. 314 с.

11. Клименко О. М., Мороз О. С. Особливості меліорації забруднених радіонуклідами ґрунтів Західного Полісся. *Вісник УДАВГ*. 1997. № 1. С. 73–76.

Шевченко М. С.

*доктор сільськогосподарських наук, професор,
завідувач відділу землеробства
Інститут зернових культур
Національної академії аграрних наук України
м. Дніпро*

Десятник Л. М.

*кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник,
завідувач лабораторією сівозмін
та природоохоронних систем обробітку ґрунту
Інститут зернових культур
Національної академії аграрних наук України
м. Дніпро*

Шевченко О. М.

*кандидат сільськогосподарських наук,
провідний науковий співробітник лабораторії сівозмін
та природоохоронних систем обробітку ґрунту
Інститут зернових культур
Національної академії аграрних наук України
м. Дніпро*

**ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА
ТА ЗБАЛАНСОВАНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
В АГРОПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ**

Анотація. В матеріалі розглянуто деякі шляхи підвищення екологічної безпеки агроценозів та досягнення параметрів збалансованого природокористування в АПК. Біологізація землеробства, зокрема, збільшення насиченості 8-пільних сівозмін зернобобовими культурами до 25 % (два поля – гороху і сої), заорювання побічної продукції попередньої культури, а також загортання в ґрунт сидерату редьки олійної підвищили показники продуктивності сівозмін за ротацію на 7–26 % і сприяли збільшенню вмісту гумусу в ґрунті на 0,35 % порівняно з вихідними даними 1991 р. Доведена

доцільність застосування мульчувальної системи обробітку з використанням чизельних, плоскорізних і дискових знарядь із заробкою у ґрунт побічної продукції попередника: використання 14–16 т/га рослинних решток за ротацію сівозміни сприяло зростанню вмісту гумусу на 0,3–0,7 %. За урожайності пшениці озимої 5,52–5,60 т/га такі обробітки забезпечують, порівняно з оранкою, економію пального і коштів при рентабельності 110–123 %. Мінімізація обробітку ґрунту (мілкий обробіток важкою дисковою бороною на 10–12 см) порівняно з оранкою знижувала вміст азоту, фосфору і калію в орному шарі. Вищий рівень волого-накопичення у ґрунті забезпечував більш глибокий обробіток. Підтверджено високий рівень кореляції між вмістом продуктивної вологи в ґрунті і урожайністю культур сівозміни ($r = 068-0,75$). Збільшення інтенсивності обробітку ґрунту від No-till до глибокої оранки забезпечило зростання урожайності всіх вирощуваних культур.

Вступ

Раціональне збалансоване природокористування – система використання природних ресурсів, яка характерна для інтенсивного господарства, яке розвивається на основі науково-технічного прогресу і хорошої організації праці при високій продуктивності праці. Принципи такої системи активно розробляються і впроваджується з другої половини ХХ століття. При цій системі повинні ефективно використовуватись наявні природні ресурси, забезпечуватись відновлення поновлюваних природних ресурсів, повною мірою використовуватись відходи виробництва, що дозволяє значно зменшити забруднення навколишнього середовища.

Раціональне природокористування з однієї сторони спрямоване на забезпечення умов існування людства і отримання матеріальних благ, а з іншої – на запобігання проявам шкідливих наслідків людської діяльності, на підтримання високої продуктивності природи та охорону і економне використання її ресурсів.

Раціональне природокористування має забезпечити повноцінне існування і розвиток сучасного суспільства, за умови збереження високої якості середовища людини. Цього можна досягти завдяки економічній експлуатації природних умов і ресурсів при ефективному режиму їх відтворення з урахуванням перспективних інтересів розвитку господарства і збереження здоров'я людей.

Серед принципи раціонального природокористування слід виділити загальні і специфічні для кожної галузі економіки. До загальних принципів можна віднести наступні: принцип «нульового рівня» споживання природних ресурсів (сьогодні споживати не більше, ніж вчора, а в ідеалі – менше); принцип відповідності антропогенного навантаження природно-ресурсному потенціалу регіону; принцип збереження просторової цілісності природних систем у процесі їх господарського використання; принцип збереження природо-обумовленого кругообігу речовин у процесі антропогенної діяльності; принцип погодження виробничого і природного ритмів.

На основі вищезазначених загальних принципів природокористування науковцями узагальнено систему принципів природокористування для АПК.

Важливе значення надається економічному регулюванню природо-користування в АПК, при якому висока економічна ефективність узгоджувалась би з екологічною безпекою. Комплексний підхід передбачає всебічне врахування можливих екологічних наслідків застосування конкретних технологій вирощування сільськогосподарських культур, меліоративних заходів та ін. Незмінним є особливе відношення до земельних ресурсів, у процесі господарського їх використання перевага повинна надаватись науково обґрунтованим технологіям біологізованого аграрного виробництва. Еколого-безпечне господарювання на землі можливе за умови повного врахування законів природи, необхідності забезпечення потреб агропромислового виробництва в межах існуючих природно-територіальних комплексів; узгодження ритмів протікання природних процесів і агропромислового виробництва. Це стає можливим при розвитку еколого-безпечного виробництва в АПК із застосуванням природо-зберігаючих, ресурсозберігаючих та енергоощадних технологій, що обумовлює розширене відтворення природних ресурсів, зокрема, забезпечує розширене відтворення родючості ґрунту, підвищення продуктивності угідь і охорону земель. При цьому слід використовувати територіально-диференційований підхід при визначенні можливого агропромислового навантаження на агроценози. Попередження екологічних наслідків повинно здійснюватись адміністративно-правовими, економічними, технологічними методами (застосування ресурсо-, енергозберігаючих технологій, альтернативних систем землеробства з обмеженим використанням хімічних

засобів для підвищення родючості ґрунтів та захисту рослин з урахуванням асиміляційних можливостей агросфери) [1, с. 18; 2, с. 36].

Отже, природно-ресурсний потенціал АПК – це сукупність природних умов і природних ресурсів, що знаходяться на певній території і залучені чи можуть бути залучені до господарської діяльності відповідно до технічних і соціально-економічних можливостей суспільства. Вони служать або можуть служити у перспективі для забезпечення продовольчої безпеки населення за умови сталого екологічно-збалансованого розвитку АПК.

Нинішню екологічну ситуацію в Україні можна вважати кризовою, що формувалася протягом тривалого періоду через нехтування об'єктивними законами розвитку і відтворення природно-ресурсного комплексу України. Відбувалися структурні деформації народного господарства, зокрема, в галузі АПК, за яких перевага надавалася розвитку переважно сировинних галузей, найбільш екологічно небезпечних, що обумовлюють високе антропогенне навантаження на агроценози і веде до значної деградації довкілля [3, с. 18].

Сільське господарство України має могутній природно-ресурсний потенціал, який включає 41,84 млн гектарів сільськогосподарських угідь, в тому числі, 33,19 млн гектарів ріллі, 7,63 млн гектарів природних кормових угідь. Разом з тим, розораність сільськогосподарських земель складає 72 %, а в ряді регіонів перевищує 88 %. Часто до обробітку залучені малопродуктивні угіддя та схилі землі. Ефективність використання земель в Україні значно нижча, ніж у середньому по Європі [4, с. 33].

Основними причинами низької віддачі земельного потенціалу в Україні є безгосподарне ставлення до землі, стратегія максимального залучення земель до обробітку, недосконалі та неадекватні техніка і технологія обробітку землі та виробництва сільськогосподарської продукції, недотримання науково обґрунтованих систем ведення землеробства, зокрема, недотримання сівозмін, внесення недостатньої кількості органічних добрив, недосконала система використання і внесення мінеральних добрив та невиконання природоохоронних, комплексно-меліоративних, протиерозійних та інших заходів. Внаслідок цих причин якісний стан земельного фонду постійно погіршується. Майже на всіх землях спостерігається неухильне зниження вмісту гумусу в ґрунтах. Так за 20 років (з 1961 року по 1981 рік) середній вміст гумусу в ґрунтах України знизився з 3,5 до 3,2 відсотка [5, с. 42].

Але ж, раціональне використання землі – обов'язкова екологічна вимога при використанні цього природного ресурсу, так базовий законодавчий акт (Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища») в сфері екології прямо вказує, що використання природних ресурсів громадянами, підприємствами, установами та організаціями повинно здійснюватись з дотриманням раціонального і економного використання природних ресурсів на основі широкого застосування новітніх технологій.

1. Біологізація землеробства ефективний шлях підвищення продуктивності виробництва та екологічної безпеки агроценозів

Сьогодні одним з перспективних напрямів удосконалення системи землеробства є біологізація, що спрямована на практичну реалізацію принципів збалансованого природокористування. Тому в умовах сучасного виробництва аграрної продукції до існуючої системи землеробства слід впроваджувати елементи біологізації, які орієнтовані переважно на використання біологічних, а не хімічних і технічних засобів виробництва з метою підвищення економічної й екологічної ефективності господарювання [6, с. 41; 7, с. 204; 8, с. 88].

Сучасна біологізована система землеробства має складатись з комплексу взаємопов'язаних агротехнічних, меліоративних і організаційно-господарських заходів, спрямованих на ефективне використання землі для вирощування сільськогосподарських культур з одночасним відтворенням родючості ґрунтів. Вона передбачає управління структурами посівних площ та сівозмін, широке застосування різних видів органічних добрив, таких як гній, побічна продукція культур-попередників, сидератів, а також мікробних та інших біопрепаратів.

Дієвим біологічним фактором в землеробстві є науково обґрунтована сівозмінна, яка при правильному застосуванні має значний вплив на всі ґрунтові режими і сприяє підвищенню рівня біологізації та екологізації виробництва. Позитивний вплив сівозміни може бути підсилений за рахунок розширення частки посівів багаторічних та однорічних бобових трав, зернобобових культур, впровадження сидеральних і проміжних посівів як органічного добрива.

Про вплив елементів біологізації на продуктивність сівозмін свідчать результати багаторічних стаціонарних дослідів Ерастів-

ської дослідної станції (Державна установа Інститут зернових культур), які проводяться з 1991 р. на ділянці з чорноземом звичайним мало-гумусним важко-суглинковим на лесі з вмістом гумусу – 4,0 %, загального азоту – 0,23 %, фосфору – 0,12 %, калію – 2,0 % і реакцією ґрунтового розчину близької до нейтральної – рН 6,5–6,9. Метою роботи було дослідити базові елементи сучасної системи землеробства: структуру посівів та чергування культур у восьмипільних сівозмінах і системи удобрення ґрунту та встановити їх вплив на родючість ґрунту, ресурсозбереження і екологічну рівновагу агроценозів, при якій забезпечується високий рівень урожайності і якості продукції культур та відбувається підвищення продуктивності сівозмінної площі.

У третій ротації восьмипільних сівозмін було здійснено удосконалення сівозміни з метою підвищення рівня її біологізації. До структури зерно-паро-просапної та зерно-просапної сівозмін була введена друга зернобобова культура – соя. Таким чином насиченість сівозмін цієї групою сільськогосподарських культур досягла 25 %. Були внесені зміни і до системи удобрення ґрунту: до органічної (12,5 т/га гною) – додали заорювання побічної продукції попередньої культури, а також загортання в ґрунт сидерату (посіви редьки олійної після збирання пшениці озимої та ячменю ярого). Органо-мінеральна (гній 7,5 т/га + $N_{26}P_{21}K_{19}$) та мінеральна ($N_{53}P_{45}K_{45}$) системи удобрення не зазнали змін. Внесені корективи позитивно вплинули на середні показники продуктивності сівозмін за ротацію (табл. 1). Так, у зерно-паро-просапній сівозміні у третій ротації з 1 га сівозмінної площі вихід зерна збільшився на 7–8 %, урожайність зернових – на 7–9 %, вихід кормових одиниць – на 9–10 %, збір перетравного протеїну – на 21–23 %. Ці дані стосуються контрольного варіанту без добрив, органо-мінеральної та мінеральної системи удобрення ґрунту. На фоні органічної системи показники продуктивності виявились ще кращими: збільшення становило 11, 16, 13 та 26 % відповідно. Аналогічні зміни стосуються і показників продуктивності зерно-просапної сівозміни.

Протягом наступних шести років четвертої ротації сівозмін (2015–2020 рр.) позитивний вплив біологізації сівозмін також підтверджується: порівняно з показниками третьої ротації спостерігалось збільшення виходу зерна в середньому на 6–9 % залежно від системи удобрення, урожайності зернових – на 8–11 %, виходу кормових одиниць – на 9–12 %, збору перетравного протеїну – на 15–18 %.

Таблиця 1

**Продуктивність восьмипільних сівозмін
в другій і третій ротації залежно від систем основного
обробітку та удобрення ґрунту**

Система удобрення ґрунту в сівозміні	Показники продуктивності сівозмін*							
	в середньому за другу ротацію (1999–2006 рр.)				в середньому за третю ротацію (2007–2014 рр.)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Зерно-паропросапна сівозміна								
Без добрив	2,47	3,49	4,76	0,382	2,65	3,81	5,20	0,460
Органічна	2,94	3,72	5,34	0,414	3,25	4,33	6,01	0,521
Органо- мінеральна	3,20	4,27	5,78	0,448	3,43	4,58	6,28	0,544
Мінеральна	3,25	4,33	5,79	0,454	3,47	4,63	6,38	0,555
Зерно-паропросапна сівозміна								
Без добрив	2,16	3,29	4,93	0,407	2,70	3,60	5,37	0,479
Органічна	2,35	3,64	5,94	0,479	3,15	4,20	5,20	0,534
Органо- мінеральна	2,65	4,24	6,51	0,527	3,27	4,66	6,38	0,551
Мінеральна	2,70	4,32	6,57	0,533	3,41	4,75	6,57	0,567

Примітка. Показники продуктивності сівозмін: 1 – вихід зерна з 1 га ріллі, т; 2 – урожайність зернових, т/га; 3 – вихід кормових одиниць з 1 га, т; 4 – збір перетравного протеїну з 1 га, т.

Отже, розглянуті вище елементи біологізації позитивно вплинули на продуктивність як окремих вирощуваних культур, так і сівозміни в цілому.

За роки проведення дослідів відбувались зміни і в гумусному стані чорнозему. Найбільш сприятливі умови для збереження і відтворення потенційної родючості ґрунту забезпечували органічна та органо-мінеральна системи удобрення, де вміст гумусу за три ротації зерно-паро-просапної сівозміни підвищився на 0,35 % порівняно з вихідними показниками 1991 р. Простежувалася тенденція до підвищення кількості валових форм азоту і фосфору в удобрених варіантах.

Одним з важливих прийомів біологізації є впровадження сидеральних парів. Значення сидератів у сучасному землеробстві

обумовлюється їх участю у відтворенні органічної речовини ґрунту, що глобально впливає на весь комплекс агрономічних властивостей ґрунту. Запаси гумусу і азоту в ґрунтах сільськогосподарського використання відновлюються як завдяки внесенню мінеральних добрив, так і за рахунок органічних речовин, які надходять у ґрунт у вигляді рослинних решток різного походження, зокрема, в результаті заорювання зеленої маси сидеральної культури. Систематичне заорювання її в кількості 15–20 т/га забезпечує ефект, який рівноцінний внесенню 20 т/га гною.

Важливим в питанні сидерації полів в умовах північного Степу України першочерговим завданням є вибір сидеральної культури. Необхідно, щоб ця культура мала короткий термін вегетації, нарощувала велику кількість вегетативної маси, була економічно вигідна в плані насінництва. Відомо, що в умовах степової зони можна вирощувати на зелене добриво такі культури як: горох, вика яра, буркун білий, еспарцет, гірчиця біла, ріпак ярий та озимий, гречка та редька олійна.

На Ерастівській дослідній станції протягом восьми років проводились дослідження по виявленню ефективності різних бобових та хрестоцвітих культур в якості сидеральної культури з метою використання її біомаси в якості органічного добрива. За результатами досліджень встановлено, що найбільш ефективними і доцільними для широкого впровадження виявилися посіви редьки олійної або в чистому вигляді, або в сумішці з викою ярою (табл. 2, 3).

Таблиця 2

Порівняння ефективності сидеральних культур

Культура	Зелена маса		Кореневі рештки		Сумарний урожай сухої речовини, т/га
	уро-жай, т/га	вміст сухої речовини, %	кіль-кість, т/га	вміст сухої речовини, %	
Гірчиця біла	19,1	13,1	4,7	30	3,91
Вика яра	22,1	18,2	4,9	33	5,64
Гірчиця біла + вика яра	21,5	15,6	5,5	31	5,06
Редька олійна + вика яра	28,2	16,8	6,7	32	6,88

Ефективність зеленого добрива значною мірою залежить від величини урожаю сидеральної культури. Чим більше зеленої маси буде зароблено в ґрунт, тим помітніша буде його дія і післядія на продуктивність наступних культур сівозміни.

Таблиця 3

**Порівняльна характеристика удобрювальної цінності
сидеральних культур**

Культура	Поступило в ґрунт сухої речовини, т/га	Кількість поживних речовин в загальній біомасі, кг/га				Еквівалент підстилкового гною, т
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	всього	
Редька олійна	5,48	102	73	206	381	29
Гірчиця біла	3,91	71	37	91	199	15
Вика яра	5,64	126	46	158	330	25
Гірчиця біла + вика яра	5,06	103	46	130	279	21
Редька олійна + вика яра	6,88	141	75	226	442	34

Аналіз рослин редьки олійної показав, що в її зеленій масі в перерахунку на абсолютно суху речовину містилось в середньому азоту 2,10 %, фосфору – 1,54 і калію –3,88 %, а в корінні – 1,47; 0,97; 3,56 %. При заробці посівів редьки олійної в ґрунт поступало 5,48 т/га органічної маси, що еквівалентно внесенню 29 т/га гною. Аналогічні результати забезпечує і вироснування вики ярої, а найкращі показники забезпечує їх вироснування в суміщі.

Отже, максимальний урожай сидеральної маси в усі роки досліджень формувался при вироснуванні редьки олійної у суміщі з викою ярою, проте насінництво вики ярої і використання її насіння в сумішах значно підвищують собівартість зеленої маси. Тому, самою оптимальною культурою для використання на зелене добриво в умовах північного Степу можна вважати – редьку олійну (*Raphanus sativus* L.).

Ефективність застосування сидерального пару підтверджується дослідями Єрастівської дослідної станції: в удобрених посівах урожайність пшениці озимої по сидеральному пару за сприятливого режиму волого забезпечення лише на 5–9 % менша за її урожайність по чорному пару, який вважається найбільш сприятливим попередником для цієї культури. (Але в несприятливі

роки ця різниця може сягати 20–25 %). Цікаво, що в середньому по всіх попередниках урожайність пшениці на фоні органо-мінеральної та мінеральної систем удобрення майже не відрізнялась між собою, а в разі органічної системи була меншою лише на 8–11 %, що свідчить на користь впровадження ефективніших в плані відновлення родючості ґрунту органічної і органо-мінеральної систем (табл. 4).

Таблиця 4

Урожайність озимої пшениці залежно від попередників та системи удобрення в сівозміні, т/га, (середнє за 2016–2020 рр.)

Попередники	Система удобрення ґрунту в сівозміні			
	без добрив	органічна	органомінеральна	мінеральна
Чорний пар	4,84	5,07	5,63	5,69
Зайнятий пар	3,94	4,51	5,00	4,94
Горох	4,02	4,30	4,72	4,84
Люцерна	3,98	4,28	4,71	4,77
Сидеральний пар	3,78	4,01	4,31	4,39

Як було зазначено вище, внаслідок інтенсивної експлуатації ґрунт поступово втрачає родючість, погіршуються його агрофізичні та агрохімічні показники, посилюються явища ґрунтової ерозії, інтенсифікуються ерозійні процеси. Тому для поповнення запасів органічної речовини ґрунту важливо повною мірою використовувати всі наявні можливості її відновлення, зокрема, застосовувати загортання побічної продукції вирощуваних культур.

Позитивний ефект від такого збагачення ґрунту елементами живлення у поєднанні з ґрунтозберезним мульчувальним обробітком демонструють результати багаторічних дослідів, що проводились в ДУ Інститут зернових культур на базі ДП ДГ «Дніпро». Ґрунт – чорнозем звичайний важко-суглинковий, вміст гумусу в орному шарі – 4,2 %. За рівнем агрохімічної забезпеченості чорнозем на стаціонарній ділянці відноситься до середнього та підвищеного класу: нітратний азот – 21 мг/кг сухого ґрунту, рухомих сполук фосфору і калію відповідно – 145 та 115 мг/кг.

У коротко-ротаційній сівозміні: чистий пар – пшениця озима – сояшник – ячмінь ярий – кукурудза на зерно досліджувалась ефективність базових агроприймів, спрямованих на підвищення продуктивності виробництва і відновлення родючості чорнозему: порівню-

валась ефективність полицевого, диференційованого та мульчувального основного обробітку ґрунту на трьох фонах живлення: без добрив + рослинні (пожнивні) рештки; $N_{30}P_{30}K_{30}$ + рослинні рештки; $N_{60}P_{30}K_{30}$ + рослинні рештки. Пожнивні рештки вирощуваних культур рівномірно розподілялись по поверхні поля з метою упередження ерозійних процесів, покращання вологозабезпеченості культурних рослин і підвищення родючості ґрунту.

У результаті доведена доцільність застосування мульчувальної системи обробітку ґрунту із залученням чизельних, плоскорізних і дискових знарядь (табл. 5). Так, на підвищеному агрофоні рівень урожайності всіх культур сівозміни відрізнявся незначно (в межах помилки досліду), але по економічних показниках (прибутковості і рентабельності виробництва) мульчувальна система переважає ефективність щорічної зяблевої оранки. На мульчувальному фоні найбільш ефективною виявилась органо-мінеральна система удобрення (побічна продукція + $N_{60}P_{30}K_{30}$), яка зумовлює як суттєве покращання поживного режиму ґрунту, так і підвищення продуктивності вирощуваних культур.

Таблиця 5

**Урожайність культур зерно-паропросапної сівозміни,
т/га (середнє за 2006–2015 рр.)**

Система обробітку ґрунту	Система удобрення ґрунту	Культури сівозміни			
		пшениця озима	ячмінь ярий	кукурудза на зерно	соляшник
Полицева	без добрив	5,24	2,69	4,88	2,35
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	5,52	3,12	5,33	2,51
	$N_{60}P_{30}K_{30}$	5,50	3,35	5,60	2,64
Диференційована	без добрив	5,17	2,35	4,83	2,22
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	5,55	2,92	5,29	2,53
	$N_{60}P_{30}K_{30}$	5,60	3,32	5,56	2,67
Мульчувальна	без добрив	5,04	2,21	4,81	2,28
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	5,37	2,76	5,28	2,57
	$N_{60}P_{30}K_{30}$	5,52	3,16	5,62	2,72

Серед досліджуваних способів утримання чистого пару перевагу мали технологічні схеми, що забезпечують суцільне екранування поверхні поля подрібненими рослинними рештками попередника та проведення мілкого дискового (восени) чи плоскорізного (навесні) обробітку ґрунту. За середньої урожайності пшениці озимої 5,52–5,60 т/га вони забезпечують, порівняно з оранкою,

економію пального (22–29 л/га) і коштів (664–1257 грн./га) при рентабельності 110–123 %.

Таким чином, застосування елементів біологізації землеробства сприяють поліпшенню умов живлення культурних рослин, підвищенню родючості ґрунту, збільшенню продуктивності ріллі та позитивно впливають на стан довкілля та здоров'я людей, що в цілому і забезпечує продовольчу та екологічну безпеку держави та досягнення збалансованого природокористування в аграрному виробництві. Досвід розвинених країн свідчить, що це економічно вигідний шлях розвитку, тому біологізація землеробства в Україні має стати важливим напрямком розвитку агропромислового комплексу.

2. Регулювання поживного режиму та вибір обробітку ґрунту – засіб досягнення високої продуктивності і екологічної безпеки в агроценозах

В умовах стрімкого зростання інтенсивності землеробства на основі максимальної експлуатації екологічних ресурсів і потенціалу урожайності сільськогосподарських культур на систему добрив покладаються дуже важливі функції – підвищення продуктивності виробництва, збереження родючості ґрунтів, підвищення екологічної безпеки довкілля. При цьому посилення використання потужної енерго-насиченої техніки, засобів хімізації і високопродуктивних сортів все більше потребує організації системних заходів щодо поліпшення поживного режиму ґрунтів одночасно із заходами по їх захисту від негативних наслідків антропогенного впливу.

За останні 100 років процеси втрати переважали процеси відновлення родючості ґрунтів залежно від стадії розвитку матеріальної бази землеробства і технологічних можливостей аграрного виробництва. На початку XX століття це перехід до механізованого обробітку ґрунту, в другій половині – тотальна полицева оранка і сучасний режим експлуатації чорноземів зі значним дефіцитом внесення як мінеральних, так і органічних добрив та високим рівнем відчуження поживних речовин з урожаєм. А це є небезпечними явищами, що не сприяють підтриманню високої якості агрохімічного та агрофізичного стану ґрунтів.

Сьогодні чорноземи ще мають достатній запас елементів живлення, який здатний підтримувати високий рівень урожайності сільськогосподарських культур. Але щоб подолати тенденцію до

зростаючого дефіциту поживних речовин важливо розробити фундаментальну модель кругообігу ресурсів в різних агросистемах.

Стаціонарні польові досліді відкривають широкі можливості для формування теорії трансформації родючості ґрунтів, розробки технологічних моделей її підтримання в сівозмінах, створення умов для бездефіцитного балансу поживних речовин в агробіоценозах та прогнозування шляхів подальшого розвитку агроєкосистем.

Головними факторами регулювання вмісту поживних речовин в ґрунті є застосування різних видів добрив, взаємовплив сільсько-господарських культур в сівозміні, способи механічного перемішування сипких добрив в ґрунті та тривалість регулярного поповнення ґрунту діючою речовиною азоту, фосфору, калію та інших поживних елементів [9, с. 43].

Результати дослідів, проведених в 5-пільній сівозміні (чорний пар – пшениця озима – сояшник – ячмінь ярий – кукурудза на зерно) стаціонарного досліді ДУ інститут зернових культур дозволяє визначити реальну ефективність технологічних прийомів з урахуванням комплексної просторово-часової взаємодії факторів.

Досліді проводили на базі ДП ДГ «Дніпро» протягом 2009–2019 рр. Ґрунт – чорнозем звичайний важко-суглинковий, вміст гумусу в орному шарі – 4,2 %, щільність протягом вегетації коливалась в межах 1,18–1,34 г/см³, твердість – 13,4–36,0 кг/см². Вміст макроелементів в орному шарі ґрунту: нітратний азот – 21 мг/кг сухого ґрунту, рухомий фосфор – 142 мг та обмінний калій – 187 мг. Ґрунтовий агрохімічний контроль в сівозміні було розпочато в 2009 році, після повної закладки досліді, що дозволило отримати стартові показники та коректно проводити порівняння результатів подальших досліджень.

В стаціонарному досліді вивчали системне застосування різних способів основного обробітку ґрунту (оранка полицевим плугом на глибину 25–27 см, безполицевий обробіток чизелем на 10–14 см, мілкий обробіток важкою дисковою бороною на 10–12 см) та їх вплив на поживний режим та особливості концентрації поживних елементів в орному шарі ґрунту.

Вихідні показники агрохімічного стану ґрунт сівозміні характеризувались значною різницею залежно від впливу вирощуваних культур та способів основного обробітку ґрунту. Так, показники вмісту азоту в орному шарі неудобраних посівів коливалися в межах від 8,9 до 15,6 мг/кг сухого ґрунту, рухомого фосфору від 127 до 168 мг/кг, обмінного калію від 99 до 156 мг/кг (табл. 6).

Таблиця 6

Вміст основних елементів живлення в неудобреному ґрунті сівозміни (шар ґрунту 0–30 см) залежно від вирощуваної культури і способів обробітку у 2009 р., мг/кг

Культура	Способи обробітку ґрунту								
	оранка			чизельний			дисковий		
	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пар чорний	14,6	168	156	11,9	166	154	11,3	164	153
Пшениця озима	9,2	138	124	8,6	137	122	8,9	142	115
Соняшник	12,1	137	112	10,2	136	101	9,9	133	99
Ячмінь ярий	15,6	127	152	13,6	117	145	12,4	112	129
Кукурудза на зерно	15,2	140	143	13,2	133	142	13,6	125	131

На вміст запасів поживних елементів в ґрунті впливали сільськогосподарські культури, які характеризувались різними обсягами виносу елементів живлення з урожаєм, особливостями вологоспоживання і рівня мобілізації або консервації основних елементів живлення. Найвищий рівень мобілізації елементів живлення спостерігався в умовах парового поля, де агрохімічні показники становили на фоні оранки: N – 14,6 мг/кг, P – 168 мг/кг і K – 156 мг/кг. Мінімальні показники вмісту доступних форм азоту, фосфору і калію були зафіксовані на посівах пшениці озимої (N – 9,2 мг/кг, P – 138 мг/кг, K – 124 мг/кг) як наслідок високого виносу зольних елементів у фазі формування зерна цієї культури та в результаті зневоднення ґрунту і припинення мікробіологічних процесів. Відновлення концентрації NPK в орному шарі до рівня, характерного для чорнозему дослідної ділянки без застосування мінеральних добрив, відбувалося в полі ярого ячменю і кукурудзи на зерно. Аналогічна тенденція щодо впливу сільськогосподарських культур на розподіл рівня вмісту основних елементів живлення в сівозміні повторювалась також на фоні чизельного обробітку та мілкого дискування.

В той же час спостерігався і інший вектор трансформації показників вмісту NPK, пов'язаний з інтенсивністю обробітку ґрунту. Погіршення умов аерації орного шару після проведення чизельного і мілкого обробітку супроводжувалось зниженням показників вмісту основних елементів живлення в 0–30 см шарі чорнозему. В різному ступені явище погіршення живлення відмічалось у всіх полях сівозміни внаслідок зменшення механічного

переміщення ґрунту. На прикладі кукурудзи на зерно досить чітко видно, що з переходом від полицевої оранки до чизельного розпушення і мілкового дискування вміст азоту в шарі 0–30 см знижувався на 1,6–2,0 мг/кг, фосфору на 7–15 мг/кг та калію на 1–12 мг/кг.

Спосіб обробітку ґрунту виступає досить важливим регулятором позиційного розподілу у вертикальному розрізі поживних речовин. Навіть за відсутності внесення мінеральних добрив ґрунтозахисні безполицеві способи основного обробітку викликають більш помітну диференціацію орного шару за агрохімічними показниками. Порівняльний аналіз показав, що в шарі ґрунту 0–10 см на фоні полицевої оранки концентрація азоту становила 16,5 мг/кг, а вже при проведенні мілкового дискування в шарі 21–30 см вміст цього елемента знижувався до 12,1 мг/кг. За аналогічною порівняльною схемою вміст фосфору на мілкому обробітку знижувався на 60 мг/кг, а калію відповідно на 56 мг/кг. В межах мілкового дискування диференціація орного шару ґрунту за вмістом фосфору і калію проявлялася в тому, що з поглибленням обробітку вміст цих елементів знижувався на 33–39 %.

Таким чином, на початковій стадії закладання польового стаціонарного дослідів агрохімічний фон кожного поля сівозміни формувався на основі природних ресурсів чорнозему звичайного, біологічних і технологічних особливостей культур сівозміни та способів основного обробітку ґрунту. Чизельне розпушення та мілкий дисковий обробіток без обертання скиби і вертикального переміщення ґрунтової маси посилював диференціацію ріллі за вмістом основних елементів живлення, що негативно позначилося на урожайності сільськогосподарських культур.

Застосування мінеральних добрив на початку освоєння сівозміни суттєво позначилося на агрохімічному фоні ґрунту під посівами різних культур сівозміни. Але виявлені закономірності щодо змін показників вмісту поживних елементів залежно від вирощуваної культури і способів основного обробітку мали аналогічні характеристики з варіантом без добрив. Тобто мінімізація обробітку ґрунту супроводжувалась зниженням вмісту азоту, фосфору і калію в орному шарі, а також сприяла посиленню диференціації ґрунту на агрогоризонти з різною концентрацією елементів живлення (табл. 7).

При внесенні під культури сівозміни $N_{45}P_{45}K_{45}$ коливання між максимальними і мінімальними показниками вмісту азоту

відбувалось в межах 11,5–27,7 мг/кг, що перевищувало показники неудобраних ділянок на 3,1–11,1 мг/кг.

При вирощуванні соняшнику внесення мінеральних добрив забезпечило зростання вмісту в 0–30 см шарі ґрунту на фоні оранки (порівняно з варіантом без застосування добрив): сполук азоту на 8,6 мг/кг, фосфору – на 27 мг/кг, калію – на 26 мг/кг. При цьому внаслідок того, що вміст рухомих форм фосфору і калію на порядок вище, ніж азоту, внесення мінеральних добрив дозою $N_{45}P_{45}K_{45}$ більш радикально впливало на зростання вмісту азоту – на 31,5 %. Аналогічні зміни характерні і для ґрунту під іншими культурами сівозміни.

Таблиця 7

Вміст основних елементів живлення на фоні внесення $N_{45}P_{45}K_{45}$ в ґрунті сівозміни (шар ґрунту 0–30 см) залежно від вирощуваної культури і способів обробітку у 2009 р., мг/кг

Культура	Способи обробітку ґрунту								
	оранка			чизельний			дисковий		
	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пар чорний	23,2	171	176	21,5	160	165	20,9	153	160
Пшениця озима	22,8	160	163	20,4	147	150	19,6	142	149
Соняшник	20,7	164	138	20,1	155	136	20,1	160	131
Ячмінь ярий	21,6	158	142	19,4	140	144	18,6	125	132
Кукурудза на зерно	21,6	161	155	20,6	130	147	19,7	138	141

Базові агрохімічні показники продовжували трансформуватись в контрольованих агротехнологічних умовах протягом двох наступних ротацій сівозміни (табл. 8, 9). Приведені дані свідчать про те, що вирощування культур сівозміни на неудобреному ґрунті за 10 років привело до зниження вмісту основних елементів живлення у ґрунті фактично всіх культур на фоні всіх досліджуваних обробітків. Підтвердилась закономірність щодо зниження вмісту поживних елементів в орному шарі ґрунту зі зменшенням глибини обробітку.

Поряд із зниженням загальних показників вмісту основних елементів живлення, зокрема, на фоні безполицевих способів обро-

бітку тут спостерігалось поглиблення диференціації орного шару за агрохімічними ознаками. Так, в ґрунті під посівами озимої пшениці при проведенні полицевої оранки вміст азоту в шарі 20–30 см порівняно з верхнім шаром 0–10 см знижувався на 22,5 %, а на фоні мілкої дискової обробітку ця різниця зростала до 40,3 %.

Таблиця 8

Вплив на вміст основних елементів живлення в неудобреному ґрунті сівозміни (шар ґрунту 0–30 см) вирощуваних культур сівозміни і способів обробітку у 2009 р., мг/кг

Культура	Способи обробітку ґрунту								
	оранка			чизельний			дисковий		
	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пар чорний	13,3	155,7	141,7	9,9	149,7	136,7	8,3	146,3	136
Пшениця озима	7,5	123	107,7	5,9	119,3	105,3	5,2	123,3	95,3
Соняшник	10,8	121,7	94,7	8,2	118,7	83,7	6,6	113,7	80
Ячмінь ярий	13,9	113,7	136,3	11,3	98,3	130,3	9,1	93,3	109
Кукурудза на зерно	13,2	115	127	11,2	115,3	125,3	11,6	106,3	112

Таблиця 9

Вплив на вміст основних елементів живлення при внесенні N₄₅P₄₅K₄₅ в ґрунт сівозміни (шар ґрунту 0–30 см) залежно від вирощуваної культури і способів обробітку у 2019 р., мг/кг

Культура	Способи обробітку ґрунту								
	оранка			чизельний			дисковий		
	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пар чорний	24,9	181	182	23,5	169,3	174,7	22,9	162,3	169,3
Пшениця озима	24,1	169,3	173,3	21,7	156,3	158,3	20,9	150,7	157,7
Соняшник	22,4	173,7	147,3	21,4	164	144,7	21,8	170,7	141
Ячмінь ярий	22,9	168	151,3	21,1	149,3	153,3	20,3	134	140,7
Кукурудза на зерно	23,6	171	164,3	22,6	139	156,3	56,2	147,7	150

Застосування мінеральних добрив в сівозміні сприяє підвищенню забезпеченості всіх сільськогосподарських культур елементами

живлення, а в процесі систематичного поповнення запасів зольних елементів у ґрунті відбувається вирівнювання агрохімічних показників в різних полях сівозміни. Подібне явище викликане наближенням балансу виносу елементів живлення культурами і обсягів застосування добрив до зрівноваженого стану, незмінністю культур в сівозміні та однотипністю механічного впливу на ґрунт в межах окремих способів обробітку.

Підтвердженням цього наукового положення є показники вмісту у 0–30 см шарі ґрунту азоту, які знаходяться у вузькому коридорі 20,7–23,2 мг/кг з дисперсією до 10 %, в той же час як на фоні без внесення добрив розбіжність між показниками досягала 44 %. В даній ситуації можна говорити про те, що застосування мінеральних добрив при послідовному чергуванні культур в сівозміні виступає фактором стабілізації агрохімічних показників і родючості ґрунтів.

Розподіл рухомого фосфору в 0–30 см шарі ґрунту характеризувався аналогічними тенденціями. За відсутності удобрення вміст фосфору знижувався з 127 до 113 мг/кг та зростав з 164 до 174 мг/кг на фоні регулярного внесення $N_{45}P_{45}K_{45}$.

Таким чином, завдяки високій природній буферності чорноземи характеризуються достатнім консерватизмом щодо мінливості агрохімічних показників під впливом різних агроприйомів, в тому числі і застосування мінеральних добрив в процесі багаторічного використання ґрунтів. На сьогодні існує дві основні причини, які не дозволяють встановити точну корелятивну залежність в балансі поживних речовин у ґрунті. По-перше, це відсутність об'єктивної адекватності між агрохімічними показниками та ідентичністю засвоєння зольних елементів рослинами. По-друге, недостатня вивченість процесів трансформації поживних речовин з валових запасів у ґрунті в доступні форми і навпаки. Про значні диспропорції в методології агрохімічного аналізу свідчать суттєві розбіжності між величинами цих показників. Наприклад, вміст доступних форм фосфору і калію на порядок вище, ніж азоту, в той час як винос азоту рослинами, як правило, в 2–3 рази вище за винос фосфору і калію.

Ефективність мінеральних добрив залежить не тільки від вмісту поживних елементів у ґрунті, але і від того, наскільки вони суміщаються з активними зонами кореневої системи рослин. У цьому випадку важливого значення набувають способи основного обробітку ґрунту, які регулюють позиційне розміщення в орному шарі як добрив, так і кореневої маси рослин.

При впровадженні ґрунтозахисних способів обробітку без обертання скиби та мілкого розпушування проявлялися процеси поглиблення диференціації орного шару за вмістом поживних речовин. Переконливим прикладом у цьому контексті є порівняння вмісту NPK на фоні полицевої оранки і мілкого дискування при регулярному внесенні мінеральних добрив протягом 10 років. Якщо оранка забезпечувала рівномірний вертикальний розподіл поживних речовин, при якому вміст рухомого фосфору в шарі ґрунту 0–10 см у посівах кукурудзи становив 206 мг/кг, то в шарі 20–30 см – 148 мг/кг. За мілкого дискового обробітку у верхньому шарі концентрація фосфору була меншою на 11 мг/кг, а у нижньому – на 30 мг/кг порівняно з оранкою.

Показовим прикладом впливу оранки на більш глибоке проникнення добрив в ґрунт є динаміка вмісту фосфору в шарі 20–30 см залежно від способу обробітку в посівах кукурудзи. Так, за систематичного внесення добрив на фоні оранки порівняно з неудобреними варіантами в шарі ґрунту 20–30 см він зростав на 59 мг/кг, а при мілкому обробітку – лише на 3 мг/кг. Тобто, глибока оранка більш активно включала в кругообіг поживні елементи ґрунту.

Таким чином, в процесі досліджень встановлено, що агрохімічні показники чорнозему звичайного знаходились під комплексним впливом організаційних і технологічних прийомів. Систематичне внесення мінеральних добрив нормою $N_{45}P_{45}K_{45}$ під культури сівозміни супроводжувалось збільшенням вмісту азоту, фосфору і калію на всіх фонах основного обробітку ґрунту в кожному з полів зерно-паро-просапної сівозміни. Вирощування сільськогосподарських культур в сівозміні без компенсації вносу поживних речовин урожаєм приводить до зниження вмісту основних елементів живлення в ґрунті на 9–30 %. Незмінне використання безполицевих способів обробітку ґрунту викликає посилення диференціації орного шару за агрохімічними параметрами з підвищенням концентрації у верхній частині орного шару. При значній мінливості показників вмісту азоту, фосфору і калію в ґрунті під впливом комплексу агротехнологічних заходів чорнозем звичайний відрізнявся достатньо високою буферністю і здатністю підтримувати високий рівень урожайності культур в сівозміні.

В землеробстві України в останні 20–30 років спостерігається значний дефіцит мінеральних і особливо органічних добрив. Тому, виходячи з даних реальних ресурсних обставин, важливо визна-

чити комплекс агротехнологічних елементів, які здатні оптимізувати як умови живлення рослин, так і забезпечити збереження рівня родючості ґрунту.

Сьогодні при вирішенні питань раціонального природокористування і підвищення ефективності використання агроценозів надзвичайно актуальним є питання трансформації рослинних решток в гумусові речовини, швидкість процесів гуміфікації в різних локаціях профілю орного шару, ступінь її диференціації за вмістом гумусу. Важливим є також питання закономірностей накопичення гумусу в ґрунті під впливом різних способів обробітку ґрунту: мілкої обробітку без обертання скиби, або оранки, яка забезпечує інтенсивне обертання скиби разом з біорештками вирощуваних культур.

Рівень гумусованості чорнозему, з одного боку, є досить стабільним показником, а з іншого він здатний змінюватись під впливом агротехнологічних заходів. Як встановлено нами, природна буферність гумусових сполук дозволяла утримувати показники вмісту гумусу в орному шарі у достатньо вузькому діапазоні 4,21–4,39 %, не зважаючи на вплив добрив і обробітку ґрунту протягом 8 років контролювання режиму родючості (табл. 10).

Таблиця 10

Вплив обробітку ґрунту і добрив на вміст гумусу у сівозміні, %

Добрива	Обробіток ґрунту	Шари ґрунту, см			
		0–10	10–20	20–30	0–30
2009 рік					
Без добрив	оранка	4,43	4,22	3,98	4,21
	мілкий	4,42	4,24	4,05	4,24
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	оранка	4,62	4,18	3,93	4,24
	мілкий	4,62	4,25	4,00	4,29
2019 рік					
Без добрив	оранка	4,45	4,22	4,05	4,26
	мілкий	4,51	4,34	4,08	4,31
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	оранка	4,66	4,33	4,06	4,35
	мілкий	4,70	4,42	4,05	4,39

Проте, в розрізі окремих шарів залежно від інтенсивності обробітку ґрунту і застосування добрив процеси трансформації показників вмісту гумусу проявляються більш активно, що свідчить про значну регулятивну роль агроприймів. Максимуму різниці

вмісту гумусу досягала на фоні дискового обробітку при внесенні $N_{45}P_{45}K_{45}$ між шарами ґрунту 0–10 см – 4,7 % і 20–30 см, де вміст гумусу знижувався до 4,05 %, або на 0,65 %.

Регулярне використання біорешток попередніх культур в сівозміні виявилось одним з найважливіших факторів стабілізації гумусового балансу в ґрунті. Введення у кругообіг до 14–16 т/га рослинних решток за ротацію сівозміни сприяло зростанню вмісту гумусу як на фоні внесення, так і без застосування добрив на фоні дискового обробітку на 0,5–0,7 %, а на фоні оранки на 0,3–0,5 %. Таким чином, орний шар ґрунту за умов акумуляції біорешток, продукуваних вирощуваними культурами, забезпечує стійку тенденцію до збільшення вмісту гумусу, що сприяє збереженню рівня родючості. Розподіл надземних біорешток та відмерлої кореневої системи рослин в орному шарі ґрунту забезпечував зростання показників вмісту гумусу по всьому профілю ріллі. Найбільш активно процеси гуміфікації проходили у верхньому 0–10 см шарі, де вміст гумусу сягав 4,45–4,70 %. В менш активному 0–30 см шарі – збільшився до 4,05–4,08 % як на фоні полицевої оранки, так і мілкого обробітку.

Тисячолітнє формування чорнозему відбувалось перш за все за рахунок сезонного відмирання біомаси рослин і перемішування її з мінеральною породою. Тому навіть часткове повернення в ґрунт біомаси попередників сприятливо впливає на баланс гумусу. Загалом, на відновлення балансу гумусу наявність біомаси сільськогосподарських культур впливає більше, ніж способи обробітку ґрунту.

Вміст поживних речовин в ґрунті безпосередньо впливає на формування урожаю вирощуваних культур. Про достатньо тісну залежність урожаю від агрохімічних показників свідчать показники урожайності культур сівозміни. Поряд із загальним рівнем забезпеченості основними елементами живлення сільськогосподарські культури чутливо реагували і на спосіб обробітку ґрунту. Більш рівномірний розподіл мінеральних добрив в орному шарі на фоні полицевої оранки забезпечив одержання вищого урожаю з використанням $N_{45}P_{45}K_{45}$, який досяг у кукурудзи 6,55 т/га; у пшениці – 5,27; у ячменю – 2,94; у соняшника – 3,07 т/га. В той час як на фоні мілкого дискового обробітку урожайність зменшилась відповідно до 6,09; 4,91; 2,52; 2,60 т/га. Аналогічна закономірність щодо зниження урожайності була характерною при проведенні чизельного обробітку, урожайні дані вирощуваних культур

займали проміжне положення між оранкою і дисковим обробітком: 6,22; 5,05; 2,71; 2,75 т/га відповідно.

Таким чином, рівень забезпеченості агробіоценозів основними елементами живлення значною мірою залежить від комплексу факторів: інтенсивності їх засвоєння сільськогосподарськими культурами, обсягів внесення мінеральних добрив і побічної рослинної продукції та способів обробітку ґрунту, що слід враховувати, розраховуючи системи удобрення і обробітку ґрунту в сівозміні.

3. Оптимізація режиму волого-забезпечення – резерв підвищення виробництва в аграрному секторі і покращення екологічного стану довкілля

Вода – один з найважливіших структурних елементів рослин, що бере участь у процесі фотосинтезу і синтезу органічних речовин, підтримує тургор клітин, запобігає перегріванню рослин, сприяє розчиненню поживних речовин і переміщенню їх з ґрунту в рослину. Її вміст у надземній частині коливається в межах 70–96 %. Тому ґрунтова волога є незамінним чинником в забезпеченні процесів росту, розвитку і формування урожаю рослин, а нормальне волого-забезпечення посівів є найважливішою умовою життя рослин.

Для ґрунтів степової зони характерний непромивний режим, при якому поповнення ґрунтів водою відбувається за рахунок атмосферних опадів без наскрізного промочування. Природна волого-зарядка відбувається переважно восени та взимку. Оподи весняно-літнього періоду значно поступаються сумарній витраті вологи на споживання рослинами і фізичне випаровування. Рослини потерпають від нестачі вологи або від посухи, що веде до негативних змін у фізіологічних процесах, порушення обміну речовин. Захищаючись від таких явищ, рослини перебудовують свій організм на функціонування в режимі економічного споживання води, але при цьому відбувається зниження продуктивності. Продуктивність сільськогосподарських культур знаходиться в прямо-пропорційній залежності від їх вологозабезпеченості, тому регулювання водного режиму – важливе завдання для сучасного аграрного виробництва. [10, с. 111; 11, с. 123].

В умовах посушливого клімату саме нестача вологи є фактором, що обмежує зростання рівня урожаю польових культур. Для умов степової зони, яка відноситься до територій дефіцитного забез-

печення волого-ресурсами, актуальність проблеми посушливого клімату ніколи не знімалася з черги денної. На фоні глобального потепління клімату, яке призвело до підвищення середньорічної температури в степовій зоні за останні 20 років на 1,6 °C і непередбачуваності гідротермічних характеристик протягом року, важливого значення набуває удосконалення агротехнологій в напрямку ефективного використання акумулятивних та консервуючих властивостей агроценозів.

У структурі факторів, які визначають рівень продуктивності ріллі, забезпеченості вологою належить 45–60 %. У проблемі оптимального використання ресурсів вологи існує ще багато не використаних резервів. Так, якщо в умовах посушливого Степу України на виробництві на формування 1 т зерна використовується 800–1000 м³, то в США за аналогічних кліматичних умов коефіцієнт волого-споживання складає рекордні 280 м³.

Це свідчить про те, що в окремих технологічних і організаційних складових землеробство не досить адекватно реагує на зміни клімату та не повною мірою використовує можливості технічної і хімічної модернізації аграрного виробництва, пов'язані з волого-збереженням та балансовим обігом води в агросистемах.

Масштаби непродуктивної втрати вологи можна скоротити на 30–40 % за рахунок зменшення забур'яненості посівів, зниження ерозійного стоку, покращання інфільтраційних властивостей ґрунту, зменшення випаровування вологи з поверхні поля, добору адаптивних технологій і сортів.

В цьому комплексі питань чи не найголовніша – водорегулююча – роль належить сівозмінам і основному обробітку ґрунту.

В дослідженнях науковців ДУ Інститут зернових культур досліджувались шляхи оптимізації рівня волого-забезпечення культур зерно-просапної сівозміни на основі застосування різних способів обробітку ґрунту, які сприяють ефективному накопиченню запасів ґрунтової вологи та продуктивному використанню її сільсько-господарськими культурами.

Польові стаціонарні досліді проводили в зоні північного Степу протягом 2015–2018 рр. на ділянці з чорноземом звичайним, в якому вміст гумусу в орному шарі становив 3,98 %, щільність коливалась в межах 1,18–1,34 г/см³, а твердість – 13,4–36,0 кг/см². Вміст основних поживних елементів наступний: нітратний азот – 21 мг/кг сухого ґрунту, рухомий фосфор – 142 мг/кг та обмінний калій – 187 мг/кг. Дослідження проводились в 5-пільній сівозміні

горох – пшениця озима – соняшник – ячмінь ярий – кукурудза на зерно, де вивчали особливості застосування різних способів основного обробітку ґрунту (оранка полицевим плугом на глибину 25–27 см, безполицевий обробіток чизелем на 10–14 см, мілкий обробіток важкою дисковою бороною на 10–12 см, використання сівалки прямої сівби для системи No-till) та їх вплив на динаміку накопичення і втрати вологи, її запаси в ґрунті посівів всіх культур сівозміни та загальний баланс вологи забезпечення.

За активний волого-накопичувальний період з початку сівби озимих культур до відновлення весняної вегетації запаси продуктивної вологи в ґрунті досягали своїх максимальних показників. Запаси продуктивної вологи в ґрунті на початку вегетаційного періоду характеризують роль попередників, обробітку ґрунту та його волого-накопичувальні властивості.

Нашими дослідженнями доведено, що величина урожайності ранніх зернових культур на 50–60 % залежить від вихідних запасів ґрунтової вологи і на 40–50 % від кількості опадів під час вегетації. Для посівів пізніх культур значення дощів протягом вегетації зростає до 55–70 %. При цьому важливість запасів ґрунтової вологи закономірно зростала в посушливі роки.

Діапазон показників запасів продуктивної вологи в шарі ґрунту 0–150 см залежно від місця культур в сівозміні і основного обробітку ґрунту становив 169–191 см. Такий незначний рівень коливання запасів продуктивної вологи в ґрунті свідчить про те, що процеси акумуляції вологи були спрямовані на вирівнювання цього показника на різних агросистемних фонах (табл. 11). Розподіл вологи в ґрунтовому профілі характеризувався тим, що переважна частина вологи зосереджувалася в 50–100 см шарі і дещо нижчою (на 6–10 мм) була в глибших шарах 100–150 см.

В посівах всіх культур сівозміни проявлялась тенденція щодо зниження обсягів накопичення вологи одночасно із зменшенням глибини основного обробітку ґрунту. Так, наприклад, якщо на глибокій оранці і чизельному обробітку максимальні запаси вологи досягали 188–191 мм, то на мілкому дисковому і прямій сівбі вони знижувались до 179–186 мм. З точки зору впливу різних способів обробітку ґрунту на волого-накопичення одним з важливих факторів є щільність та глибина первинного акумулятивного шару, або, простіше, об'єм розпушеного ґрунту.

Рівень волого-споживання та характер використання вологи культурами попередниками також впливав на весняні запаси продуктивної вологи в період сівби наступних культур сівозміни. Великі

обсяги використання вологи пізніми культурами, такими як кукурудза на зерно і соняшник, а також інтенсивна транспірація включно до першої декади серпня, обумовили неможливість повного відновлення запасів ґрунтової вологи до рівня польової вологоємності.

Таблиця 11

Запаси продуктивної вологи при сівбі ранніх ярих культур залежно від попередників і способів обробітку ґрунту, мм (середнє за 2015–2018 рр.)

Культури	Шар ґрунту, см	Спосіб обробітку ґрунту			
		оранка	чизельний	мілкий дисковий	No-till
Горох	0–50	64	65	63	60
	0–100	136	138	130	127
	0–150	180	181	175	169
Пшениця озима	0–50	68	68	65	63
	0–100	144	143	138	133
	0–150	191	190	186	180
Соняшник	0–50	67	66	65	62
	0–100	141	142	136	132
	0–150	187	188	184	179
Ячмінь ярий	0–50	62	64	60	59
	0–100	134	135	128	124
	0–150	184	185	178	173
Кукурудза на зерно	0–50	67	68	65	62
	0–100	142	143	137	132
	0–150	188	189	182	179

Примітка: $НР_{0,05}$ для шару ґрунту 0–50 см – 2,6 мм ; для шару ґрунту 0–100 см – 4,1 мм; для шару ґрунту 0–150 см – 5,7 мм

В той же час, завершення періоду максимального водоспоживання у ранніх зернових культур наставав набагато раніше – в кінці другої декади червня. Тобто в цей період агроценоз ранньої групи культур переходив із стадії споживання вологи до стадії її накопичення. В результаті дії такого механізму регулювання волого-споживання запаси продуктивної вологи перед сівбою озимої пшениці, соняшнику і кукурудзи на зерно (після гороху, пшениці озимої, ячменю ярого) були вищими і становили 187–191 мм. Після пізніх культур перед сівбою гороху, ярого ячменю вихідні запаси вологи були дещо меншими – 180–184 мм.

Показники залишкової кількості вологи в ґрунті після завершення вегетації сільськогосподарських культур характеризують не тільки

обсяги використання води рослинами, але й обумовлюють необхідність вибору адекватної системи волого-зберігаючого обробітку ґрунту (табл. 12). На період сівби озимих культур визначення запасів вологи показало зниження їх вмісту в шарі ґрунту 0–150 см до 14–50 мм. При цьому на цей показник впливали як культури сівозміни, так і способи основного обробітку ґрунту, які залишалися визначальним фактором формування запасів вологи. Після всіх культур сівозміни найменші запаси продуктивної вологи в ґрунті залишалися при використанні системи No-till, а більшими запасами вологи вирізнялись ділянки, де застосовували оранку або чизельний обробіток. Перевагу тут мали культури, збирання яких припадає на більш ранні строки: горох, пшениця озима і ячмінь ярий, які залишали після себе на фоні чизельного обробітку 50–51 мм, а в системі No-till 42–45 мм вологи.

Таблиця 12

Вміст вологи в ґрунті посівів культур сівозміни в період сівби озимих культур, мм (середнє за 2015–2018 рр.)

Культури	Шар ґрунту, см	Спосіб обробітку ґрунту			
		оранка	чизельний	мілкий дисковий	No-till
Горох	0–50	26	24	22	20
	0–100	35	34	33	29
	0–150	52	50	47	43
Пшениця озима	0–50	28	27	25	22
	0–100	37	37	35	33
	0–150	54	51	48	45
Соняшник	0–50	19	18	17	15
	0–100	26	25	23	21
	0–150	38	36	34	32
Ячмінь. ярий	0–50	25	25	21	19
	0–100	34	35	30	30
	0–150	51	50	44	42
Кукурудза зерно	0–50	19	18	16	14
	0–100	25	24	23	20
	0–150	37	35	31	30

Примітка: НР_{0,05} для шару ґрунту 0–50 см – 1,4 мм ; для шару ґрунту 0–100 см – 2,8 мм; для шару ґрунту 0–150 см – 3,2 мм

Основний обробіток ґрунту в період проведення польових робіт протягом вегетації виконував дві функції: збереження вологи, яка

залишилася після збирання урожаю попередників, і акумуляція та накопичення опадів у передзимовий сезон. У прояві різних компенсаторних процесів волого-споживання – волого-накопичення перевагу в 4–7 мм мав глибокий обробіток – оранка, чизелювання.

Перевага обробленого на більшу глибину і краще розпушеного ґрунту формувалася за рахунок сумарного накопичувального ефекту, який вплинув на величину сформованого урожаю. Поступове зростання інтенсивності обробітку ґрунту від системи No-till до глибокої оранки супроводжувалось зростанням урожайності зерна кукурудзи з 5,36 т/га до 6,31 т/га, а ярого ячменю – з 2,22 до 2,75 т/га, аналогічно змінювалась урожайність пшениці озимої і соняшнику. Наші розрахунки свідчать про високий рівень кореляції між показниками вмісту продуктивної вологи в шарі ґрунту 0–150 см і урожайністю культур сівозміни (для кукурудзи $r = 0,73$; пшениці озимої – 0,68; ячменю ярого – 0,75; соняшнику – 0,71).

Висновки

Основне завдання сільського господарства – виробництво високоякісної конкурентоспроможної продукції за умови збереження родючості ґрунту. В аграрному секторі дієвими факторами для якісного виконання цих завдань є біологізація сівозміни шляхом введення до її складу одного-двох полів зернобобових культур, використання в якості органічного добрива поживних решток, сидеральних культур, інших джерел органічної речовини. В умовах степової зони ефективним прийомом збереження родючості ґрунту і підвищення біологізації землеробства виявилось зароблення в ґрунт поживних решток вирощуваних культур у поєднанні з мульчувальним обробітком ґрунту в сівозміні.

Рівень забезпеченості агробіоценозів основними елементами живлення залежить від комплексу факторів: інтенсивності їх засвоєння сільсько-господарськими культурами, обсягів внесення мінеральних добрив і побічної рослинної продукції та способів обробітку ґрунту. Більш глибокий обробіток з обертанням скиби забезпечує рівномірне розподілення внесених добрив по всьому профілю орного шару і підвищує урожай вирощуваних культур.

Основний обробіток ґрунту в період проведення польових робіт протягом вегетації виконує дві основні функції: збереження вологи, яка залишилася після збирання урожаю попередників, і акумуляція та накопичення опадів у передзимовий сезон. Обробіток ґрунту на

більшу глибину за рахунок сумарного накопичувального ефекту забезпечує краще волого-забезпечення рослин протягом вегетації і позитивно впливає на величину сформованого урожаю.

Список використаних джерел:

1. Булыгин С.Ю., Неаринг М.А. Формирование экологически сбалансированных агроландшафтов. – Харьков : Эней, 1999. 271 с.
2. Трускавецький Р.С. Основи управління родючістю ґрунтів / Р.С. Трускавецький, Ю. Л. Цапко. – Харків, 2016. 388 с.
3. Медведев В.В. Мониторинг почв Украины. Концепция, предварительные результаты, задачи /В. В. Медведев. – Харьков: Антика, 2003. 426 с.
4. Про стан родючості ґрунтів України: національна доповідь / С.А. Балюк, В.В. Медведев, О.Г. Тараріко та ін. К., 2010. 111 с.
5. Ґрунти України: властивості, генезис, менеджмент родючості: навч. посіб. / В. І. Купчик, В. В. Іваніна, Г. І. Нестеров, О. Л. Тонха; за ред. В. І. Купчика. – Київ: Кондор, 2010. 416 с.
6. Бойко П. І. Біологічна та екологічна роль сівозмін в землеробстві. К. : Знання, 1990. 148 с.
7. Смарт методи управління родючістю ґрунтів : навч. посіб. для аспірантів спеціальності 201 – Агрономія / Шевченко М.С., Десятник Л.М. Дніпро : ДУ ІЗК НААН, 2019. 176 с. URL: https://www.institut-zema.com/education/docs/silabusfahcom-netentions/navchalniy_posibnyk.pdf
8. Шевченко М.С., Десятник Л.М., Шапка В.П., Кохан А.В. Вплив елементів біологізації на продуктивність сівозмін та родючість ґрунту в Степу. *Бюл. Інституту сільського господарства степової зони*. Дніпро, 2016. № 11. С. 88–96.
9. Шевченко М.С. Гадзало Я.М., Заришняк А.С. Актуальні сівозміни: новий погляд на класику : монографія. Дніпро : ТОВ «Роял Прінт», 2017. 90 с.
10. Шевченко М., Десятник Л., Льоринець Ф., Шевченко С. Агросистемні методи регулювання волого-споживання в агроценозі. *Науковий журнал Зернові культури*. 2017. Т. 1. № 1. С. 119–123.
11. Шевченко І.П., Коломієць Л.П., Терещенко К.Є. Адаптивні системи землеробства і сучасні агротехнології – основа раціонального землекористування, збереження і відтворення родючості ґрунтів. Київ, 2013. 339 с.

РОЗДІЛ 8. АГРАРНА ЕКОНОМІКА І ПРОДОВОЛЬСТВО

DOI <https://doi.org/10.36059/978-966-397-240-4-24>

Аверчев О. В.

*доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри землеробства,
проректор з наукової роботи та міжнародної діяльності
Херсонський аграрно-економічний університет
м. Херсон*

Нікітенко М. П.

*здобувачка вищої освіти ступеня доктора філософії
2-го року денної форми навчання,
асистентка кафедри рослинництва та агроінженерії
Херсонський аграрно-економічний університет
м. Херсон*

АНАЛІЗ ВИРОБНИЦТВА ПРОСА В УКРАЇНІ

Анотація. Розглянуто біологічні особливості вирощування просо та природні умови глобальних змін клімату в Україні. Приділено увагу щодо внесення змін до технологій вирощування сільськогосподарських культур, в залежності від адаптації до показників вологості та температурного режиму повітря та ґрунту.

Проаналізовано переваги вирощування зернових культур біологічними методами, з метою створення само-відновлювальних ґрунтів. Приведені методи використання біопрепаратів та гуматів як альтернативу до мінеральних добрив та пестицидів. Застосовуючи ідею органічного землеробства, як максимальне використання біологічних факторів підвищення родючості ґрунтів, захисту рослин, та інших заходів, які забороняють або значною мірою обмежують використання синтетичних комбінованих добрив, пестицидів, регуляторів росту.

Приведено аналіз ринку проса в Україні та запропоновані деякі рекомендації щодо подальшого розвитку перспективного напрямку вирощування проса в агробізнесі. Представлені данні Державної служби статистики України та наведено аналіз посівних площ України які зайняті під вирощування проса та представлено розподіл їх за областями, наведено розподіл виробництва проса по Україні, наведені найвищі показники урожайності проса за областями.

Вступ

Глобальні зміни клімату у світі безпосередньо мають вплив на зміну природних показників на території України, а саме підвищення температури повітря та зміна гідрологічного режиму водних ресурсів. За даними Українського гідрометеорологічного інституту, за останні 30 років середньорічна температура в Україні зросла майже на один градус Цельсія. Що практично дорівнює підвищенню температури повітря по всій земній кулі за останнє сторіччя.

Найбільш вражаючі наслідки зміни клімату не у формі поступового потепління, а у формі «надзвичайних ситуацій», таких як сильна посуха, повені, урагани, надзвичайно спекотні дні та незвично спекотна зима. Як результат, світ стикається з більшістю проблем водопостачання та деградації сільськогосподарських угідь та лісів [1].

За останні роки проведені метеорологічні спостереження відзначають постійне підвищення температури повітря, частіші прояви посух та суховіїв, які можуть відбуватися в різний час протягом всього вегетаційного періоду. Відбувається скорочення запасів вологи в ґрунті, у літній період відзначається мала кількість опадів, що має не однорідний характер та, як відомо, проявляється короткочасними зливами. Погодні умови мають все більш вагомий вплив на отримання конкурентоспроможного продукту, а рівень витрат, для зменшення негативних впливів на врожай, збільшується з кожним роком [2].

Кліматичні фактори та погодні явища мають пряму дію змінення умов для вирощування будь-яких сільськогосподарських культур у районі. Однією з головних проблем у світі сьогодні є не узгоджені зміни клімату та їх наслідки. Застосовується новий підхід до ведення агробізнесу, для мінімізації втрат сільськогосподарської продукції та досягнення високих урожаїв, шляхом застосування

органічного землеробства, через біологізацію вирощування сільськогосподарських культур [1].

За умов дотримання своєчасних та необхідних агротехнічних заходів, не можна гарантувати високий рівень врожайності культур. З метою зниження ризиків втрат врожаю, необхідно запроваджувати альтернативні сівозміни з включенням більш засухостійких культур. Однією з таких культур є просо.

Один із шляхів популяризації проса та підвищення його економічної ефективності вирощування в Україні може здійснюватись поступово методом переходу на органічне виробництво через біологізацію вирощування. З врахуванням цього необхідно скорегувати відповідні зніми до технологій вирощування сільськогосподарських культур, в залежності від адаптації до показників вологості та температурного режиму повітря та ґрунту [3].

В аграрній сфері України культура проса ніколи не мала головну роль при вирощуванні серед інших сільськогосподарських культур. Але воно було і досі залишається в структурі посівних земель. Просо це одна з основних зернових культур в Україні, і її цінність визначається безвідходним використанням [4].

1. Біологічні особливості вирощування проса

Просо звичайне – (*Panicum miliaceum L*) рід ярих однорічних трав'яних рослин сімейства Злаки, або Тонконогі (*Poaceae*), до нього належать культурні та дикі його родичі, а саме: італійське (головчасте) просо або Бор – *Setaria italica (Panicum italicum L)*, могар – *Setaria germanica (Panicum germanicum Rauh)*, мишій – *Setaria viridis ma S. glauca, pocurka-Digitaria (Panicum Sanguinale L)*. Близькі до роду *Panicum*, такі культури, як сорго (*Sorghum Pers.*) та джугара (*Sorghum cernuum*).

Через те, що сучасний ареал культури проса охоплює практично всі материки земної кулі, спектр його генетичного розмаїття надзвичайно багатий. Так, на сьогодні виділено 14 еко-географічних груп, з яких за типом волоті визначено 88 різновидностей проса, від розкидистої до овальної і комової, і за забарвленням насіння – від білого до темно-коричневого та плямистих форм [5].

Просо високоврожайна цінна круп'яна та кормова культура. У винятково посушливі роки забезпечує вищі врожаї, ніж інші зернові культури, а при загибелі озимої пшениці може бути страховою культурою. Просо успішно вирощується як післяукісна і післяжнивна культура. Найсприятливіші природні умови для

виращування проса спостерігаються у північно-західних і північних районах Степу. Але у господарствах, де застосовується передова агротехніка, як правило, забезпечуються досить високі врожаї в різних ґрунтово-кліматичних умовах.

Просо може рости на різних ґрунтах, та кращі умови вирощування це структурні, добре аеровані ґрунти з достатнім вмістом легкорозчинних поживних речовин і вологи. Такими в степовій зоні України є звичайні або середньо і мало гумусні чорноземи. За достатньою кількістю опадів, навіть на легких за механічним складом ґрунтах, просо має високий рівень урожаю. У посушливі роки кращими умовами для розвитку культури є зв'язні ґрунти. Не сприятливі умови для активного розвитку просо, кислі і сильно засолені ґрунти.

Просо – досить поживна та дешева кормова культура. На корм тваринам використовуються відходи круп'яного виробництва, сіно та солома. Просянка за кормовими достоїнствами значно перевершує солому інших зернових культур і прирівнюється до сіна середньої якості [3]. Просяна солома за кормовою одиницею переважає солому інших зернових культур та за поживністю дорівнює сіну однорічних злакових трав.

В 1 кг просяної соломи міститься 0,41 кормова одиниця та 23 г поживного протеїну, що у порівнянні з показниками вівсяної соломи лише 0,3 кормової одиниці та 13 г поживного протеїну.

За вирощуванням проса на корм можна отримати високі врожаї зеленої маси та сіна. За достатнім зволоженням ґрунту просо здатне давати по два укуси зеленої маси у рік.

Просо посівне однорічна яра культура з прямо стійким стеблом, порівняно широким листям та суцвіття у вигляді волоті відноситься до сімейства злакових, до роду панікум. Найбільше значення у сільському господарстві має просо звичайне.

Розвиток проса, як і іншої культури, починається з періоду проростання насіння. У цей період відбуваються хімічні зміни складу зерна, тобто не розчинні речовини перетворюються на розчинні. Такий процес відбудеться коли враховується вплив трьох основних чинників: води, температури та повітря.

Просо посухостійка культура та урожайність посівів якої у меншій мірі залежить від недостачі вологи, ніж ярі хліба. Стійкість проса до недостачі вологи пояснюється рядом біологічних особливостей.

Просо на початку росту, у вигляді насіння вбирає в себе до 27 % води від ваги зерна. Та цей показник значно менше, ніж для насіння кукурудзи, пшениці, ячменю або вівса. Крім того, просо мало витрачає води у початковій фазі свого розвитку (від появи сходів до фази кушіння) і добре переносить посуху. Критичний період у потребі води знаходиться між фазами викидання волотей і початку наливу зерна, але він часто співпадає з випаданням літніх дощів. Продуктивність транспірації у проса приблизно в два рази вища, ніж у інших зернових.

Просо може легко перетерпіти стан тимчасового обезводнення тканин, не знижуючи при цьому врожаю. Він добре переносить і стан тривалого в'янення, яке через недостачу вологи в ґрунті досить часто виникає в степових районах. За даними наукових досліджень зниження врожаю проса при сильному в'яненні досягало 32 %.

Під час посухи просо здатне тимчасово затримувати і навіть припиняти ріст, а також розстилати стеблову частину по землі, що в свою чергу затінює ґрунт і зменшує транспірацію. У цей період спостерігається згортання листя, що сприяє зменшенню транспірації. Просо, на відміну від інших зернових культур, досить швидко відновлює свій ріст при появі опадів після тимчасової посухи і менше знижує врожай [6, с. 8].

Однією з важливих умов одержання високого врожаю є дотримання температурного вимог вирощування просо. Рослини проса історично пристосувались для перенесення нестачі вологи, але досить чутливі до нестачі тепла. Завдяки своєму походженню просо відноситься до теплолюбних культур, що поступається лише кукурудзі. Тривалість його вегетаційного періоду в цілому – величина відносно стійка та складається з трьох ключових періодів життєвого циклу рослини: вегетативного, репродуктивного й дозрівання, які своєю чергою поділяються на субперіоди (фази) згідно з фізіологічними відмінностями, що виявляються протягом вегетації. Кожна з дев'яти фаз під впливом умов росту й розвитку змінюється у значних межах. Зміни тривалості вегетаційного періоду відбуваються передусім за рахунок першого періоду життя рослин – від появи сходів до викидання волоті. На відміну від гречки, вегетативний період у проса більш розтягнутий: якщо рослина гречки потребує 10–12 діб до фази бутонізації, то просо – 25–30 діб і більше до викидання волоті.

Слід зазначити, що вимоги до кількості тепла багато в чому залежать від географічної раси та ботанічної форми проса. Найбільш вимогливим до тепла вважається просо європейської групи, а також просо з Примор'я, Японії та Китаю. Серед ботанічних форм найбільш вимогливими є комове і поникле, найменш – розлоге та крислате.

Потреба у теплі залежить і від групи стиглості сортів. Для досягання ранньостиглих сортів сума активних температур вище 10 °С становить у середньому 1000–1200 °С, середньостиглих – 1800 °С, пізньостиглих – 2000 °С і багато в чому залежить від біологічних особливостей власне сорту. Так, за концепцією теплового часу, що визначає ріст і розвиток рослин, початок кущіння у нового високопродуктивного сорту за 430, а початок цвітіння – за 750 градусо-днів відносно біологічного мінімуму 10 °С. Потреба у теплі також залежить від району вирощування і варіює від 1535–1780 °С у Сибіру (Тулунська дослідна станція) до 2200–2400 °С в Україні у районі Полтави.

Незважаючи на високу толерантність проса до умов вирощування, молоді сходи (3–5 листків) дуже уразливі до впливу зовнішнього середовища. У цей період життя рослини залежить від будь-яких несприятливих чинників: температури й вологості ґрунту, забур'яненості, нестачі поживних речовин, пошкодження шкідниками, змін погодних умов тощо. Через це отримання дружних сходів проса є вирішальним моментом для життя майбутніх рослин.

За термічним режимом у цей період для проса існують певні обмеження: воно здатне проростати в діапазоні температур від 10 до 45 °С і не здатне – за температури 5 °С і 50 °С, а найбільш активне проростання відбувається за температури 35–40 °С. У цілому, для проростання насіння, як і взагалі для росту й розвитку рослин, просо потребує помірно-теплої погоди, але значно більшої кількості тепла, ніж пшениця яра, овес, ячмінь, хоча менше, ніж кукурудза. Оптимальні умови для проростання насіння та появи дружних сходів створюються за температури ґрунту 20–30 °С.

У початковий період росту для рослин проса, як і для гречки, основною загрозою є низька температура або тривале похолодання. За прохолодного ґрунту проростання насіння затримується, а також створюються сприятливі умови для появи шкочочинних організмів, зокрема плісняви, що може викликати випадання сходів.

Незважаючи на той факт, що серед культур з фотосинтетичним типом діяльності C_4 рослина проса вирізняється вищою холодостійкістю, ніж сорго, просо чутливе до приморозків протягом холодого циклу розвитку. Так, чутливість сходів проса до низьких температур виявляється за дії приморозків $-2-3\text{ }^\circ\text{C}$, при температурі $-3-4\text{ }^\circ\text{C}$ сходи гинуть, а тривале похолодання ($6-10\text{ }^\circ\text{C}$ морозу) за хмарної погоди може бути фатальним. У фазу кущіння рослини виявляють меншу чутливість до зниження температури – до $4,5\text{ }^\circ\text{C}$ морозу.

Рослина проса вважається добре адаптованою до повітряної й ґрунтової посухи й успішно вирощується у ряді південних країн у найменш сприятливих для інших культур умовах.

Просо відноситься до культур, здатних протистояти посухам або уникати їх, прискорюючи темпи свого розвитку перед досяганням, і може рости за рахунок атмосферних опадів, не потребуючи зрошення і навіть формувати врожай за суми опадів 150 мм за вегетацію, у той час як пшениця яра потребує 225–250 мм. Але вимогливість проса до вологи у період проростання насіння набагато вища, ніж у сорго, кукурудзи та соняшнику.

На утворення одиниці сухої речовини рослина проса витрачає від 447 до 275 одиниць води, кукурудза – 369–233 одиниць, а такі посухо- і жаростійкі культури, як сорго та суданська трава витрачають 300 і 340 одиниць відповідно. Вважають, що на ефективне використання води рослиною проса й високий рівень її адаптації до посухи вказує низький показник відношення соломи до зерна.

Характерною особливістю рослини проса є низький коефіцієнт транспірації, який значно зумовлений механізмом фотосинтетичної діяльності типу C_4 і за здатністю економно витратити воду просо переважає кукурудзу, яка також відноситься до такого типу рослин. Коефіцієнт транспірації проса становить від 140 до 390, тоді як у кукурудзи – 140–350, а пшениці твердої – 300–526.

Стійкість проса до посухи зумовлюється особливостями його кореневої системи, що забезпечує рослинам виживання протягом усього періоду вегетації. Так, первинний корінь росте зі швидкістю 2,2–2,5 см на добу й на час появи повних сходів проникає у ґрунт на глибину до 16–18 см.

На відміну від інших хлібних злаків, вторинна коренева система проса починає формуватися ще до початку кущіння, у фазі 3-го листка, і продовжує розвиватися до викидання волоті. Це

дозволяє їй більш енергійно вкоренитися уже на першій стадії розвитку та краще переносити посуху. У посушливу погоду утворення вторинних коренів затримується і рослини змушені зміцнюватись у ґрунті й живитися за допомогою первинних

На той факт, що ґрунт повинен мати достатні запаси продуктивної вологи, вказують, оскільки, на відміну від кукурудзи, корені проса не здатні заглиблюватись у ґрунт і їх основна маса знаходиться у шарі ґрунту 7–15 см. Встановлено, що його коренева система розподіляється таким чином: основна маса коренів (60–80 %) розташовується у шарі ґрунту 0–20 см, 17–70 % – у шарі 20–40 см і 5–10 % – глибше 40 см.

У різні періоди розвитку просо потребує неоднакову кількості води. Так, у першу третину життя просо споживає з ґрунту в середньому 27 %, у другу третину вегетаційного періоду – 41 % і в останню третину – 33 % від загальної кількості води. Іншими словами, опади другої половини літа, що для багатьох хлібів мало корисні, добре використовуються просом [4].

Завдяки своєму південному походженню просо відзначається високою вимогливістю до світла й за різних умов зовнішнього середовища має досить широкий спектр фотоперіодичної реакції. Така біологічна властивість дає змогу ефективно використовувати біокліматичні ресурси певного поля і визначає його продуктивність.

Просо відносять до категорії короткоденних рослин, які в умовах вкороченого світлового дня (10–12 годин) прискорюють свій розвиток, але можуть не зацвісти, а в умовах довгого дня (15–18 годин) їх розвиток уповільнюється, що у ряді випадків призводить те, що вони можуть не досягти стиглості на кінець вегетації. Тривалість світлового дня у поєднанні з температурними факторами відіграє виняткову роль у зміні тривалості найважливіших фаз вегетації рослин проса. При цьому особливу фотоперіодичну чутливість до короткого дня просо виявляє на початкових етапах органогенезу, за 10–15 діб після появи сходів. За умови короткого дня у період виходу в трубку розвиток рослин прискорюється, за умови довгого – затримується, тому вегетаційний період проса за пізніх строків сіви дещо вкорочений.

Через значний спектр генетичного розмаїття фотоперіодична реакція проса неоднакова як за зональним поширенням, так і в межах окремих екологічних і біологічних рас, видів, різновидів. Розмаїття типів фотоперіодичних реакцій у межах видів є меншим,

у межах родин і родів – більшим, а за елементарну таксономічну одиницю, що характеризується однорідною фотоперіодичною реакцією, прийнято біотип. Так, залежно від біотипу рослин різниця між рослинами за строками викидання волоті становила на короткому дні 5–15 діб, на довгому – від 5 до 70 діб. Як свідчать результати дослідів, у яких вивчали поведінку 9 сортів проса різного географічного походження, виявилось, що південні сорти з Персії та Китаю при безперервному освітленні не викидали волоті, а північні (із середньої полоси Росії) викидали волоть, але значно пізніше, ніж за короткого дня [5].

Склад хімічних речовин, що знаходиться у просо, залежить від його сорту та умов вирощування. Як відомо хімічний склад зерна просо, як і інших зернобобових хлібів, змінюється у залежності до географічного фактору. За посушливими кліматичними умовами наявність водорозчинних білків та вітаміну В₁ збільшується, а наявність крохмалю зменшується. Накопиченню жиру у зернівках сприяє висока вологість ґрунту за помірної температури. Крім цього на зміну хімічних властивостей зерна впливають агрометеорологічні умови, особливо вологість ґрунту.

За середньо хімічними показниками зерно просо складається: білків 11–13 %, жирів 3,2–4,5 % та крохмалю 55–65 %. У пшоні містяться такі вітаміни: Е – 3,2 мг, РР – 1,7 мг, А – 3 мкг, В₁ – 0,42 мг, В₂ – 0,04 мг, В₆ – 0,52 мг, В₉ – 40 мкг та бета-каротин – 0,02мг.

Хімічний склад пшона характеризується, білками, жирами, наявністю крохмалю, харчовими волокнами та вітамінами. Для органічної продукції ці параметри істотно залежать від природних факторів – температури повітря і кількості опадів під час вегетації рослини, посушливості або дощового сезону, географічного місце розташування вирощування, ботанічного сорту зерна і типу ґрунту. Передбачити всі фактори неможливо, наведенні показники є усередненими і довідковими [7].

Просо необхідно розміщувати у сівозмінній після таких культур, які за своїми біологічними властивостями найбільш відповідають йому. Високі врожаї одержують при сівбі на чистих від бур'янів, м'яких та добре окультурених землях. Попередники для проса повинні бути культури, що добре очищують ґрунт від бур'янів, такі як баштанні культури, зернобобові, картопля, удобренні озимі пшениця або жито, гречка та льон. Добре місце у сівозмінній для проса після багаторічних трав. Вплив попередника на розвиток проса багато в чому залежить від на ступної обробки ґрунту.

Добрим попередником для висіву проса є кукурудза, яка вирощується на силос у молочно-восковій та восковій стиглості. Але як кукурудза так і просо мають можливість ураження одним видом шкідника – гусеницею кукурудзяного метелика. За боротьби з ним після збирання кукурудзи, необхідно проводити зяблеву оранку та глибоко переорювати поживні рештки.

Овес та ярий ячмінь погані попередники для проса. Ґрунт після цих культур дуже засмічений бур'янами та містить недостатню кількість легкодоступних речовин, що необхідні для просо.

За розміщенням посівів просо, слід брати до уваги, наявність полезахисних лісосмуг та лісонасаджень, які призначені для захисту рослин від сильних та сухих вітрів. Після появи сходів та у період цвітіння просо найбільш вразливе до несприятливих умов. На ділянках, де ґрунт добре захищено від вітру, високий показник рівня відносної вологи ґрунту має позитивний вплив на розвиток рослин.

За рівнем вологозабезпеченості просо краще висівати після кукурудзи, зернобобових і баштанних культур та іноді після озимих культур. За таких умов рослини витратять менше вологи на побудову одиниці врожаю [8, с. 27].

Також просо можна використовувати як страхову культуру, тому вона часто потрапляє на випадкові місця у сівозмiнах. Наприклад її сіють на місце загиблої озимини. Також просо ще використовують на пересів ранніх ярих культур, якщо ті постраждали через посуху або ще з інших причин. Тому використання просо у сівозмiннi, має особливе значення, ще за моменту його використання як страхову культуру.

На чорноземних ґрунтах, що переважають в степових районах України, за живленням рослин найперше значення мають два елемента – азот і фосфор. Вони входять до важливіших конституційних сполук протоплазми рослин. Азот та фосфор беруть участь в різноманітних перетвореннях органічної речовини і клітині та є складовою регуляторів життя – ферментів та вітамінів.

Азот у ґрунті знаходиться в органічній і мінеральній формах. Основну кількість мінерального азоту складають нітратні сполуки, які створюються в процесі нітрифікації.

Кількість нітратного азоту в ґрунті під посівами проса залежить від попередника. Вирощування будь-яких культур, в силу їх біологічних особливостей, різних прийомів вирощування, часу збирання мають різний вплив на ґрунтові умови. При цьому

змінюється фізичні властивості ґрунту та його структурний стан. Достатні запаси нітратів у орному шарі ґрунту бувають після кукурудзи, зернобобових та баштанних культур, менші – після стерньових попередників, таких як озима пшениця, ячмінь. Нагромадження нітратного азоту в ґрунті залежить від погодних умов. Швидке підвищення температур на весні приє проходить процесу нітрифікації в ґрунті. У період проходження холодної та вологої весни необхідно проводити заходи, спрямовані на прогрівання та доступу кисню у ґрунт.

Краща забезпеченість рослин проса азотом протягом усього періоду вегетації досягається при розміщенні його в сівозмінах після обороту пласта багаторічних трав, кукурудзи, сої та озимої пшениці.

За особливості вирощування багаторічних трав, вони сильно висушують ґрунт і для формування високого врожаю зернових найчастіше не вистачає вологи. Але просо, будучи посухостійкою культурою, забезпечує високі врожаї висіваючи після багаторічних трав.

Попередники у сівозмінні мають вплив не лише на величину врожаю, а ще й на якість зерна та соломи. Просо, що висівають після зернобобових культур та багаторічних трав, містить більше білка в зерні та соломі проти інших попередників. У вологі роки вміст білка у зерні менший, ніж у посушливі.

У степових районах використовуючи польові сівозміни доцільно розміщувати посіви проса після пару, озимої пшениці, кукурудзи, зернобобових. У свою чергу просо добрий попередник для інших культур сівозміни. Посіви просо за широкорядним способом добре розпушують ґрунт та зберігає поле чистим від бур'янів. У період росту витрачає малу кількість води і залишає після себе кращі запаси вологи у порівнянні з іншими польовими культурами.

Поукісний та післяжнивні посіви проса проводять у сприятливі за погодними умовами роки в кормових, при фермерських і ґрунтозахисних сівозмінах. Як післяжнивна культура просо може висіватись і на зрошуваних ділянках [3].

Важливим агротехнічним заходом, що спрямоване на збереження та підвищення високих врожаїв проса є внесення добрив. Щодо проса, у порівнянні з іншими зерновими культурами, воно вимагає підвищену кількість легкокорозчинних поживних речовин у ґрунті [8, с. 29].

Характерною біологічною особливістю проса є його потенціальна продуктивність, повнішому проявленню якої сприяє застосування добрив, що призводить до загального підвищення врожаю.

Протягом вегетації просо споживає більше поживних речовин, ніж ячмінь, овес і яра пшениця. За відносно короткий час рослини проса створюють велику кількість органічної маси, для побудови якої необхідно багато поживних речовин і води [6, с. 34].

Просо під час розвитку не виснажує ґрунт та добре поширене у районах з родючими ґрунтами. Займає місце у сівозміні після рослин що потребують внесення великої кількості добрив.

Чутливість до добрив, багато в чому залежить від особливості кореневої системи, а також за короткий період вегетації формувати високий рівень врожайності зерна.

У зв'язку з тим що, коренева система проса має малу засвоювальну здатність, для нормального розвитку йому необхідно мати достатній запас легкокорозчинних поживних речовин. На формування врожаю та нормальний розвиток культур 1,5–2,5 т/га зерна, просо необхідно мати в ґрунті 40–65 кг азоту, 45–75 кг фосфору та 85–100 кг калію [8, с. 24].

Внесення добрив сприяє збільшенню озерненості волотей, підвищенню білковості зерна, зниженню його плівчастості, підвищенню стійкості рослин проти шкідників і хвороб [6, с. 36].

Удобрюють просо переважно мінеральними добривами, органічні – вносять під попередники. При доброму забезпеченні вологою ґрунт, просо дає значне перевищення врожаю, використовуючи органічних речовин. Навіть при внесенні великої кількості органічних добрив культура не вилягає. Але при такій технології вирощування посіви просо більше страждають від бур'янів, тому догляд за таких умов не раціональний, а крім того, недоцільно витрачати добрива на другорядну рослину.

Просо дає хороший урожай не тільки в рік внесення органічних добрив, а й в наступні роки. Враховуючи це, органічні добрива доцільніше вносити під попередні культури. Тому добре місце у сівозміні для проса після вдобреної озимини або після вдобрених цукрових буряків, кукурудзи. Органічні добрива краще вносити з осені під зяблеву оранку або навесні під першу глибоку культивуацію [6, с. 38].

Основну кількість поживних речовин просо засвоює за порівняно короткий період – від кушіння до цвітіння. Забезпечення рослин легкозасвоюваними елементами живлення сприяє більш економ-

ного витрачання рослинами води. Добрива підвищують урожай проса не тільки в зволожений районах, а й у посушливих. Правильно підібраний раціон удобрення рослин не тільки збільшує урожай зерна і солом, але також крупність зерна і вміст у ньому білка.

Поживні речовини прискорюють темпи розвитку і підвищують стійкість рослини до несприятливих умов навколишнього середовища та захищає від хвороб. При внесення органічних і мінеральних добрив просо дає високу прибавку врожаю [8, с. 47].

За вирощування просо виносить з ґрунту велику кількість азоту, фосфору, калію та інших елементів живлення. Споживання поживних речовин з ґрунту проходить протягом всього періоду вегетації. Найбільша ж кількість доступних речовин необхідна рослинам проса в період формування волотей. В цей час воно потребує більше азоту, фосфору і калію, при наливі зерна – переважно фосфору.

Наявність достатньої кількості азоту в ґрунті помітно поліпшує ріст рослин. Надмірна кількість азоту в умовах Степу призводить до подовження фаз розвитку. При вирощуванні проса, на ґрунтах що добре забезпечених азотом, позитивну дію має внесення суперфосфату та калію. В перший період росту, коли відбувається формування кореневої системи, рослини потребують легкодоступних фосфатів. Застосування фосфорних добрив в цей час сприяє швидкому росту коренів і кращому їх розвитку.

Наявність достатньої кількості азоту в ґрунті помітно поліпшує ріст рослин. Надмірна кількість азоту в умовах Степу призводить до подовження фаз розвитку. Азотні добрива найбільший ефект дають на лужних чорноземах, піщаних, супіщаних, дерново-підзолистих та сірих лісових ґрунтах. Мінеральні добрива під просо краще вносити в поєднанні азотних, фосфорних та калійних добрив разом.

Ґрунти, які відводяться під посів проса, повинні містити і достатню кількість калію. Він сприяє кращому проходженню всіх процесів, пов'язаних з ростом і розвитком рослин.

За для забезпечення значної прибавки врожаю добрива під просо слід вносити з урахуванням попередників і ґрунтово-кліматичних умов. У посушливих районах, де переважно знаходяться чорноземні та каштанові ґрунти, органічні та мінеральні добрива краще вносити восени під зяблеву оранку.

Значну роль у життєдіяльності рослин відіграють мікроелементи – бор, цинк, мідь, марганець і молібден. Недостача будь-яких мікроелементів знижує стійкість рослин до захворювань та негативно впливає на продуктивність фотосинтезу і загальний розвиток рослин.

Підгодовують просо при доброму забезпеченні ґрунту вологою, переважно азотними добривами, які вносять у дозі близько 20 кг/га азоту до виходу рослин у трубку [9].

Просо, як і інші злакові рослини, мають схильність до зараження шкідливими комахами та хворобами. Але у порівнянні з іншими зерновими культурами шкідників не багато і великого впливу на урожай вони не мають. Найбільший вплив на рівень врожаю залежить зараження насіння проса грибковими хворобами.

Найбільше з грибкових хвороб шкодить просу звичайна (летюча) сажка проса (*Ustilago Panici miliacei* Wint). На рослині проявляється у період викидання волоті, грибок нищить цвіт разом з пелюстками, а пошкоджені рослини не викидають волоть; з-під листка виходить зелена гуля, повна чорних грибкових спор. У результаті захворювання рослин, можуть відзначатись недобори врожаю, що становить від 20 % до 30 %. Для захисту культури від просяної сажки протруюють посівний матеріал фунгіцидами та бактерицидами або проводять своєчасний висів проса, тому як при дуже ранньому посіві розвиток захворювання значно посилюється.

2. Біологічне вирощування просо

Численні джерела забруднення були створені з використанням традиційних методів ведення сільського господарства, заснованих на використанні пестицидів та гербіцидів, що призвело до знищення корисних природних ресурсів. Основуючись на цьому біологічне землеробство, можна розглядати як один з варіантів боротьби з хімічними речовинами, шкідниками та хворобами, як альтернативу інтенсивному виробництву. Головна мета біологізації виробництва полягає у поєднанні агротехнічних та імунологічних методів захисту рослин.

Особливе значення має біологічне інтенсивне землеробство, яке застосовуючи гнучкі ресурсозберігаючі технології, забезпечує мінімальне навантаження на навколишнє природне середовище та в результаті отримання екологічно чистої продукції. Така продукція характеризується екологічністю та низькими інвестиціями у її виробництво.

Альтернативою інтенсивному виробництву рекомендується органічне землеробство. В основі цього лежить інший варіант боротьби зі шкідниками та хворобами, заснований на зростаючому поєднанні сільськогосподарських та імунних методів захисту.

Біологічний метод заснований на використанні мікроорганізмів або продуктів їх метаболізму для зменшення негативного впливу шкідників та хвороб, що вражають сільськогосподарські культури, та зменшення негативного впливу мінеральних добрив [1].

Процес біологізації сільського господарства пов'язаний із впровадженням науково обґрунтованої структури посівних площ та сівозмін, використанням усіх ресурсів органічних добрив – гною, нетоварної частки сільськогосподарських культур, а також сидератів, оптимальне співвідношення вуглецю до азоту в системах добрив для запобігання непродуктивним втратам органічної речовини та зменшення викидів CO₂ у повітря.

Біологічні засоби не шкідливі для довкілля і застосовуються на полях, де використання хімічних методів боротьби є небажаним.

Окрім того, що застосування сучасних біопрепаратів сприяє збереженню родючості ґрунтів, зменшення хімічного навантаження на агроландшафти, створення сприятливого фітосанітарного середовища, одержання екологічно чистої продукції з високими показниками якості, вони мають значно меншу вартість, ніж хімічні засоби захисту рослин, а тому з економічної точки зору є більш ефективними. Тому вивчення дії сучасних біопрепаратів в системі захисту рослин при впровадженні біологічного землеробства є досить актуальним і заслуговує на увагу [10].

Сутність біологічного методу зводиться до використання природних ворогів культурних рослин (хижаків, паразитів, антагоністів) та їх продуктів життєдіяльності (антибіотиків, гормонів, феромонів та їх аналогів) для захисту рослин від шкідливих організмів. Біологічний метод ґрунтується на трьох основних групах діяльності:

- 1) збереження та збагачення природних популяцій ентомофагів та мікроорганізмів, корисних для захисту рослин в агроценозах;
- 2) викид на поля ентомофагів, розведених в лабораторних умовах;
- 3) використання патогенних організмів та продуктів їх метаболізму [1].

Глобальні зміни клімату, що привели не лише до підвищення температурного режиму, але й кардинальним чином змінили кількість та інтенсивність опадів, збільшились проміжки часу без морозного періоду взимку та інші негативні явища, сприяють розповсюдженню хвороб та шкідливих комах, що в свою чергу шкодять високому рівню врожайності сільськогосподарських

культур. Використовування хімічних методів боротьби ще більше посилює ефект негативних наслідків змін клімату.

Тому доцільно використовувати біологічні методи боротьби хворобами, які є безпечні для екологічного стану земель. Застосування сучасних біопрепаратів в умовах змін клімату сприяють зменшенню стресового навантаження на рослини під час посухи оскільки виступають адаптогеном до екстремальних погодних умов, значно зменшують хімічного навантаження на навколишнє середовище, сприяють кращому поглинанні рослинами елементів живлення, більш інтенсивному проходженні процесів фотосинтезу, збільшенні врожайності та покращенні показників якості вирощуваної продукції [10].

До інноваційних біопрепаратів відносять препарати групи ХЕЛАФІТ®-комбі та «Біо-гель». Розробник сучасного вітчизняного біопрепарату ХЕЛАФІТ®-комбі та засновник компанії ТОВ «ХЕЛАФІТ® ГРУПП» – доктор сільськогосподарських наук Гармашов В.В. Винахідник продукту «Біо-гель», засновник Асоціації органічного землеробства – кандидат технічних наук, професор, Осипенко С.Б. [11; 12].

Використання таких біопрепаратів, дає можливість, не тільки підвищенню урожайності та покращення якості вирощуваної продукції, але й сприяють покращенню родючості ґрунтів та екологічної ситуації. Оскільки данні препарати активують мікрофлору ґрунту в зоні знаходження насіння, стимулює його проростання, формування кореневої системи та подальший ріст і розвиток рослин.

Для боротьби з хворобами в біологічному землеробстві, необхідно досконало знати життєві цикли мікроорганізмів. Після збору врожаю, при будь-яких технологіях, в полі залишається надзвичайно велика кількість органічних поживних залишків, які з часом розкладаються в ґрунті за допомогою мікроорганізмів. Проблема в тому, що органіку розкладають як корисні, так і шкідливі мікроорганізми. Поживні залишки можуть служити джерелом патогенної інфекції для наступних культур в сівозміні і при оптимальних умовах виявляться у вигляді кореневих гнилій.

Одним з ефективних способів зменшення інфекції в ґрунті це штучне внесення корисних мікроорганізмів які в конкуренції за живильне середовище витіснять патогенів. Такі препарати на ринку України отримали назву деструктори стерні. Одним з кращих руйнівниками целюлози вважаються гриби роду *Trichoderma*. Цей

гриб пригнічує розвиток фітопатогенів прямим паразитуванням, конкуренцією за субстрат, а також виділенням біологічно активних речовин, які пригнічують розвиток багатьох видів збудників захворювань і гальмують їх репродуктивну здатність. Насичення ґрунту корисними мікроорганізмами проводять різними методами, це обробка поживних залишків у полі з наступним зароблянням в ґрунт, посів насіння обробленого біологічними препаратами, та інше [6].

Як встановлено нашими дослідженнями застосування біопрепаратів на дослідних полях ХДАЕУ та випробування інших наукових установ, що здійснювались на основі таких препаратів, як «Біо-гель» та ХЕЛАФІТ®-комбі, мають яскраво виражену профілактичну фунгіцидну дію. Це пов'язано, по-перше, зі здатністю «диких» бактерій захоплювати екологічну нішу і гальмувати розвиток патогенних мікроорганізмів, особливо грибного характеру. По-друге, при обробці листової поверхні рослин препарат виступає як природний імуностимулятор і органічне добриво, що збільшує резистентність (опірність) рослин до фітопатогенів [11; 12].

Особливо ефективні біопрепарати як профілактичний засіб захисту рослин. Найкраще їх застосовувати до появи хвороби. У разі незначного розвитку хвороби (до 25 %) використання біопрепаратів в дозі 1–2 л /га здатне практично повністю зупинити хворобу. При більш високих ступенях зараження рекомендується застосовувати в комбінації з фунгіцидами хімічного походження. При цьому рекомендовану дозу фунгіциду необхідно знижувати на 30–50 % [11; 12].

Біопрепарати відрізняються у використанні за призначенням. Одні типи бактерій підвищують врожайність, інші відповідають за утримання атмосферного азоту, а треті забезпечують захист від грибка.

Препарат «Біо-гель» може використовуватись для збереження всіх видів рослин та культур при екстремальних умовах, які проявляються у виді посух або морозів. До його складу входять вуглеводи в доступній формі, вітаміни та амінокислоти, корисні мікро- та мікроелементи, інші біологічно активні речовини, які позитивно впливають на всі види мікроорганізмів, що знаходяться у ґрунті [12].

У боротьбі зі збудниками хвороб може використовуватись, як фунгіцид в органічному землеробстві. «Біо-гель» посилює дію фунгіцидних препаратів, завдяки позитивній дії амінокислотам та

ферментів що позитивно впливає на імунітет рослин. Ще одна якість даного препарату, що його можна використовувати як гумат, який є безпечний для навколишнього середовища. Він містить фульвові сполуки ферменти та амінокислоти, що посилюють дію гумінових сполук. За всіма наведеними показниками, біопрепарат позитивно впливає на ріст зернових рослин, в тому числі й на розвиток проса [12].

Для боротьби з бур'янами в агрофітоценозі на посівах проса, можливе використання біопрепарату ХЕЛАФІТ®-комбі. Завдяки комплексній дії, він сприяє збільшенню врожайності й поліпшенню якості продукції. Також використовується для оптимізації кореневого живлення і розвитку рослин в критичні періоди вегетації. Сприяє відновленню пошкоджених культур, в наслідок негативних дій природних умов, на клітинному рівні. Запобігає затримці зростання та розвитку рослин, які можуть бути викликані хімічним стресом від застосування пестицидів або інших несприятливих факторів та механічних пошкоджень. Використання біопрепаратів є цілком безпечним для людини, тварин, бджіл та для довкілля [10].

За використанням технології органічного вирощування культур важливу роль замають біопрепарати – гумати. Це біологічно активні речовини, що утворюються в ґрунті при розкладанні органічних речовин рослин, солей гумінових кислот. Їх можна застосовувати на посівах у поєднанні з пестицидами та мінеральними добривами, що дозволяє створювати більш комплексний підхід до технологій обробітку культур.

Гумати можна застосовувати для покращення стану продуктивності рослин як зернових так і овочевих культур. Їм обробляють насіння перед посівом та проводять обприскування по листу для позакореневого підживлення у відповідності до рекомендованої фази.

Органічне добриво з біогенними елементами Гумікор має за основу висококонцентровану гумінову суспензію, яку отримано на основі вермікомпосту, ас саме продукту переробки гною великої рогатої худоби каліфорнійськими черв'яками *Eisenia fetida*.

Застосовувати біопрепарат Гумікор можна для передпосівної обробки насіння та вносити його у ґрунт перед посівом культур. Він добре поєднує властивості біологічного добрива та стимулятора росту. Що покращує не тільки формування міцної кореневої системи та розвиток фосформобілізуючих і азотфіксуючих бактерій

у прикореневій зоні, а також підвищує польову схожість насінин та прискорює появи однорідних паростків. Основна діюча речовина біопрепарату Гумікор – це гумати 1–2,5 г/л, органічні речовини – 1,5–4 г/л, та азот N – 0,09–0,23 %, оксид фосфору P_2O_5 –0,22–0,64 % та оксид калія K_2O – 0,15–0,20 %.

До біодобрив гуматів ще відноситься органічний регулятор росту рослин Гуміам, він може бути у вигляді темно-коричневої рідини з характерним аміачним запахом і високим вмістом гумінових речовин. Основною діючою речовиною біопрепарату Гуміам є гумат амонію у концентрації 10–45 г/л. Використання такого регулятора росту дозволяє підвищити енергію проростання і схожість насінин; підвищити врожайність культур, покращує якість продукції, стійкість рослин до несприятливих природних та екологічних факторів.

Головне призначення органічного регулятора росту рослин Гуміам допомогати рослинам реалізувати свій біологічний потенціал у складних природно-кліматичних умовах та зонах ризикованого землеробства.

Біопрепарат Гуміам виготовлені на основі буровугільного гумату амонію що являється стимуляторомо-адаптогеном рослин забезпечуючи більшу ефективність та біоактивність гуматів амонію в порівнянні з їхнім аналогом – гуматом натрію.

За дією на рослин, органічний препарат Гуміам, підвищує енергію проростання та схожості насіння, підвищує показники врожайності та інші якісні показники продукції. Сприяє розвитку стійкості рослин до несприятливих природних (посуха, спека, заморозки) і екологічних факторів та захворювань. Також препарати серії Гуміам стимулюють коренеутворення.

Органічне землеробство не можна вважати кроком назад у розвитку науки, оскільки аграрії дотримуючись цих методів використовують високоякісний посівний матеріал, новітню техніку та сучасні програмні технології. За веденням органічного землеробства особлива увага приділяється боротьбі з ущільненням ґрунту. За для цього використовується лише легка агротехніка. Для боротьби зі збудниками хвороб, шкідниками та бур'янами використовують тільки біологічні та технічні способи [13].

До того ж, використання сучасних біопрепаратів сприяє збереженню родючості ґрунтів, зменшенню вмісту хімічних речовин у сільськогосподарському ландшафті, створенню гарного фітосанітарного середовища, виробництву екологічно чистої продукції з високими показниками якості. За вартістю біопрепарати набагато

нижчі за хімічні засоби захисту рослин, тому з економічної точки зору вони ефективніші за використанням. Вплив сучасних біопрепаратів у системах захисту рослин, в момент процесу біологізації сільського господарства, являється актуальним та сучасним рішенням щодо полегшення впливу хімічного навантаження на екосистеми.

Органічне виробництво базується на використанні новітніх технологій, спрямованих на захист природних ресурсів та зменшення механічного обробітку ґрунту, виключаючи використання будь-якого синтетичного матеріалу. Пріоритетною тенденцією для органічного землеробства є використання матеріалів та технологій, що покращують екологічний баланс у природних системах та сприяють створенню стійких та збалансованих агроєкосистем.

Ще один вид біологічного методу заснований на використанні мікроорганізмів або продуктів їх метаболізму для зменшення негативного впливу шкідників та хвороб, що вражають сільськогосподарські культури, та зменшення негативного впливу мінеральних добрив [13].

Органічну систему живлення рослин можна створити насамперед, при забезпеченні високого рівня коло обігу поживних речовин. Так, на віддалених від ферм полях доцільно використовувати рештки рослин для поповнення запасів органічної речовини в ґрунті. Для посилення мінералізації органічних речовин додають сечовину, рідкий гній, азотні добрива [7].

За веденням біологічного землеробства господарства можуть запроваджувати удосконалені структури посівів зернових культур. Що передбачає впровадження сівозмін з обов'язковим включенням бобових трав і сидератів, що надає змогу зменшити норми внесення на 30–45 % у порівнянні з рекомендаціями при інтенсивних технологіях. Науково-обґрунтоване чергування культур у сівозміні забезпечує та підтримує фітосанітарний стан полів та посівів. Такий метод виступає джерелом забезпечення корисної ґрунтової мікрофлори, необхідних органічних речовин ґрунту, збагачує його на азот та підтримує на оптимальному рівні загальний запас балансу вологи в межах сівозміни.

Значну кількість азоту нагромаджують азотофіксуючі бульбочкові бактерії, що неодноразово було підкреслено в дослідженнях науковців. Інтенсивне виробництво органічних добрив є основною передумовою створення основи органічної і органо-мінеральної системи живлення рослин. У господарствах де виробляють багато

тваринницької продукції і нагромаджується гній, вирощують високі врожаї польових культур [5].

Велике значення надають використанню зеленого добрива за органічного землеробства. Крім підстилкового гною, біологічне землеробство передбачає широке використання інших видів органічних добрив – рідкого гною, зеленого добрива, соломи, торфу, сапропелю та ін.

Переважно восени заорюють необхідні органічні речовини у ґрунт. За умов достатнього зволоження території де процеси мінералізації в ґрунті відбуваються активно, гній і компости можна заорювати в ґрунт і на весні. Компостування дає можливість виготовляти цінні органічні добрива з відходів продукції рослинництва [8].

Торф використовують як підстилковий матеріал, для приготування торфогнойових компостів у теплично-парниковому господарстві.

Сапропель характеризується високим вмістом органічної речовини, азоту зольних елементів, а також вмістом мікроелементів.

Застосування органічних добрив нового типу, які збагачують ґрунт грибами, бактеріями та іншими макро- та мікроелементами роблять його біологічно активним та сприяють підвищенню ефективності інших добрив.

Альтернативне, або біологічне землеробство – це система методів, у якій приділяється більше уваги екологічним закономірностям при організації процесу виробництва сільськогосподарської продукції, ніж того вимагають традиційні форми господарування.

В процесі систематичного застосування альтернативної системи землеробства до якої входять біологічний і органічний вид землеробства, дозволить за рахунок підвищення родючості ґрунтів у подальшому підвищити врожайність сільськогосподарських культур до рівня традиційного землеробства. Для вирішення проблеми витрат на оплату додаткової праці, яка створюється за вимогою приготування і внесення біологічних і органічних компостів, передбачається шляхом механізації процесів.

Біо-органічна система землеробства заснована на методах підвищення мікробіологічної активності ґрунту. Крім органічних добрив, допускається використання мінеральних добрив, яких у цих умовах формування бракує, але з повільним вивільненням іонів поживних рослин. За допомогою сучкових бактерій у коренях бобових активізуються корисні бактерії шляхом максимального

використання біологічного азоту з атмосфери та застосування правильної сівозміни.

Бактеріальні добрива також слід застосовувати більш широко: нітрагін, азотобактерін, агрофіл (поєднуючи азотфіксатори) та технології, що посилюють симбіотичну активацію бобовими (використання органічних добрив, соломи, гною, сидератів, мікроелементів). Особлива увага приділяється максимальному насиченню бобових у сівозміні. Захист від шкідників і хвороб рослин такий же, як і в біологічних системах землеробства. Дуже обмежене використання пестицидів у вигляді санітарних (місцевих) заходів допускається в районах, де в сільськогосподарській екосистемі поширені шкідники та хвороби.

При використанні мінеральних добрив вкрай обережно, обмежуючи їх дозування, особливо у легкорозчинних формах та у рідкій формі.

У будь-яку альтернативну систему землеробства важливо включити глинистий матеріал (глину) у ґрунт, багатий на високодисперсні мінерали, такі як монтморилоніт. Це пояснюється тим, що в ґрунтах без монтморилоніту органічна речовина та продукти її розпаду знаходяться у стані механічних домішок і тому легко видаляються – інтенсивність руйнування перевищує накопичення органічних речовин. За наявності монтморилоніту зв'язок між органічними та неорганічними компонентами ґрунту стає ще більш тісним.

Захист сільськогосподарських екосистем від забруднення промисловими відходами (важкими металами тощо) позитивно впливає на біогеохімічний харчовий ланцюг та якість сільськогосподарської продукції.

Сільськогосподарська продукція, вироблена в альтернативних сільськогосподарських умовах, має високу цінність. Таким чином, він має бути поширеним у всіх країнах світу. Та до цього прагне багато країн, в яких екологічна оцінка середовища досить низька.

Є багато причин, які запобігають поширенню альтернативного сільського господарства у світі. Одним з них є зменшення площ сільськогосподарських культур за рахунок збільшення вирощування трав для виробництва кормів. Іншою причиною є відносно низьке виробництво сільськогосподарських культур, вирощених в альтернативних, неінтенсивних умовах землеробства. Витрати на оплату праці та дуже високі фінансові витрати на одиницю продукції та екологічно чистий продукт для худоби [13].

Незважаючи на високі ціни на сільськогосподарську продукцію для альтернативного землеробства, її охоче купують. На ринку існує конкуренція за продукцію, вироблену відповідно за альтернативних та традиційних систем землеробства.

3. Економічні показники вирощування просо

Завдяки сприятливим природно-кліматичним умовам та наявності родючих земель сприяють розвитку зернової промисловості в Україні, що дозволить отримувати достатню кількість високоякісного зерна для задоволення внутрішніх потреб та нарощування експортного потенціалу. Водночас подальший розвиток галузі потребує комплексної економічної оцінки, розгляду низки ситуацій, пов'язаних з технічними, технологічними, організаційними, економічними та ринковими умовами функціонування всього комплексу.

Проведений аналіз стану ринку зернової культури просо за період 2015–2019 р. в Україні показав, що за останні роки змінився обсяг виробництва проса – з 112 000 га в 2015 році до 92 000 га. У 2019 році посівні площі зменшились до 20 000 га.

У 2015 році площа висіву проса не перевищувала 112 000 га, що свідчить про те, що вітчизняні виробники були мало зацікавлені у вирощуванні цієї культури. В результаті отриманих фактів можна спостерігати різке зростання цін на просо в 2018 році. На рисунку 1 показано поступове зменшення площі та різке збільшення в 2019 році.

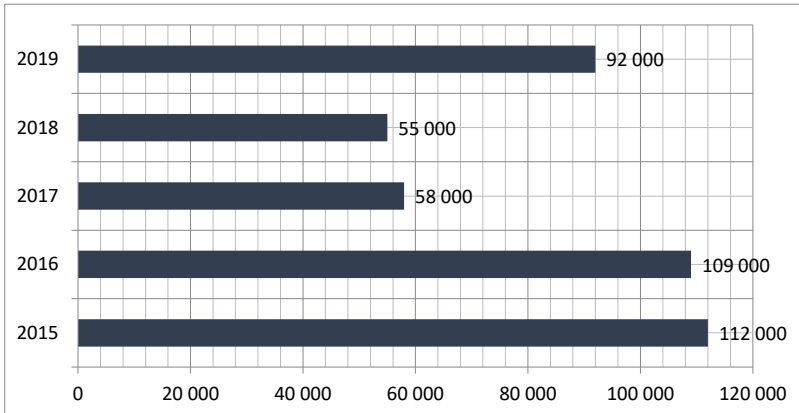


Рис. 1. Посівні площі культури просо в Україні 2015–2019 роки

Значне збільшення врожайності та загальної продуктивності зернових культур, включаючи просо, є актуальним завданням не лише в Україні, але й у всьому світі, що перебуває під загрозою продовольчої кризи. Споживання відносно дешевих зерен може бути від нашої держави. Цю проблему можна вирішити, імпортуючи різні сорти проса з високою продуктивністю та якістю для зерна та зернових культур відповідно до сучасних сортових технологій вирощування, враховуючи всі ґрунтові умови та кліматичні умови та потреби в регіоні типу.

За даними Державної служби статистики України, найбільші площі проса в 2019 році будуть у Харківській області – 11,9 тис. га, Запорізькій – 9,6 тис. га, Херсонській – 8,7 тис. га, Одеській – 7,1 тис. га, Житомирській – 6,7 тис. га. Донецькій та Миколаївській областях обсяг площі з якої було зібрано культуру складає 6,1 тис. га.

Основна частина виробництва проса зосереджена в сільсько-господарських підприємствах та фермерських господарствах. Тож за підсумками 2019 року агроформування зібрали 170 тис. тонн. Частка домогосподарств населення склала 23,21 %, частка фермерських господарств – 23,82 %.

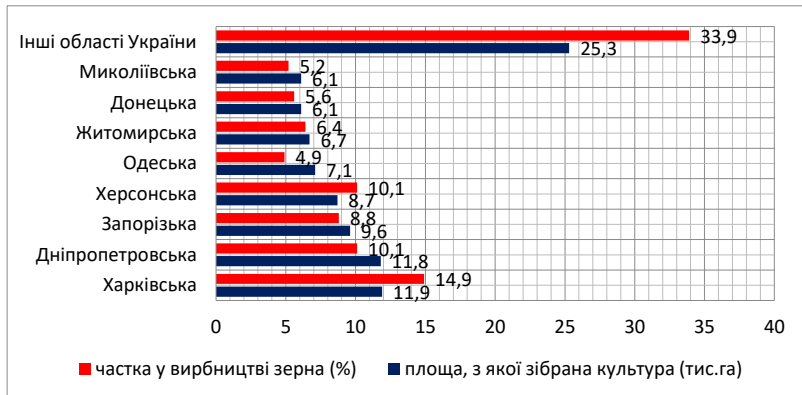


Рис. 2. Посіви проса розподіл за областями України станом на 2019 рік

Тому більшість господарств України не знають про високу продуктивність культури. Однак, використовуючи передові технології, найкращі господарства України вирощують 81,1 ц/га і більше зерна на всіх площах.

З поступовими змінами клімату, що відбулися протягом останнього десятиліття, просо дуже позитивно реагує на підвищення температури повітря. Також ця культура дає досить стабільний урожай у нашому районі, незалежно від погодних умов, наприклад, на відміну від інших культур.

У 2015–2019 роках в Україні було зібрано понад 93 000 га в 2019 році, а найменше в 2018 році – 55 000 га.

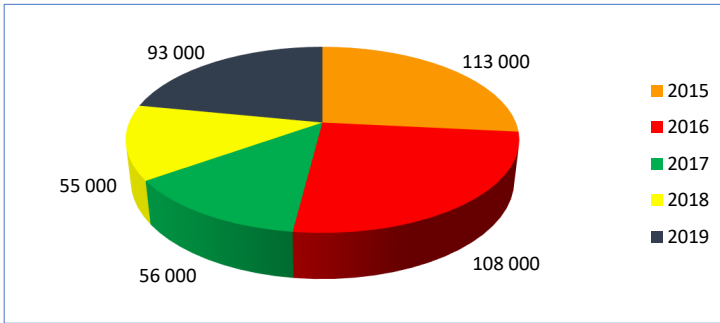


Рис. 3. Площі, з яких зібрано проса у період з 2015 по 2019 років

Найбільш відповідні райони для вирощування проса – це степові та лісові ділянки. За даними Державного комітету статистики України у 2019 році, найбільше загальне виробництво проса було зосереджено в Харківській області – 25,2 тис. тонн, Херсонській та Дніпропетровській областях – 17,1 тис. тонн, Запорізькій – 14,9 тис. тонн та Житомирській області – 10,8 тис. тонн.

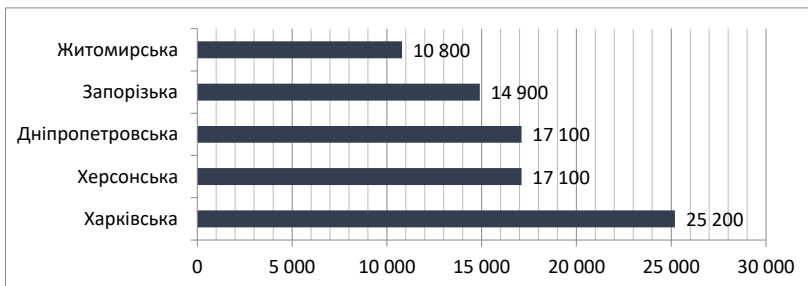


Рис. 4. Розподіл виробництва проса за областями України у 2019 році

У Рівненській та Тернопільській областях спостерігався невеликий загальний урожай складає лише 0,5 тис. т. Пшоно погано переносить клімат регіону та практично не вирощується на цих територіях.

Таблиця 1

**Динаміка показників виробництва проса
в розрізі категорій господарств в Україні**

Показник	Рік			
	2017	2018	2019	2019 у % до 2017
Зібрана площа, тис. га	56,10	54,80	93,30	166,31
Валовий збір тис. тонн	84,15	80,01	168,87	200,68
Урожайність, ц/га	15,00	14,60	18,10	120,67
Сільськогосподарські підприємства				
Зібрана площа, тис. га	31,40	32,90	68,80	219,11
Валовий збір тис. тонн	48,36	51,65	130,03	268,91
Урожайність, ц/га	15,40	15,70	18,90	122,73
Господарські населення				
Зібрана площа, тис. га	24,70	21,90	24,50	99,19
Валовий збір тис. тонн	35,57	28,47	39,20	110,21
Урожайність, ц/га	14,40	13,00	16,00	111,11
Фермерське господарство				
Зібрана площа, тис. га	10,00	3,30	22,10	221,00
Валовий збір тис. тонн	15,20	15,68	40,22	264,62
Урожайність, ц/га	15,20	47,50	18,20	119,74

Аналіз виробництва проса в Україні дозволяє зробити висновок про збільшення основних виробничих показників для всіх категорій господарств: валової продукції, урожайності та урожаю. Тому в 2019 році порівняно з 2017 роком продуктивність проса у всіх категоріях господарств зросла на 20 %. Якщо розглядати сільськогосподарські підприємства та фермерські господарства окремо, слід зазначити, що у досліджувані роки валова продукція потроїлась на 268,91 та 264,62 відсотка відповідно. В економічному населенні спостерігається незначне зменшення врожаю площі (0,2 тис. га), але це не вплинуло на врожайність, що підтверджується офіційними даними, що свідчать про збільшення виробництва та валової продукції на 10 % до 2019 року до 2017 року. Найвищі врожаї отримали фермери у Хмельницькій, Вінницькій, Київській та Черкаській областях від 28,2 ц/га до 32,6 ц/га, що ще

раз підтверджує здатність проса пристосовуватися до різних умов вирощування.

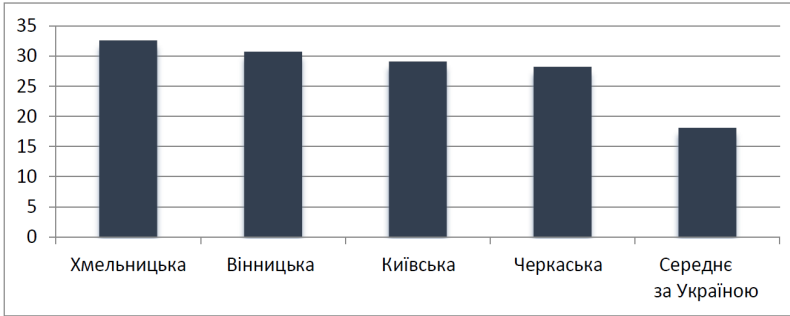


Рис. 5. Найвищі показники урожайності проса у 2019 році (ц/га)

За порівнянні з минулими роками рівень виробництва вирощеного проса у 2019 збільшилось до 170 000 тонн, але у 2015 році врожайність проса складала 213 000 тонн, що було значно більшим показником за останні 5 років.

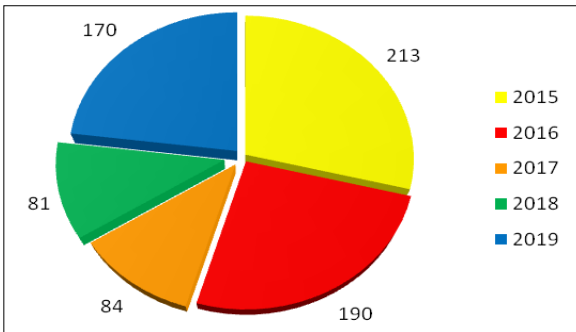


Рис. 6. Виробництво проса в Україні, тис. тонн

За даними Державного комітету статистики України, економічні показники вирощування проса суттєво змінились у 2015–2019 роках. Порівняно з 2018 та 2019 роками 2017 рік виявився менш придатним для посадки проса. Після 2018 року цей показник дещо зріс до 47,2 %.

У структурі світового виробництва зерна просо посідає шосте місце після кукурудзи, рису, пшениці, ячменю. Це пов'язано насамперед із характеристиками культури – високим потенціалом біологічної продуктивності з найвищим коефіцієнтом розмноження, сильним самозапиленням, посухостійкістю, засоленістю, стійкістю до хвороб та поганою реакцією на терміни посадки [4].



Рис. 7. Динаміка регіональної урожайності проса в Україні

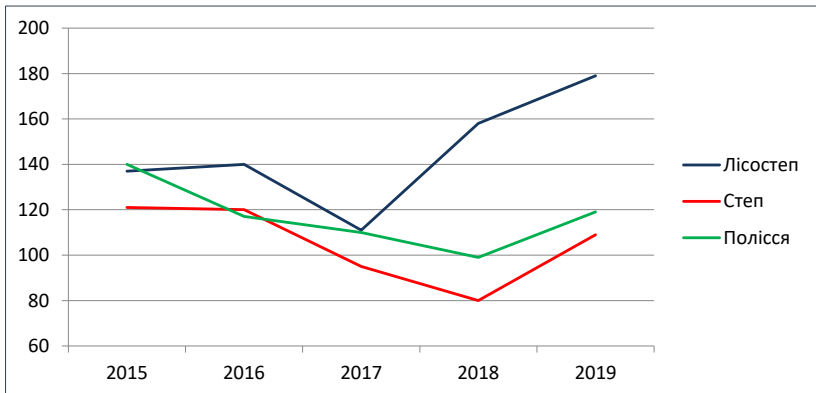


Рис. 8. Динаміка регіональної урожайності проса в Україні

Якщо говорити про світовий імпорт проса в 2019 році, він перевищив 177 мільйонів доларів (114 країн). До цієї групи належать Індонезія (19,2 %), Німеччина (8,21 %), Бельгія (97,64 %), Великобританія (4,57 %) та Канада (4,5 %). Експорт перевищив 164 мільйони доларів (71 країна).

Найбільшими експортерами українського проса у 2016/17 МР були країни Європейського Союзу, Німеччина, Великобританія (10 %) та Бельгія (8 %) з 10 % від загальної кількості. Окрім Європи, місцеве просо було імпортовано у Південної Африки (8 %) та Пакистану (5 %).

У 2019/20 рр. Україна експортувала 39 тис. т, що в 2,4 рази більше, ніж у попередній період (16,4 тис. Т). Цього року основними імпортерами є Польща, Англія та Нідерланди, де отримано близько 16,1 тис. Т продукції. 5 – Порівняння імпорту до вищезазначених країн із зазначеними країнами ЄС. Тут ми спостерігаємо збільшення імпорту за межі Німеччини, ми купували менше проса в 2019/20 [14].

Висновки

Глобальна проблема зміна клімату, безпосередньо має вплив на ведення сучасного сільського господарства України. В першу чергу, з метою зменшення хімічного навантаження на ґрунт та продукцію рослинництва необхідне застосування біопрепаратів та біодобрив, які мають органічне походження та не шкодять фіто санітарному стану посівів. Збільшення кількості небезпечних погодних явищ негативно плывають на стан посівів та урожайності культур. Тому необхідно оперативно реагувати на можливий різкий прояв погоди за допомогою інноваційних цифрових технологій [1].

Використання органічних технологій при вирощуванні проса веде до підвищення природної біологічної активності у ґрунті та відновлення балансу натуральних поживних речовин. Відбувається накопичення в ґрунті достатньої кількості гумусу та підвищення його родючості для наступних культур у сівозміні. Спостерігається поліпшення якості вирощеної сільськогосподарської продукції та підвищення загального обсягу врожаю. Здійснюється зміцнення імунітету рослин проса, з метою підтримання стійкості несприятливим факторам, таким як посухи або хвороби. На сьогоднішній день застосування біопрепаратів – найбільш ефективний захід для підвищення врожайності і захисту насіння та культур без ризику нанесення шкоди екосистемі. Підтримання полів у чистому, від

бур'янів, шкідників та хвороб, стані є найважливішою передумовою високої продуктивності сільськогосподарських культур [10].

Список використаних джерел:

1. Averchev O., Nikitenko M. Use of digitalization in agricultural sector in monitoring for weather activity at climate change. *Azərbaycan Hidrotexnika və Meliorasiya Elm-İstehsalat Birliyinin 2020-ci ilə dair «Elmi əsərlər toplusu»*, XLII cild – Bakı : 2021-ci il, «Elm». Pp. 14–27.
2. O.V. Averchev, Yu. E. Kyrylov, G.A. Fecenko The current state of buckwheat market in Ukraine. *Bulletin of National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan*. 2021. Vol. 2, number 390, pp. 113–119.
3. Аверчев О.В., Нікітенко М.П. Вирощування проса в умовах півдня України. *Таврійський науковий вісник. Сер. Сільськогосподарські науки*. 2020. № 116. С. 47–55.
4. Костромітін В. Виробництво проса: підсумки та перспективи. Поширення і властивості. *Агрономія Сьогодні* : веб-сайт. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/282-vyrobnytstvo-prosa-pidsumky-ta-perspektyvy-poshyrennia-i-vlastyvosti.html>
5. Аверчев О.В. Агроекологічне обґрунтування культури гречки та проса в специфічних умовах рисової сівоzmіни. *Таврійський науковий вісник. Сер. Сільськогосподарські науки*. 2008. Вип. 59. С. 17–23.
6. Верниволя З. С. Просо в степу : брошура / ред. О. І. Лівенська. Дніпропетровськ : Промінь, 1966. 51 с.
7. Культура ПРОСО (особливості вирощування та зберігання). *ІАС Аграрії разом* : веб-сайт. URL: <https://agrarii-razom.com.ua/culture/proso> (дата звернення: 03.02.2021).
8. Елагин И. Н. Агротехника высоких урожаев проса : навч. посіб. / ред. Л. Зеленецкая. Москва : Министерства сельс. хозяйства РСФСР, 1963. 139 с.
9. Інтенсивна технологія вирощування проса в Україні на 2021. *Агроексперт-Трейд*: веб-сайт. URL: <https://agroexp.com.ua/uk/tehnologiya-vyiraschivaniya-prosa-ukraina> (дата звернення: 14.03.2021).
10. Averchev O.V., Nikitenko M.P., Yosypenko I.V. The biological methods of disease combating and pests on millet crops. *Таврійський науковий вісник. Сер. Сільськогосподарські науки*. 2021. № 118. С. 3–9.
11. ХЕЛАФІТ®-комбі. *ХЕЛАФІТ®-комбі*: веб-сайт. URL: <http://www.helafit.pro/production> (дата звернення 10.10.2021).

12. «БІО-ГЕЛЬ» органічне добриво для рослин і ґрунтів. «Біо-гель»: веб-сайт. URL: <https://biogel.com.ua/> (дата звернення 10.10.2021).

13. Аверчев О.В., Нікітенко М.П. Біологічне землеробство на посівах проса. *Таврійський науковий вісник. Сер. Сільськогосподарські науки*. 2021. № 119. С. 3–8.

14. Аверчев О.В., Нікітенко М.П. Біологічне землеробство на посівах проса. *Таврійський науковий вісник. Сер. Сільськогосподарські науки*. 2021. № 121. С. 3–9.

DOI <https://doi.org/10.36059/978-966-397-240-4-25>

Воленчук Н. А.

кандидат економічних наук,
заступник директора з наукової роботи
Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція
Національної академії аграрних наук України
м. Покровськ, Донецька область

ІННОВАЦІЙНА ДІЯЛЬНІСТЬ НАУКОВИХ УСТАНОВ АГРАРНОЇ СФЕРИ: РЕАЛІЇ ТА НАПРЯМИ АКТИВІЗАЦІЇ

Анотація. В статті висвітлено концептуальні засади та основні результати наукових досліджень із питань інноваційного розвитку та трансферу технологій науково-дослідних установ аграрної сфери. Досліджено та надано оцінку стану інноваційної діяльності наукових установ сектору АПК. У статті розглянуто проблеми розвитку інноваційної діяльності вітчизняних наукових установ та основні перепони, які стоять перед сільськогосподарськими підприємствами на етапі впровадження інновацій. Розглянуто динаміку подачі заявок на об'єкти інтелектуальної власності та отримання охоронних документів установами Національної академії аграрних наук України. Систематизовано та наведено інформацію щодо впровадження затребуваних наукових розробок у діяльність сільськогосподарських підприємств, визначено їх економічну ефективність. Окреслено методи популяризації наукоємної продукції на ринку, які здійснювались науковими установами. Обґрунтовано організаційно-економічні напрями активізації інноваційної діяльності в стратегічному розвитку сільськогосподарських підприємств. Проаналізовано результати комерціалізації наукоємної продукції та надані практичні рекомендації, які здатні посилити роль дослідних установ у сфері наукового забезпечення.

Вступ

Основним завданням економічної політики України є подальший розвиток інноваційної моделі національної економіки з метою прискорення темпів зростання, досягнення стабільної конкурентоспроможності на світовому ринку шляхом здійснення експорту високотехнологічної продукції та збільшення її частки, поступове

забезпечення необхідних темпів імпортозаміщення, раціонального використання всіх ресурсів. Активізація інноваційної діяльності наукових установ аграрної сфери зумовлена посиленням конкурентної боротьби на ринку сільськогосподарської продукції та інтеграцією України в міжнародний економічний простір. Дослідження показали, що інноваційні складові наукового процесу ще не повністю освоєні науково-дослідними установами та потребують роз'яснення питання щодо реєстрації прав на завершені наукові розробки, механізму їх ефективної комерціалізації, оцінки ОПІВ та правової охорони, налагодження системи економічних відносин між учасниками інноваційного процесу з метою стимулювання впровадження інновацій у виробництво.

Повільні темпи впровадження інновацій пов'язані, в першу чергу, з низькою платоспроможністю сільськогосподарських підприємств, а також із недостатньою проінформованістю та обізнаністю управлінців підприємств про досягнення аграрної науки. У зв'язку з чим нагальним питанням для наукових установ аграрної сфери є створення дієвого механізму з відповідними інструментами щодо перетворення завершених розробок у наукоємну продукцію, пошук шляхів комерційного впровадження інновацій та ознайомлення керівників сільськогосподарських підприємств із сучасними технологіями та селекційними здобутками з метою їх впровадження та ефективного використання у діяльності суб'єктів господарювання.

Одними із найважливіших завдань агропромислового комплексу на сьогодні є досягнення стійкого розвитку сільського господарства та збільшення обсягів виробництва сільськогосподарської продукції. Для того, щоб наповнити реальним змістом новий статус сільськогосподарського виробника, необхідно привести у відповідність із вимогами ринкових відносин організаційно-економічний механізм інноваційного забезпечення аграрного виробництва, тобто систему відповідних форм і методів впливу на виробництво для досягнення поставлених цілей [1; 3; 4; 6; 16; 17; 20].

Інноваційна діяльність включає в себе весь інноваційний процес – від виникнення нових ідей та знань до розповсюдження наукового продукту в практичній діяльності. Інноваційна модель розвитку агропромислового комплексу передбачає використання нових прогресивних технологій або її елементів, високопродуктивних сортів сільськогосподарських культур, нових порід і типів худоби, ветеринарних препаратів [4; 20]. Важливою умовою розвитку та підвищення ефективності функціонування агропро-

мислового комплексу є посилення інтеграції науки з виробництвом, широке впровадження наукових досягнень у практику роботи аграрних підприємств і організацій.

Сучасні умови ринкового середовища вимагають від керівників сільськогосподарських підприємств якісно нових підходів до прийняття управлінських рішень. У сучасних умовах основним засобом зростання й розвитку сільськогосподарського виробництва в довгостроковій перспективі стають досягнення науково-технічного прогресу та інновації. На переконання науковців Національної академії аграрних наук України, забезпечення ефективного розвитку сільськогосподарського виробництва в ринкових умовах можливе за умов переходу галузі на інноваційну модель розвитку, нарощування обсягів інвестицій, побудови інтегрованої ринкової інфраструктури, що створює підґрунтя для функціонування науки та підприємництва в єдиному збалансованому комплексі [17, с. 92]. На сьогодні постійне впровадження новітніх розробок є реальною запорукою сталого розвитку сільського господарства.

1. Вплив інноваційної діяльності на розвиток потенціалу суб'єктів господарювання аграрної сфери

Аналізуючи стан агропромислового комплексу, можемо відзначити, що інтенсифікацію його розвитку та стабілізацію обсягів виробництва сільськогосподарської продукції досягнуто за рахунок впровадження у виробництво елементів науково-обґрунтованої системи землеробства та ресурсозберігаючих технологій, використання сортів та гібридів сільськогосподарських культур, адаптованих до природно-кліматичних умов області, плідної співпраці «держави-науки-бізнесу», міжнародної фінансової підтримки фермерства, отримання державних дотацій.

Осередком створення інноваційної продукції є науково-дослідні установи, дослідження яких спрямовані на розробку інноваційних технологій у рослинництві та тваринництві, створення сортів зернових і кормових культур, розроблення науково-організаційних підходів та ринково-орієнтованого інструментарію випробовування, експериментального виробництва та консалтингового супроводу трансферу інноваційних технологій у агропромислового комплексі регіону. На рис. 1 показано принципову схему руху від інноваційної ідеї до реалізації інноваційної продукції на ринку.

Схема відображає трансформацію результатів наукових досліджень і розробок або інших науково-технічних досягнень у новий

технологічний процес або у новий продукт, які впроваджуються в виробничий процес та забезпечують отримання економічних вигід від їхнього використання.

Як наголошує О.В. Гончаренко в своєму дослідженні, в інноваційній сфері національної економіки сформувались суттєві системні перешкоди на шляху здійснення інноваційної діяльності через обмежене фінансування, значні втрати кадрового науково-інноваційного потенціалу, недостатній розвиток патентної діяльності, неефективне державне управління інноваційною діяльністю, відсутність модернізаційних перетворень в економічному секторі, недостатню інтеграцію вітчизняних підприємств у світогосподарські процеси, низький рівень інноваційної культури та нерозвиненість інформаційної структури [6, с. 104].

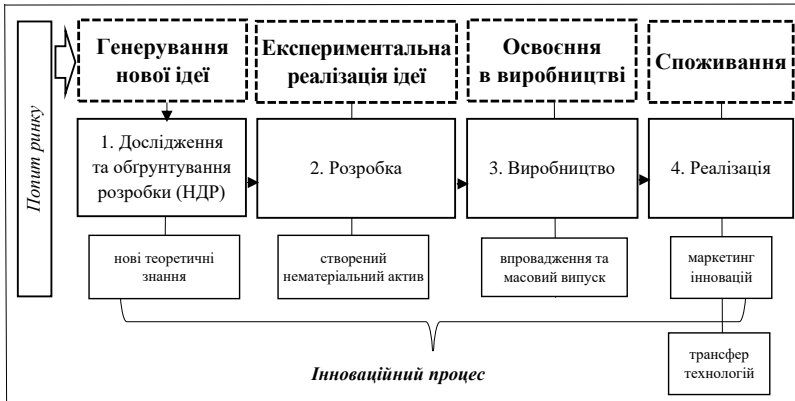


Рис. 1. Етапи трансформації наукової ідеї в інноваційний продукт

Джерело: розроблено автором

На думку В.Б. Смолінського, головною причиною низької інноваційної активності вітчизняних підприємств вважається відсутність економічних механізмів зацікавленості у впровадженні новацій у виробництво. Інноваційну діяльність підприємства проводять в основному самостійно через обмежені фінансові можливості для вирішення науково-технологічних проблем. Технічний рівень засвоєної вітчизняним виробництвом продукції знижується, впроваджуються в основному нововведення, які не потребують значних

фінансових витрат. Як показує досвід, зарубіжні товари витіснили з внутрішнього ринку національну наукомістку продукцію, а через високі витрати на освоєння продукції сучасного технологічного рівня підприємства намагаються ігнорувати довготривалі наукомісткі проект [21, с. 288].

Упродовж 2018–2020 рр. частка підприємств, які займались інноваційною діяльністю, становила 18,2 %, у т. ч. здійснювали технологічні інновації – 9,6 %, нетехнологічні – 8,7 %. Слід зазначити, що існує прямий зв'язок між розміром підприємства та його рівнем інноваційності, оскільки для впровадження інновацій необхідно мати певну кількість персоналу, задіяного у виконанні наукових досліджень і розробок. Відповідно, найвища частка як технологічно активних, так і нетехнологічно активних підприємств була серед великих підприємств (відповідно 32,9 % і 20,7 %) [11].

Інноваційний розвиток підприємств не можливо стимулювати і підтримувати без достатнього фінансового забезпечення. Відзначимо, що фінансування науково-дослідних робіт наукових установ України здійснюється за рахунок бюджетних асигнувань. На рис. 2 графічно наведена структура фінансування наукових досліджень та розробок в розрізі галузевих академій України та підпорядкованих їм установ. Якщо порівняти фінансування 2020 р. проти 2018 р., слід відзначити, що суттєвих змін, які б вплинули на зміну структури між галузевими академіями, не відбулося, але зміни торкнулися деяких академій. Наочно бачимо, що в 2020 році фінансування академії аграрних наук України збільшилось на 2 %, а фінансування академії медичних наук – на 1 %.

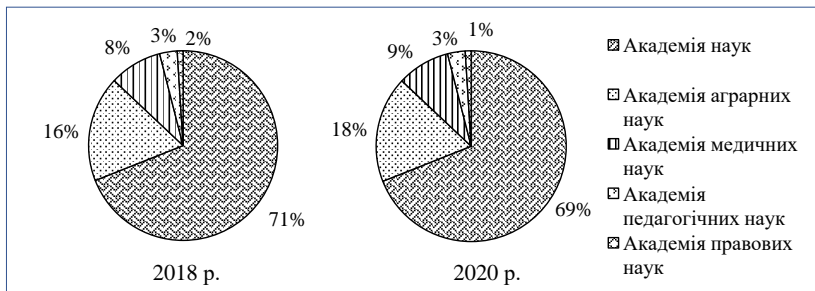


Рис. 2. Фінансування наукових досліджень і розробок, 2018–2020 рр.

Джерело: складено автором за [11]

Для покращення стану інноваційного середовища на підприємствах, насамперед, потрібно усвідомити, що кількість інноваційно активних підприємств буде зменшуватись за відсутності підтримки держави, як законодавчо, так і в фінансовому плані [11].

Як свідчать дані Державної служби статистики України у 2020 р. витрати на інновації в основному здійснювались за рахунок власних коштів (понад 90 % загального обсягу фінансування), кредитів (3,5 %) та бюджетних коштів (2,8 %). Обсяг реалізованої у 2020 р. інноваційної продукції склав 2,9 % (у т.ч. нових для ринку – 0,9 %, нових лише для підприємства – 2,0 %) загального обсягу реалізованої продукції обстежених підприємств [11].

Проаналізувавши дані підприємств стосовно інноваційної діяльності в розрізі регіонів України, слід відмітити, що у 2020 р. найвищий рівень інноваційної активності спостерігався на підприємствах Рівненської, Івано-Франківської та Харківської областей. Найвища частка технологічно інноваційних підприємств у Харківській (16,9 %), Івано-Франківській (16,6 %) та Рівненській (15,2 %) областях [11].

Науково-дослідна робота є невід'ємною складовою наукової діяльності установи. Наукові інститути, отримуючи бюджетні кошти на проведення науково-дослідних робіт, проводять теоретичні, прикладні дослідження та розробки у відповідній галузі, координують та здійснюють науково-методичне забезпечення наукових досліджень установ, які їм підпорядковані. Як вже зазначалось, ядром створення інноваційної продукції в агропромисловому комплексі є науково-дослідні установи Національної академії аграрних наук України. Саме вони отримують бюджетні кошти на виконання науково-дослідних робіт та здійснюють впровадження наукових розробок у виробництво. Основним продуктом, що виробляють наукові установи НААН, є наукові розробки, ефективність яких характеризується виходом захищених об'єктів інтелектуальної власності та впровадженими на їхній основі інноваційними проектами [9; 10].

Опираючись на Звіт про діяльність Національної академії аграрних наук України за 2016–2020 рр., представимо інформацію щодо створення об'єктів права інтелектуальної власності (табл. 1).

За даними табл. 1 відмітимо, що за весь період було подано 1872 заявки на об'єкти інтелектуальної власності, в той час, як у цей же період ними було отримано 2245 охоронних документів [9].

Таблиця 1

**Створення об'єктів права інтелектуальної власності
у 2016–2020 рр.**

Роки	Винаходи	Корисні моделі	Знаки товарів і послуг	Сорти, гібриди	Селекційні досягнення у тваринництві	Об'єкти авторського права
2016	42/25*	107/188	4/7	123/118	-/1	27/39
2017	42/24	186/192	6/4	161/199	-/-	37/57
2018	29/28	209/184	8/4	186/348	-/-	32/27
2019	22/32	128/172	12/5	109/194	-/-	38/27
2020	26/24	121/129	2/2	174/184	-/3	41/28
Усього по НААНУ 2016–2020 рр.	161/133	751/865	32/22	753/1043	-/4	175/178

*Примітка: перед навіскісною – подано заявок на отримання охоронних документів, за навіскісною – отримано охоронних документів.

Джерело: [9]

Дослідженнями доведено, що навіть при значній кількості запатентованих об'єктів інтелектуальної власності та їх успішного впровадження у виробництво, вартість таких об'єктів на балансах наукових установ у складі нематеріальних активів зовсім відсутня. Це пояснюється відсутністю нормативно-правових норм, які б регулювали порядок оцінки інтелектуальних активів в бюджетних установах [19].

Модель розвитку аграрного сектора економіки передбачає створення наукоємного середовища на ринкових засадах, яке спроможне забезпечити наукову розробку, освоєння прогресивних, стратегічно конкурентоспроможних технологій, впровадження їх у наукоємне виробництво та реалізацію якісної наукоємної продукції на товарно-споживчому ринку. Основою наукоємного ринку інновацій держави є її науково-технічна сфера – головний продуцент наукового продукту, який реалізується на ринку у вигляді інновацій. Якщо вважати науку однією із галузей економіки, то можна стверджувати, що від економічного стану та динаміки її розвитку залежить інноваційний потенціал усєї економіки [4; 16; 18; 20]. До практичного вирішення завдань діяльності у сфері наукового

забезпечення інноваційного розвитку сільського господарства в Донецькому регіоні функціонує Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція НААН України. Пріоритетними напрямками інноваційної діяльності ДДСДС НААН є: селекція на насінництво сільськогосподарських культур; удосконалення й розробка нових систем землеробства, збереження і підвищення родючості ґрунтів; розробка та впровадження ресурсозберігаючих, екологічно безпечних технологій у рослинництві та тваринництві; виробництво та реалізація насіння високих репродукцій; апробація завершених розробок та їх адаптація до ґрунтово-кліматичних умов регіону; науково-консультаційний супровід впроваджених розробок [10].

Протягом 2021 р. науковцями Станції виконувались дослідження за 14 завданнями ПНД НААН, з яких 6 фундаментальних та 8 прикладних. Результати досліджень установи спрямовані на розробку інноваційних технологій із рослинництва й тваринництва, створення сортів зернових і кормових культур, розроблення науково-організаційних підходів та ринково-орієнтованого інструментарію випробовування, експериментального виробництва та консалтингового супроводу трансферу інноваційних технологій і продукції в агропромислому комплексі регіону [10].

У 2020 році науковцями створено «Інноваційний портфель НДУ Донецького регіонального центру НААН». Вихідною базою для його створення були результати новітніх розробок наукових установ Донецького регіонального центру НААН (Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція НААН, Бахмутська дослідна станція розсадництва Інституту садівництва НААН та Донецький відділ родючості ґрунтів ННЦ ІГА НААН) за останні п'ять років [10].

Науковцями установи створено «Аналітично-інформаційний банк замовлень інноваційної продукції». Вихідною базою для побудови банку замовлень інновацій стали результати анкетного опитування сільськогосподарських товаровиробників в Донецькій області. Для участі в опитуванні було задіяно 175 сільськогосподарських товаровиробників, з них: 3 – агрохолдингу, 85 – агрофірм, 87 – фермерських господарств. З метою виявлення та вивчення пріоритетних напрямків впровадження інновацій у виробництво було поділено та структуровано замовлення таким чином, щоб було наочно видно потреби агрохолдингів, агрофірм та фермерських господарств в залежності від напрямку та галузі (рослинництво, землеробство, тваринництво) [10]. Найбільш пріоритетні замовлення інноваційної продукції серед агроформувань та фермерських господарств представлені графічно на рис. 3.

У результаті опитування представників сільськогосподарських агроформувань було виявлено, що незважаючи на нестабільність інноваційної активності, товаровиробники намагаються інтегрувати передові науково-технічні розробки й адаптувати їх у власне виробництво. Свідченням цього є новітні технології рослинництва, тваринництва та енергозберігаючі системи землеробства, які впроваджуються у виробничу діяльність.

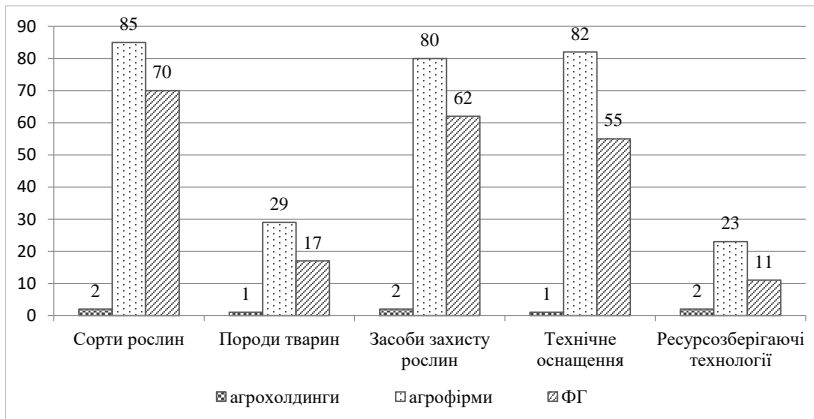


Рис. 3. Пріоритетні замовлення інноваційної продукції товаровиробників, 2020 р.

Джерело: складено автором за результатами опитування

Крім виявлення пріоритетних інноваційних розробок, в яких зацікавлені товаровиробники, особливої уваги потребує питання виявлення позитивних та негативних наслідків впровадження передових агроінноваційних технологій. Тому науковцями були проаналізовані можливості використання, переваги тієї чи іншої інноваційної продукції, а також виявленні проблеми адаптації та впровадження інновацій у виробництво в нинішніх економічних умовах.

Слід відмітити, що опитувані сільськогосподарські підприємства фінансують інноваційну діяльність виключно власними коштами, в окремих випадках залучають кошти державного бюджету (2 %) та кредити (5 %). Основну частку коштів підприємства спрямовують на придбання машин, обладнання, установок (67 %) та оборотних засобів (насіння, добрив, засобів захисту рослин) (28 %).

В результаті проведеного дослідження, науковцями Станції встановлено, що для забезпечення стабільного розвитку сільського господарства, зміцнення економічної та технологічної безпеки галузі необхідне впровадження новітніх прогресивних технологій. Використання інновацій та техніко-технологічних розробок в аграрній галузі дасть змогу підвищити результативність її діяльності. За рахунок інтенсивних технологій ведення вітчизняного сільськогосподарського виробництва можна досягти збільшення виробництва валової продукції, покращити її якість, скоротити витрати ресурсів, що, в свою чергу, сприятиме підвищенню ефективності та прибутковості агровиробництва.

Аналіз стану розвитку агроформувань, використання ресурсного потенціалу, їх виробничо-господарської діяльності засвідчує, що з реформуванням АПК, появою господарств приватної власності значно погіршилась культура землеробства, знижується родючість ґрунтів, бо значно зменшилась кількість висококваліфікованих спеціалістів на селі, до керівництва сільгосп підприємствами прийшло багато людей без відповідної освіти. Самотужки оволодівати секретами агротехніки важко, тому особливо проявилась потреба в наукових рекомендаціях і розповсюдженні передового досвіду. Це потребує здійснення наукового супроводження інноваційних проектів, проведення постійно діючих тренінгів та тимчасових курсів навчання фахівців системи АПК, створення інформаційно-консультаційної мережі в області [8; 23].

У 2020 році проведено наукові дослідження, що дозволили систематизувати науково-технічні розробки Донецького регіонального центру, які є комерційно цінними для освоєння в умовах Донецької області. Сформований банк науково-технічних розробок, які мають комерційну цінність і рекомендовані для освоєння в умовах Донецької області. розробок вміщує сорти ячменю ярого і пшениці озимої нашої селекції та новітні елементи технологій вирощування ярих культур. Впровадження розробок дозволило отримати економічний ефект у розмірі 2593,5 тис. грн/рік [10].

Маркетингові дослідження виявили, що з найбільш затребуваних інновацій є сорти рослин та інтенсивні технології їх вирощування, 50 % респондентів впроваджували у своєму господарстві нову високотехнологічну техніку. 37 % товаровиробників виявили зацікавленість до розширення площ посівів та закупівлі насіннєвого матеріалу сортів донецької селекції, 72 % – до консультування з питань технологій вирощування сільськогосподарських культур.

Застосування науково-технічних розробок при виробництві основних видів продукції здійснюється у 56 % господарств, 36 % виробників застосовують окремі елементи інноваційних розробок і лише четверта частина господарств основою своєї діяльності вважає впровадження інновацій.

У 2020 році проводилося випробування 17 наукових розробок, в т. ч. в галузі землеробства – 1, рослинництва – 14, зоотехнії – 2. Впроваджувалося 28 розробок в галузях агропромислового виробництва в 23 агроформуваннях регіонів, укладено 47 договорів (з них 42 – ліцензійних, 5 – на наукове забезпечення) на суму 3711,2 тис. грн [10].

2. Впровадження та виробнича перевірка закінчених наукових розробок

Впровадження ефективних заходів щодо розвитку аграрного сектору залежить від чіткої ідентифікації причин, які заважають цьому розвитку, зокрема активізації інноваційної діяльності сільськогосподарських підприємств та наукових установ. Науковцями були проаналізовані результати опитування товаровиробників та з'ясовані основні причини недостатнього впровадження інновацій у виробництво. Ці чинники згруповані за відповідними групами та представлені в табл. 2.

Таблиця 2

Чинники, що перешкоджають здійсненню інновацій

Групи чинників	Окремі чинники
Цінові чинники	Відсутність коштів для фінансування інноваційної діяльності
Інформаційні чинники	Відсутність кваліфікованого персоналу
	Відсутність інформації на ринку про інноваційні продукти
Ринкові чинники	Відсутність попиту на інноваційні технології, інноваційні продукти

Джерело: складено автором

Наукові установи аграрної сфери здійснюють своєчасне і достовірне інформаційне забезпечення виробничих і управлінських структур; надають консультаційні послуги; накопичують банки даних і знань за результатами завершених науково-дослідних робіт; організовують виробничі перевірки та експертні оцінки нових

технологій і технологічних прийомів в ґрунтово-кліматичних умовах регіону; організовують показове впровадження (демонстраційні полігони, ферми, виставки, семінари); забезпечують консультативно-навчальне обслуговування виробників сільськогосподарської продукції; налагоджують виробництво насіння високих репродукцій та посадкового матеріалу високоврожайних сортів та гібридів сільськогосподарських культур.

Особлива увага наукових установ спрямована на розповсюдження науково-технічної, кон'юнктурно-економічної та патентної інформації, пропаганду науки та передового досвіду серед суб'єктів господарської діяльності через проведення обласних та районних семінарів, виставок, екскурсій на дослідних посівах, демонстраційних науково-технологічних полігонах в дослідних і базових господарствах. З цією метою у 2020 проведено 631 конференцію, семінар та нараду, 248 – виставок-ярмарок, 74 – дні поля, 226 – круглих столів, надано 32539 консультацій, проведено навчання 15844 фахівців АПК, видано 2249 рекомендацій та інформаційних листків, здійснено 120 виступів по радіо та 134 на телебаченні. Протягом звітнього періоду було забезпечено функціонування понад 200 демонстраційних полігонів та понад 20 модельних ферм [9, с. 597]. Налагоджено систему бізнес-пропозицій високоякісного насінневого матеріалу сільськогосподарських культур виробництва НААН та її мережі [9].

Слід зауважити, що наукова розробка стає інновацією, якщо вона рекомендована до масового впровадження у виробництво. Проте і в цьому разі вона має пройти стадію підготовки до такого освоєння її у виробництві, що сприятиме найповнішому використанню потенційних можливостей інновації. Відповідальність за її створення зазвичай покладається на наукову установу. Про ефективність функціонування свідчить кількість і якість нових сортів рослин і їх освоєння у виробництві.

Впровадження результатів досліджень сприяє мобілізації інноваційного потенціалу наукових установ НААН України на проривних напрямках розвитку агропромислового комплексу, створенню конкурентоспроможної підприємницької системи трансферу інновацій із інвестиційним забезпеченням та інтеграційним супроводом, розвитку державно-приватного партнерства в системі аграрної науки шляхом реалізації самоокупних бізнес-проектів інноваційно-інвестиційного розвитку пріоритетних об'єктів АПК з дольовою участю держави, приватного капіталу та об'єктів прав на

науково-технічну продукцію, залученню сучасних технологій та капіталу до участі в інвестиційному розвитку інноваційної інфраструктури аграрної науки, підвищенню конкурентоспроможності наукових установ на наукоємному аграрному ринку [2; 7].

Тому одним з головних напрямів діяльності наукових установ мережі НААН є трансфер технологій в АПВ, формування і реалізація інноваційних проєктів, здійснення наукового супроводу; проведення маркетингових досліджень з метою визначення попиту суб'єктів аграрного сектору на наукові розробки, моніторинг ринку технологій в АПВ. У рамках виконання завдань науковими установами проводяться маркетингові дослідження та аналізується попит на наукові розробки, доведені до рівня інновацій, вивчається ринкова ситуація в аграрному виробництві, аналізуються вже розроблені інноваційно-інвестиційні проєкти та формуються нові, розробляються науково-технологічні програми розвитку галузей агропромислового виробництва та здійснюється їх впровадження у галузях рослинництва, землеробства, тваринництва, ветеринарної медицини в агроформуваннях різних форм власності.

Традиційна схема завершення науково-дослідних робіт передбачає передачу науково-технічних розробок науковими установами для апробації та впровадження у виробництво [7]. Випробуванню підлягають завершені науково-дослідні роботи, результати яких визнані науково-прикладними і потребують додаткової адаптації до регіональних умов. В 2019 році установами НААН України проводилась апробація наукових розробок, дані якої представлені на рис. 4.

Використання сортових рослинних ресурсів є однією з найважливіших ланок сільського господарства – основою економічного й соціального розвитку держави. Від ефективності функціонування галузі селекції та насінництва зернових культур залежить рівень та якість забезпечення сільськогосподарських підприємств посівним матеріалом конкурентоспроможних сортів для здійснення сортозаміни та сортооновлення, що є важливою та невід'ємною складовою процесу зерновиробництва. На сьогодні сорт є продуктом інноваційної діяльності, об'єктом інтелектуальної власності та нематеріальним активом, який значною мірою формує інтелектуальний та статутний капітал підприємств агропромислового комплексу.

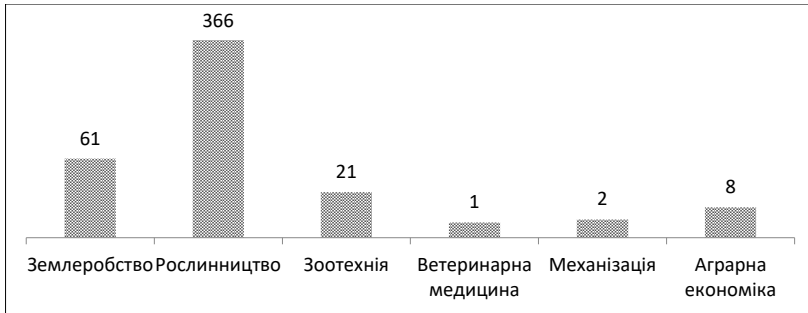


Рис. 4. Апробація наукових розробок установами НААН у 2020 р.

Джерело: складено автором за [9]

Статистичні дані засвідчують низьку активність вітчизняних підприємств у сфері фінансування селекційної діяльності. У 2018 році створено 221 од. науково-технічної продукції в сфері селекційної діяльності (1,17 % від загального обсягу створеної НТП), з них 207 од. створено за рахунок коштів загального фонду [11]. Такі дані свідчать про недостатню зацікавленість вітчизняних підприємств до вдосконалення посівного матеріалу, невпевненість селекціонерів у захисті свої прав на ОПВ через низку негативних факторів.

Щорічно сортовий фонд сільськогосподарських культур поповнюється новими, більш ефективними сортами і гібридами. За даними Мінагрополітики України, в 2016 р. зареєстровано 9060 сортів рослин, придатних для поширення, з них найбільша кількість припадає на кукурудзу – 2297 сортів, соняшник – 1286 сортів, пшеницю – 392 сортів [11; 13; 19; 22].

На думку вчених та фахівців, основними проблемами у сфері вітчизняної селекції в рослинництві є: відсутність можливості отримання матеріальної винагороди (роялті) вітчизняними селекціонерами за результатами практичного використання створеної ними продукції через недосконалість чинного законодавства у сфері використання інтелектуальної власності; відсутність державної підтримки сортів високих репродукцій та їхнього впровадження; відсутність стратегії ресурсного забезпечення селекційної діяльності; незахищеність українських патентів на фоні відсутності коштів для реєстрації таких патентів за кордоном; низька культура землеробства, що знецінює досягнення вітчизняних селекціонерів. Також негативною ситуацією для вітчизняного селекціонера є орієнто-

ваність сільськогосподарського товаровиробника на імпортне насіння. Ця ситуація суттєво погіршує конкурентні позиції вітчизняних селекційних центрів [19].

У системі НААН інноваційне насінництво ведеться у 46 наукових установах, 135 дослідних господарствах, по 550 сортах і гібридах 87 сільськогосподарських культур. Щорічно виробляється понад 60,0 тис. тонн базового насіння, 5,0 тис. тонн насіння первинних ланок, 1,1 тис. тонн батьківських форм гібридів кукурудзи, соняшнику, цукрових буряків, сорго, 70–80 т насіння овочевих і понад 100 т баштанних культур, 20,0 тис. тонн елітного насіння картоплі, 1,5 млн шт. саджанців плодових культур, 1,5 млн шт. саджанців винограду, а також насіння й саджанців інших культур. Насінницькі посіви мають займати в сівозміні не більше як одне-два поля (10–20 %). Крім того, більшість насінницьких посівів вимагає просторової ізоляції 0,8–3 км, що потребує їх розміщення серед полів інших культур [9].

Наукові установи аграрної сфери постійно працюють над удосконаленням сортових ресурсів, займаючись селекцією високопродуктивних, посухостійких сортів озимої пшениці та ячменю ярого. Більш сучасний, високопродуктивний сорт забезпечує не тільки зростання врожайності, якості, стійкості посівів до стресових факторів середовища, а й сприяє кращому використанню природних і антропогенних ресурсів, в тому числі потенціалу родючості ґрунту, внесення добрив, засобів захисту.

Впровадження науково-обґрунтованої структури посівних площ, сівозмін для господарств різної спеціалізації забезпечують стабільне виробництво зерна та кормів, комплекс заходів щодо підвищення стійкості і родючості ґрунтів, ефективного використання добрив. Наприклад, в Донецькому регіоні значним успіхом у виробників зернової продукції користуються сорти озимої пшениці Донецька 48, Білосніжка, Попелюшка, Богиня, Олексіївка, Краплина, Перемога, Ігрита, Юзовська, Диво донецьке; сорти ярого ячменю Донецький 12, Донецький 14, Донецький 15, Партнер, Східний, Степовик, Аверс, Щедрик, Сталий, Резерв, Реприз, Бравий. Нові сорти пшениці озимої Перемога, Ігрита, Юзовська і Диво донецьке ввійшли до Реєстру сортів у 2018 році та вже гідно оцінені агроформуваннями за високі господарські характеристики, бо вищезазначені сорти пшениці належать до цінних сортів та є сортами інтенсивного типу універсального використання на високих і середніх агрофонах. За роки державного

сортовипробування середня урожайність становила 5,3–7,1 т/га. Зерно має високий вміст білка (13,3–14,0 %) та клейковини (27,1–29,2 %), об'єм хліба з 100 г борошна складає 980–1000 см³. На державне сортовипробування передано сорт пшениці м'якої озимої Алмаз із заявленим показником урожайності 7,3 т/га, вмістом білка – 14,2 %, об'ємом хліба з 100 г борошна – 1010 см³ [10].

Національна академія аграрних наук України разом з потужними селекційними центрами може запропонувати сільськогосподарському виробництву широкий спектр сортів рослин і гібридів, та рекомендувати відповідну технологію їх вирощування. НААН щорічно формує та випускає «Каталог кращих інноваційних розробок», які рекомендовані для впровадження в агропромислове виробництво. В 2019 році до нього увійшли 300 розробок 52 науково-дослідних установ. Окрім того в наукових установах мережі НААН відпрацьовано ряд пілотних проектів із виробництва високорентабельних нішевих культур, які здатні надати новий імпульс розвитку вітчизняного АПК. Це, зокрема, проекти: промислового виробництва на основі біоадаптивних методів в умовах відкритого ґрунту; часнику – на основі високопродуктивних сортів; екологічно-чистої гречки з підвищеними адаптивними властивостями; горіха грецького – за інтенсивними технологіями; гірчиці – на основі органічних методів землеробства; біомаси для виробництва біопалива – на основі швидкоростучих фітоенергетичних ресурсів.

В табл. 3 наведено кількість сортів рослин, створених науковими селекційними центрами НААН, які передано на державне сортовипробування та які вже занесено до Державного реєстру сортів рослин.

Відзначимо, що більшість виведених сортів і гібридів вітчизняних сільськогосподарських культур за продуктивністю й показниками є конкурентоспроможними щодо зарубіжних сортів. Нині увагу селекціонерів спрямовано на підвищення зимостійкості та посухостійкості зернових культур, що в умовах континентального клімату України має виняткове значення.

Відмітимо, що належна правова охорона селекційних досягнень є необхідною умовою для запобігання можливого порушення прав селекціонерів та інститутів-оригінаторів сортів рослин та порід тварин. Становлення системи охорони селекційних досягнень створює ринковий механізм, яким здійснюється законне обмеження використання (виключне право) об'єктів інтелектуальної власності

третіми особами в комерційних цілях на визначений законом період та території. Така норма забезпечує підвищення економічної мотивації, сприяє формуванню нових ресурсів для подальших інновацій та відшкодуванню капіталовкладень за рахунок одержання прибутків на ринку. Ефективне використання переваг системи охорони об'єктів інтелектуальної власності дає змогу науковій установі та іншим підприємствам отримувати дохід від свого творчого потенціалу та творчої діяльності, що допомагає фінансувати у подальшому створювані інновації.

Таблиця 3

Кількість сортів рослин, створених науковими селекційними центрами НААН в 2016–2020 рр.

Група культур	Передано на державне сортовипробування сортів (гібридів)		Занесено нових сортів і гібридів до Державного реєстру сортів рослин, приданих для поширення в Україні	
	у 2016–2020 рр.	у т. ч. у 2020 р.	у 2016–2020 рр.	у т. ч. у 2020 р.
Озимі зернові	169	61	82	23
Ярі зернові	262	103	246	56
Круп'яні	11	3	13	2
Зернобобові	30	9	28	4
Олійні	82	29	115	10
Кормові	35	13	56	10
Прядивні	9	3	7	0
Буряки цукрові / кормові	9	2	11	0
Картопля	19	5	21	4
Овочеві	73	23	62	13
Баштані	6	5	7	1
Ефіроолійні та лікарські	13	1	23	5
Плодово-ягідні	47	9	50	11
Виноград	7	0	5	5
Квітково-декоративні	35	0	16	1
Усього по НААН	807	266	742	145

Джерело: сформовано за [9]

Для покращення стану селекційної галузі та активізації зацікавленості селекціонерів та селекційних центрів потрібно вжити наступні заходи:

- забезпечити сільськогосподарських товаровиробників високоякісним насінням та посилити контрольну функцію з боку держави в усіх ланках насінництва;
- вжити необхідних заходів щодо впровадження нових сортів і гібридів сільськогосподарських культур, порід тварин в діяльність агроформувань з метою збільшення валового обсягу виробництва продукції, а також збільшення показників експорту;
- забезпечити науково-дослідні установи необхідним фінансуванням на проведення наукових досліджень у галузі селекції, оновити їх матеріально-технічну базу;
- посилити державний контроль за порушенням прав суб'єктів селекційної діяльності, підвищити відповідальність за порушення майнових прав на селекційні досягнення;
- створити центри трансферу технологій, які виступатимуть посередником між науковими установами та бізнесом, що створить умови для більш ефективної селекційної діяльності за рахунок залучення інвестицій з підприємницького сектору, а також може забезпечити ефективну комерціалізацію наукових розробок у діяльність підприємств.

Випробування, впровадження та подальше широке поширення наукових розробок стають ключовими факторами зростання виробництва й зайнятості в сільському господарстві. Саме тут криються найбільш суттєві резерви поліпшення якості продукції, економії трудових і матеріальних витрат, зростання продуктивності праці, вдосконалення організації виробництва і підвищення його ефективності. Результати впровадження наукоємної продукції в діяльність сільськогосподарських підприємств у Донецькому регіоні представлено в табл. 4, що дозволить визначити пріоритетні напрямки та механізм впровадження і використання інновацій на регіональному ринку.

Сприйнятливність сільськогосподарських виробників до нових ідей, впровадження у найкоротші терміни інновацій забезпечать агроформуванням конкурентні переваги як на внутрішньому так і на зовнішньому ринках. В табл. 5 наведено інформацію щодо кількості агроформувань, в яких здійснювалось впровадження інновацій селекційними центрами НААН.

Таблиця 4

Характеристика впровадження Донецької ДСДС НААН на регіональному рівні у 2020 році

Назва науково-технічної розробки (продукту)	Отримані результати впровадження, коротка характеристика отриманої науково-технічної продукції	Назва господарства, де проводилося впровадження	Обсяг впровадження (га, гол.)	Отриманий економічний ефект
<i>Сорт пшениці озимої Перемога</i>	Урожайність – 4,2 т/га На 1 га посіву: виробничі витрати – 9100 грн., витрати пального – 56,0 л; витрати праці – 16,0 люд. год.	ПРАТ «АгроПро»	0,5 га	Чистий прибуток – 7200 грн./га Рівень рентабельності – 34,9 %
<i>Сорт пшениці озимої Донецька 48</i>	Урожайність – 3,4 т/га На 1 га посіву: виробничі витрати – 9250 грн., витрати пального – 57,0 л; витрати праці – 18,2 люд. год.	ДП «ДГ «Широке» ДДСДС НААН»	10,0 га	Чистий прибуток – 7300 грн./га Рівень рентабельності – 38,7 %
<i>Сорт ячменю ярого Аверс</i>	Урожайність – 2,4 т/га На 1 га посіву: виробничі витрати – 8100 грн., витрати пального – 57,2 л; витрати праці – 15,4 люд. год.	ДП «ДГ «Забойщик» ДДСДС НААН»	90,0 га	Чистий прибуток – 6300 грн./га Рівень рентабельності – 34,7 %
<i>Вплив застосування комплексних мікродобрив на онтогенез пшениці озимої</i>	Урожайність – 4,2 т/га На 1 га посіву: виробничі витрати – 8500 грн., витрати пального 59,6 л; витрати праці – 16,4 люд. год.	ТОВ «Група компаній «Ярило»	10,0 га	Чистий прибуток – 8110 грн./га Рівень рентабельності – 40,1 %
<i>Вплив біопрепаратів за різних норм внесення на продуктивність гороху</i>	Урожайність – 2,2 т/га На 1 га посіву: виробничі витрати – 5440 грн., витрати пального – 62,5 л; витрати праці – 15,9 люд. год.	ТОВ «Торговий дім» «БТУ-Центр»	10,0 га	Чистий прибуток – 3700 грн./га Рівень рентабельності – 59,0 %
<i>Науково-технологічне забезпечення вирощування сільськогосподарських культур</i>	На 1 га посіву: виробничі витрати – 8360 грн., витрати пального – 59,0 л; витрати праці – 17,2 люд. год.	ДП «ДГ «Відродження» ДДСДС НААН»	100,0 га	Чистий прибуток – 7440 грн./га Рівень рентабельності – 38,0 %

Таблиця 5

**Впровадження інновацій у діяльність агроформувань
селекційними центрами НААН України, 2020 р.**

Співвиконавці ПНД НААН «Інноваційний розвиток»	Кількість		Залучено коштів до спеціального фонду, тис. грн.
	агроформувань, в яких здійснювалось впровадження інновацій	укладання договорів	
Наукові установи мережі НААН	707	752	33884,5

Джерело: складено автором за [9]

У 2016–2020 рр. установами НААН проведено випробування 2405 закінчених наукових розробок, зокрема у галузях: землеробства – 277, рослинництва – 1882, зоотехнії – 168, ветеринарної медицини – 1, харчової і переробної промисловості – 13, механізації – 12, аграрної економіки – 52. У 2020 році проведено випробування та адаптацію до ґрунтово-кліматичних умов 462 наукових розробок, зокрема у галузях: землеробства – 61, рослинництва – 366, зоотехнії – 21, ветеринарної медицини – 1, харчової і переробної промисловості – 2, механізації – 3, аграрної економіки – 8 [9, с. 592].

3. Ефективний механізм комерціалізації наукоємної продукції та розробка шляхів активізації інноваційної діяльності

Позитивними наслідками ефективно організованої технології впровадження інновацій у діяльність сільськогосподарських підприємств є: розробка та впровадження інновацій, пов'язаних з новими сортами рослин, виведенням нових порід тварин, застосуванням нової техніки, підвищення урожайності культур; підвищення рентабельності діяльності підприємства; підвищення конкурентоспроможності сільськогосподарської продукції на внутрішньому та зовнішньому ринках. Так, наприклад, до біологічних інновацій входять: нові сорти та гібриди сільськогосподарських рослин, нові породи тварин, птиці, створення тварин та рослин, стійких до шкідників та хвороб. До технічних інновацій відносяться нові види техніки, обладнання, технології обробки сільськогосподарських культур, технології у тваринництві. До

хімічних інновацій відносять нові добрива, їх системи, засоби захисту рослин.

Перехід мережі НААН на інноваційну модель розвитку за системою інноваційного провайдингу означає становлення Академії як ринково-адаптованої наукової організації, гармонізованої за відносинами як в інтелектуальній сфері, так і в бізнес-сфері. Це потребує створення і координації, функціонування та розвитку ринкової інноваційної інфраструктури Академії, інтегрованої з її науково-дослідною мережею [1; 4; 23].

Незважаючи на складну ситуацію в науковій галузі, результати наукових досліджень повинні вийти на ринок в якості інновацій. На сьогоднішній день проблема трансферу результатів наукових досліджень є актуальною і перебуває в полі зору суспільства, уряду, бізнесу, самих науковців, оскільки саме вона визначає конкурентоздатність виробленої продукції, ефективність діяльності підприємств та рівень економічних перетворень. Велике значення під час комерціалізації інноваційної розробки мають пошук потенційного споживача та встановлення ціни на об'єкт трансферу [8; 13; 14].

В аграрному секторі найбільш розповсюдженим методом трансферу є ліцензування об'єктів права інтелектуальної власності, зокрема сортів рослин. Наприклад, ДДСДС НААН у період 2015–2019 рр. було укладено 217 угод із господарствами Донецької, Запорізької, Дніпропетровської, Вінницької, Херсонської областей на використання прав на сорти рослин та на використання прав на корисні моделі.

Згідно чинного законодавства та вітчизняної практики передача права на використання об'єктів інтелектуальної власності оформляється ліцензійним договором і роялті є найбільш розповсюдженим способом оплати за цими ліцензійними договорами. Згідно з положеннями Цивільного кодексу України істотною умовою за ліцензійним договором є визначення платежу. Як правило, при укладанні такого виду договору спрацьовує ринковий механізм – все залежить від потенціалу, пластичності сорту, яку нішу він займатиме в сільському виробництві, наскільки буде затребуваний, а також наскільки прийнятний для споживача розмір винагороди поставити власник нового сорту рослин. Досить часто сорти рослин селекційні центри продають без використання ліцензійних договорів, що в цілому є однією з перешкод щодо прискорення

процесів розповсюдження та залучення у виробництво високопродуктивних сортів сільськогосподарських культур.

Відмітимо, що для ліцензіара (наукової установи) головною метою є комерціалізувати інтелектуальний продукт за винагороду та розширити свій вплив на інших ринках із охопленням більшої кількості компаній на значній території, ніж це робилось би суб'єктом господарювання самостійно [25, с. 63]. Також перевагою ліцензування є те, що воно допомагає суб'єктам ліцензійної угоди отримати доступ до нових ринків, які для них раніше були недоступні. Ліцензіар, надавши ліцензіату виключні або невиключні права на об'єкт інтелектуальної власності, може захопити нову частину ринку, на яку він раніше не мав змоги потрапити та обслуговувати. Також на умовах ліцензування можна отримати доступ до створених брендів, освоєних технологій, що може надати покупцю ліцензії – ліцензіату економічні вигоди без значних капітальних інвестицій у власні дослідження та розробки. Такий інструмент вигідний для малих суб'єктів господарювання в зв'язку з відсутністю значних матеріальних, трудових та фінансових ресурсів для створення нового інноваційного продукту.

Проаналізувавши переваги ліцензування та широкий спектр можливостей, які він може надати обом сторонам ліцензійної угоди, виділимо основні прояви ризиків. Основний ризик процесу ліцензування полягає в тому, що ліцензіат, який впроваджує у виробництво запатентовану технологію та реалізує в подальшому продукцію за ліцензією, може стати прямим конкурентом ліцензіара. В такому випадку діяльність ліцензіата на ринку може привести до зменшення обсягів продажу продукції ліцензіаром. Така ситуація склалась у вітчизняних науково-дослідних установах аграрної сфери. Селекційні центри на умовах невиключних ліцензій надають права на використання сортів рослин сільськогосподарським товаровиробникам на визначений строк та певну територію. Зазвичай, ліцензіатами виступають агрохолдинги та комерційні фірми зі значними капітальними інвестиціями, які мають сучасну матеріально-технічну базу для виробництва якісного насінневого матеріалу за ліцензією. Ліцензіати, маючи відповідне оснащення, на відміну від науково-дослідної установи при її мінімальному бюджетному фінансуванні надають логістичні послуги, агрохімічні послуги, консультативну підтримку комплексу робіт від посіву до збирання врожаю. Таким чином, ліцензіат поширює свій вплив на значну територію та захоплює потенційних клієнтів селекційної

установи – оригінатора насіння. З одного боку покупець ліцензії забезпечує ліцензіара грошовими надходженнями від надання прав на використання сортів рослин у вигляді паушальних платежів та роялті, але, з іншого боку, зменшує обсяги продажу базового та базового насіння ліцензіаром третім особам [15; 24].

У діяльності наукових установ виявлена основна проблема, яка полягає в тому, що українським селекціонерам не вистачає коштів для проведення наукових досліджень. Частково, це може бути вирішено ефективним механізмом залучення роялті за надання права на використання сортів рослин. Тобто вітчизняні наукові установи будуть мати додаткові грошові надходження, що можуть виступати значним фінансовим джерелом для фінансування досліджень та розробок селекційних досягнень, і це буде значним стимулом для діяльності селекціонерів. Започаткувавши ефективний механізм залучення роялті, виплата винагороди за право виробництва елітного та репродукційного насіння й садивного матеріалу в повному обсязі дала б змогу селекціонерам та селекційним установам щороку одержувати до 3,0 млрд гривень.

Як показує досвід Європейського Союзу, в більшості європейських країн фермери, які засівають понад 20 га власним насінням, сплачують роялті в розмірі 50 % від вартості вирощеного або реалізованого насіння. Розмір роялті лежить у певному діапазоні, але кожен власник патенту має право встановлювати його у відповідності зі своїми уявленнями. По зерновим культурам розмір роялті коливається між 8 і 17 євро за 100 кг насіння, по бобовим – 8–12 євро за 100 кг насіння, а по картоплі – 4–9 євро за 100 кг посадкового матеріалу. Аналізуючи ставки роялті в наукових установах Національної академії аграрних наук, можна стверджувати, що вони теж формуються диференційно відповідно до культури, репродукції насіння. Наприклад, ставки роялті за ліцензійними договорами на використання озимої пшениці, ячменю ярого Донецької державної сільськогосподарської дослідної станції наступні: 7–9 % супереліта, 5–7 % еліта, 5-сертифіковане насіння [10].

Наразі в Україні об'єкти права інтелектуальної власності стали одним із активних індикаторів економічних відносин. Розвиток національної системи її охорони створив передумови для використання результатів інтелектуальної діяльності у формі товару.

Практичне значення для розуміння всієї картини стосовно грошових надходжень у вигляді роялті та кількості укладених

ліцензійних угод науковими установами Національної академії аграрних наук України набувають дані, наведені на рис. 5.

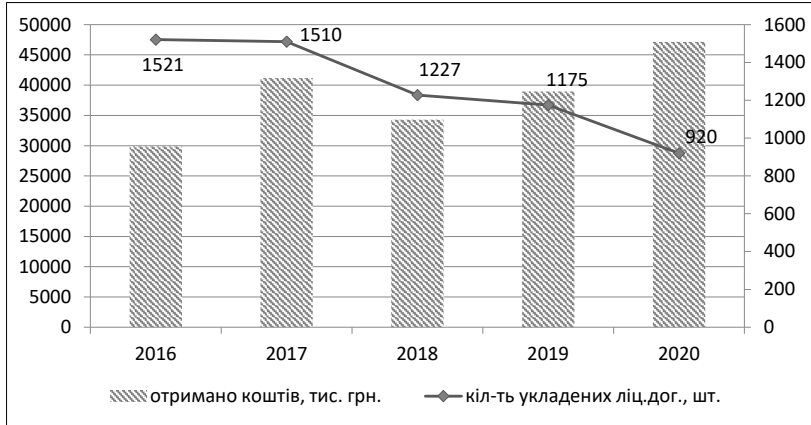


Рис. 5. Результати комерціалізації наукової та наукомісткої продукції у 2016–2020 рр.

Джерело: сформовано автором за [9]

На нашу думку, чіткий та прозорий підхід сплати роялті суттєво міг би змінити відносини між селекціонерами й виробниками насіння для забезпечення справедливих фінансових розрахунків, надав би новий кардинальний поштовх для розвитку селекції. Але необхідно на першому етапі облік сортових посівів у господарствах усіх форм господарювання вести через систему обов'язкової звітності Державної служби статистики України, яку необхідно збирати щороку після закінчення посівної кампанії.

Таким чином, механізм залучення та контролю роялті – це не тільки справедлива винагорода авторам селекційних досягнень за довголітню та плідну працю, але і новий інструмент залучення в селекційну сферу грошових інвестицій, що також буде основою для стимулювання впровадження в сільське господарство кращих селекційних досягнень світової науки. В результаті дослідження доведено, що для ефективного механізму залучення роялті необхідна тісна взаємодія вчених-селекціонерів і сільсько-господарських товаровиробників. При цьому особливу значимість для реалізації впровадження механізму роялті відводиться державі, яка через певне відомство в сфері регулювання агропромислового

комплексу країни визначає політику щодо розвитку та продуктивності сільськогосподарських культур.

Активізації інноваційної діяльності в сільському господарстві на етапах розробки, апробації та відтворення новачій сприятиме створення технопарків та інших інноваційних структур на регіональному рівні. Створення нових науково-технологічних структур технопаркового типу може стати важливим фактором розвитку інноваційної інфраструктури аграрної сфери [8, с. 166].

Сучасний технологічний парк науковцями розглядається як форма територіальної інтеграції науки, освіти й виробництва у вигляді об'єднання наукових організацій, навчальних закладів, виробничих підприємств або їх підрозділів з метою прискорення розробки і застосування науково-технічних і техніко-технологічних досягнень [5; 7; 12].

Реалізація технопаркової концепції інноваційного розвитку регіонів можлива тільки за умов скоординованої діяльності і співпраці науки, вищої школи, підприємств різних форм власності, державних та місцевих органів влади. Визначальна роль у розвитку технологічних парків належить державі, яка формує стратегію інноваційного розвитку та проводить політику заохочення інноваційної активності суб'єктів господарювання [7; 8; 12]. Як зазначають Кирилов Ю.Є., Грановська В.Г., створення системи агротехнопарків сприяє швидкій апробації передових технологій і вивченню економічної ефективності [12, с. 65].

Нині ключовою є проблема залучення інвестиційних ресурсів в інноваційний розвиток та їх раціонального використання, і від розв'язання цієї проблеми залежать можливості подальшого економічного розвитку аграрного виробництва. Інвестиційний дефіцит, зумовлений згортанням державної фінансової підтримки сільськогосподарських підприємств, відсутністю розвиненої фінансово-кредитної інфраструктури, зміною домінант державної аграрної політики, збільшенням цін на промислову та сільськогосподарську продукцію, високим рівнем зношення матеріально-технічної бази аграрного виробництва низькою інвестиційною привабливістю окремих сегментів аграрної сфери, – є фактично основною перешкодою для активізації інноваційного попиту товаровиробників [22, с. 69]. Економічні відносини між наукою та виробництвом недостатньо налагоджені, повільно впроваджуються у виробництво наукові розробки. Оновлення сільськогосподарського виробництва новими сортами, технікою, техно-

логіями стримують такі фактори як низька платоспроможність сільськогосподарських товаровиробників і недостатня інформованість їх щодо новітніх досягнень вітчизняної сільськогосподарської науки [22, с. 69].

На основі виявлених вище тенденцій, які склалися з провадженням інноваційної діяльності вітчизняних наукових установ аграрної сфери запропоновано ряд напрямів активізації інноваційної діяльності:

- розвиток власного дослідницького потенціалу, виконання науково-дослідних робіт і випуск науково-інноваційної продукції;
- впровадження інноваційних технологій, власних розробок у виробництво;
- формування відповідного економічного механізму, що дасть змогу отримувати додаткові фінансові ресурси;
- підвищення рівня кваліфікації й самосвідомості кадрів наукових установ, підвищення корпоративної культури академій, наукових центрів, інститутів;
- проведення маркетингової роботи з метою розширення ринків збуту інноваційної продукції наукових установ та задоволення запитів споживачів;
- забезпечення та організація правової охорони інноваційних ідей;
- створення інтенсивних інформаційних потоків між учасниками інноваційного процесу;
- створення стійкого матеріального і морального стимулювання наукових співробітників – авторів розробок із метою підвищення ефективності інноваційної діяльності та конкурентоспроможності продукції;
- розширення практики створення технопарків, високо-технологічних бізнес-інкубаторів, інноваційних центрів, іншої інфраструктури інноваційної діяльності;
- запровадження комплексу податкових та інших пільг, які надаються виконавцям відповідних робіт.

Досліджуючи проблему інноваційного розвитку наукових установ, не можна проігнорувати пріоритетну роль держави в активізації інноваційної діяльності підприємств. Одним із ключових завдань державної політики України має стати формування системи інституціональних відносин між наукою, освітою та виробництвом, коли інновації стають основою прогресу, а потреби інноваційного розвитку вітчизняних підприємств, у свою чергу,

багато в чому визначають і формують найважливіші напрями наукової діяльності. Саме тому для фінансового забезпечення інноваційного розвитку сектору економіки необхідно сконцентрувати капітал на пріоритетних напрямках розвитку, зокрема освіті, науці, прогресивних технологіях, підприємницькій активності на ринку наукоємної продукції.

Висновки

У результаті дослідження встановлено, що інноваційна діяльність виступає потужним каталізатором розвитку економіки, є надійною гарантією вискоєфективного бізнесу. Виходячи з вищесказаного, здійснення інноваційної діяльності науковими установами дасть змогу підвищити рівень їхньої конкурентоспроможності, зміцнити позиції на міжнародному ринку та покращити ефективність виробничо-господарської діяльності загалом. Впровадження наукових розробок у діяльність агроформувань регіону надасть можливість розкрити потенціал малого та середнього бізнесу, збільшить податкові надходження до бюджетів, сприятиме покращенню якості продукції з використанням інноваційних технологій. При створенні дієвої системи, спрямованої на інноваційний розвиток сфери АПК, потрібна інтеграція бізнесових, державних, наукових структур, що здатна сформувати нові відносини між наукою, державою та бізнесом та стане дієвим інструментом забезпечення конкурентоспроможного розвитку аграрних підприємств на регіональному рівні.

Зв'язок науки з виробництвом здійснюється через трансфер розробок, що є найскладнішою стадією у просуванні інновацій. Підтверджено, що успішно впроваджувати закінчені наукові розробки можна тільки тоді, коли його учасниками поряд із науковцями та виробничими суб'єктами є інвестиційні компанії, представники венчурного капіталу, провайдінгові структури. Для цього доцільно створювати в аграрній науці тимчасові підрозділи для впровадження у виробництво наукових розробок. На регіональному рівні створення обласних аграрних науково-інноваційних фондів стимулюватиме розвиток інноваційних процесів в агропромисловому виробництві. Скорочення періоду просування наукової розробки на ринок є важливим моментом інноваційної діяльності, тому на стадії перетворення науково-технічної продукції в інноваційний продукт постає питання виміру її інноваційності. Створення механізму оцінки рівня інноваційності

надало б можливість скорочувати період просування наукової розробки на ринок і розраховувати обсяг виробництва та реалізації інноваційних продуктів і (або) продукції чи послуг у грошовому вимірі, розмір якого визначає господарюючий об'єкт як інноваційне підприємство.

Активізація розвитку аграрної науки потребує створення ефективної системи прогнозування науки, формування пріоритетів і постійного планування науково-дослідних робіт. Визначення державою пріоритетним напрямом інноваційної діяльності технологічне оновлення й розвиток агропромислового комплексу та пріоритетним напрямом розвитку науки і техніки – раціональне природокористування передбачає розроблення Державної цільової науково-технічної програми розвитку пріоритетних видів інноваційних продуктів та інноваційної продукції аграрної науки, методично узгодженої із чинною системою державних прогнозів і програм соціально-економічного розвитку України. Одним із основних засобів державної підтримки наукової та науково-технічної діяльності є державне замовлення на розроблення інноваційної продукції через формування державних науково-технічних програм із проведення наукових досліджень, створення та освоєння нових видів техніки і технологій. Поліпшенню інноваційної діяльності буде сприяти створення фонду закінчених наукових розробок.

Список використаних джерел:

1. Баян А. В. Роль і місце аграрної науки у забезпеченні продовольчої безпеки України. *Проблеми ринку продовольчих ресурсів України* : матеріали І наук.-практ. конф. (Ін-т прод. ресурсів НААН, 10 квіт. 2013 р.). К. : ННЦ ІАЕ, 2013. С. 3–7.
2. Вергунов В.А. Наукові основи інноваційного розвитку аграрної науки на регіональному рівні. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 5 (794). С. 70–75.
3. Вініченко І.І. Інноваційна діяльність аграрних підприємств: стан та пріоритети. *Бюлетень Міжнародного Нобелівського економічного форуму*. 2012. № 1 (5). С. 44–48.
4. Володін С.А. Інноваційний розвиток аграрної науки. Київ : МАУП, 2006. 400 с.
5. Володін С.А. Теоретико-методологічні та організаційні засади інноваційного провайдингу на наукоємному аграрному ринку. Київ : ЗАТ «Нічлава», 2007. 384 с.

6. Гончаренко О.В. Інноваційний розвиток аграрних підприємств у контексті формування інформаційної економіки. *Актуальні проблеми економіки*. 2012. № 10 (136). С.103–109.

7. Гордієнко В.П. Інноваційний розвиток регіонів на основі технопаркової концепції. *Економічний простір*. 2011. № 46. С. 37–44.

8. Жидяк О.Р. Інноваційний розвиток підприємств аграрної сфери: регіональний аспект. *Економіка: реалії часу*. 2012. № 2 (3). С. 166–168.

9. Звіт про діяльність Національної академії аграрних наук за 2016–2020 роки та 2020 рік / за ред. В.В. Адамчук, О.Є. Гузеватий, В.В. Кузьмінський. К. : ДВ «Аграрна наука» НААН, 2021. 763 с.

10. Інформаційний звіт про діяльність Донецької державної сільськогосподарської дослідної станції НААН України за 2020 рік / за ред. О.О. Вінюков, Н.А. Воленчук, О.Б. Бондарева. 2020. 71 с.

11. Інформаційний портал Державної служби статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>

12. Кирилов Ю.Є., Грановська В.Г. Агротехнопарки – інноваційний напрям конкурентоспроможного розвитку підприємств аграрного сектору. *Економіка АПК*. 2017. № 6. С. 65–73.

13. Крачок Л.І. Новітні технології у сільському господарстві: проблеми і перспективи впровадження. *Сталий розвиток економіки*. 2013. № 3. С. 224–231.

14. Ляшенко О.М. Комерціалізація та трансфер технологій: категорії та методи інноваційної діяльності. URL: <http://masters.donntu.org/2013/iem/suhanov/library/ar2.pdf>.

15. Ляшенко О.М. Комерціалізація та трансфер технологій: категорії та методи інноваційної діяльності. *Інноваційна економіка*. URL: <http://masters.donntu.org/2013/iem/suhanov/library/ar2.pdf>

16. Месель-Веселяк В. Я. Організаційно-економічні умови розвитку аграрного виробництва в Україні. *Економіка АПК*. 2010. № 9. С. 3–12.

17. Омеляненко Л.І., Мединська О.Я., Кузишин Н.С. Наукове забезпечення інноваційного розвитку аграрної сфери на регіональному рівні. *Інноваційна економіка*. 2016. № 7–8. С. 91–98.

18. Петров В.М. Інноваційні пріоритети технічної політики в АПК. *Економіка АПК*. 2005. № 7. С. 11.

19. Пічкур О. В. Правова охорона селекційних досягнень у рослинництві. К. : Авокадо, 2006. 804 с.

20. Саблук П. Т. Стратегічний напрям аграрних реформ – перехід на інноваційну модель розвитку. *Вісник Академії економічних наук України*. 2003. № 2 (4). С. 11–16.

21. Смолінський В.Б. Проблеми державного регулювання інноваційної діяльності в аграрній сфері економіки. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2011. Вип. 21(2). С. 286–290.

22. Спаський Г.В. Інновації в розвитку аграрних підприємств Закарпатської області. *Вісник аграрної науки*. 2017. С. 67–73.

23. Стратегічні напрями розвитку сільського господарства України на період до 2020 року / за ред. Ю. О. Лупенка, В. Я. Месель-Веселяка. К. : ННЦ «ІАЕ», 2012. 182 с.

24. Тимчук В.М. Проблемні питання трансферу технологій в АПВ. *Вісник аграрної науки*. 2013. № 2. С. 23–25.

25. Трусевич В. Особливості ліцензування прав на об'єкти інтелектуальної власності. *Економіка України*. 2007. № 5. С. 60–67.

DOI <https://doi.org/10.36059/978-966-397-240-4-26>

Мельник С. І.

*доктор економічних наук, професор,
директор*

*Український інститут експертизи сортів рослин
м. Київ*

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ НАЦІОНАЛЬНИХ СОРТОВИХ РОСЛИННИХ РЕСУРСІВ: СТАН, ПЕРСПЕКТИВИ, ЕКОНОМІКА

Анотація. Національні сортові рослинні ресурси відіграють особливе значення в економічному розвитку України. Адже вони забезпечують стабілізацію виробництва продукції рослинництва, як складової продовольчої безпеки держави. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні (Реєстр сортів рослин України) формують за позитивними результатами кваліфікаційної експертизи сортів рослин.

Уключені до Реєстру сорти рослин відповідають критеріям відмінності, однорідності та стабільності; задовольняють потреби споживачів за господарсько-цінними характеристиками; не загрожують довкіллю і здоров'ю людини [17; 21]. Концептуальні засади формування національних сортових ресурсів передбачають аналіз стану загальновідомих сортів, перспективу їхнього розвитку та економічну доцільність комерційного обігу [15; 22].

Сорт як біологічний об'єкт під час науково-технічної експертизи сортів рослин трансформується і набуває статусу об'єкта інтелектуальної власності, який охороняється державою. Саме державна реєстрація сорту та/або прав на нього забезпечує комерційний обіг сорту. Насіння є прямим матеріальним носієм сорту. Ідентифікація сортів рослин є основою сортової сертифікації, яка забезпечує обіг конкурентоспроможних сортів на ринку, збільшення обсягів виробництва та підвищення якості продукції рослинництва [16].

Вступ

Сьогодні головне завдання аграрної політики України полягає у збільшенні виробництва та поліпшенні якості продукції рослинництва. Одним з етапів його вирішення є сортозаміна та

сортооновлення сортових рослинних ресурсів, що забезпечують реалізацію продовольчої безпеки держави та можуть бути використані в подальшій селекційній практиці.

Зважаючи на розвиток аграрної науки та зростання потреб суспільства у конкурентоспроможних сортах рослин держава забезпечує якість реєстрації прав на сорти, що поширені на території України, охорону майнових прав селекціонера відповідно до вимог Міжнародного Союзу з охорони нових сортів (UPOV) [10] та впровадження сортової сертифікації насіння і садивного матеріалу в Україні відповідно до вимог Міжнародної організації економічної співпраці та розвитку (OECD) [6].

Сорт займає чільне місце в сучасній технології виробництва товарної продукції та насіння. Насіння, своєю чергою, є прямим матеріальним носієм сорту.

Реєстр сортів рослин України формують, використовуючи позитивні результати кваліфікаційної експертизи сортів рослин як комплексу польових та лабораторних досліджень з визначення критеріїв відмінності, однорідності і стабільності та критеріїв заборони до поширення. Висновки з пропозиціями щодо державної реєстрації сорту та/або прав на нього готують зважаючи на позитивні результати досліджень [3; 19; 20].

Сортові рослинні ресурси забезпечують стабільність продовольчої безпеки держави. Подальше формування сортових рослинних ресурсів потребує вдосконалення в законодавчому та методичному форматі. Організаційне, науково-технічне, технологічне, фінансове, кадрове та інше забезпечення має бути переглянуте відповідно до міжнародних вимог.

На проведення державного випробування сортів рослин державних коштів виділяють недостатньо, а питання залучення недержавних інвестицій у сортовипробуванні до цього часу не вирішено.

Неврегульованими також залишаються питання науково-технічного, кадрового та інформаційно-консультативного забезпечення охорони прав на сорти рослин. Відсутня взаємодія установ різних форм власності під час формування сортових рослинних ресурсів [5; 15].

1. Стан і перспективи національних сортових ресурсів

Основою кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення є комплекс експериментальних дослі-

днів морфологічних, біологічних і господарсько-цінних характеристик сортів рослин, визначення їхньої придатності до використання в певних екологічних умовах з дотриманням агротехнологічних та методичних вимог. Достовірні результати польових і лабораторних досліджень сортів рослин за кваліфікаційної експертизи щодо рівня їхньої врожайності (повинна перевищувати умовний стандарт – усереднене значення показника за 5 останніх років) забезпечують їхнє подальше внесення до Реєстру сортів рослин України. Також сорт має бути однорідним і стабільним за проявами морфологічних ознак фенотипу [7; 8; 9].

За проведення польових і лабораторних досліджень з кваліфікаційної експертизи сортів рослин для отримання об'єктивних, достовірних і стабільних результатів дотримуються наступних принципів вирощування:

- а) визначені пункти досліджень відповідно до спеціалізації;
- б) гармонізований перелік сортів у всіх пунктах досліджень відповідно до екоградієнта вирощування;
- в) розподіл сортів на блоки в межах одного досліду за напрямом використання, групою стиглості, типом розвитку та іншими уніфікованими критеріями для відповідного виду рослин.

Польові дослідження закладають у межах ґрунтово-кліматичних зон – Степу, Лісостепу, Полісся, тобто на всій території України. За необхідності польові дослідження проводять у підзонах відповідної зони вирощування. Необхідно щонайменше три пункти досліджень для експертизи сортів конкретного виду за напрямом дослідження, типом розвитку та групою стиглості, що забезпечує достовірні результати кількісних параметрів сортів рослин на придатність до поширення у відповідній ґрунтово-кліматичній зоні вирощування.

Сорт вважають придатним до поширення на території України, якщо він відповідає критеріям відмінності, однорідності та стабільності; його можна використати для задоволення потреб суспільства і він не заборонений для поширення з підстав загрози життю і здоров'ю людей, нанесення шкоди тваринному і рослинному світу, збереженню довкілля. Критерії заборони поширення сортів в Україні розробляє Компетентний орган, який формує і реалізує політику в сфері охорони прав на сорти рослин. Тому кваліфікаційну експертизу заявки на сорт рослин про визнання прав на сорт проводять за двома типами: визначення критеріїв відмінності, однорідності та стабільності (ВОС) та визначення

господарсько-цінних характеристик придатності сортів до поширення на території України (ПСП). Обидва типи досліджень (ВОС і ПСП) проводять за спеціальними уніфікованими методиками:

- на відмінність, однорідність і стабільність для відповідного ботанічного таксона;
- на придатність сортів до поширення відповідно до групи рослин, враховуючи напрям використання, групу стиглості та тип розвитку.

Окремо товарна продукція сортів підлягає лабораторному аналізу з визначення показників якості.

Уніфіковані дослідження з визначення морозостійкості, посухостійкості, холодостійкості, вмісту амілопектину, енергетичної оцінки, стійкості проти збудників хвороб і шкідників, поширення яких може спричинити виникнення епіфітотій або епізоотій, тощо застосовують для повного комплексного оцінювання сорту-кандидата відповідного ботанічного таксона.

Об'єктивне комплексне оцінювання сортових рослинних ресурсів забезпечує проведення обґрунтованих методично польових і лабораторних досліджень з вивчення стійкості проти збудників хвороб та пошкодження шкідниками на провокаційних, інфекційних та інвазійних фонах, за природного ураження/пошкодження; післяреєстраційного вивчення сортів; визначення технологічних показників якості продукції сортів рослин [12].

Тривалість обов'язкових польових і лабораторних досліджень з кваліфікаційної експертизи сортів на придатність до поширення у пунктах досліджень становить два роки. За необхідності експертизу продовжують на третій рік. Компетентний орган у сфері охорони прав на сорти рослин визначає перелік родів і видів рослин, сорти яких обов'язково проходять експертизу на придатність до поширення в пунктах досліджень. Щодо сортів родів і видів, які не увійшли до такого переліку, дослідження проводять на дослідних полях заявника під контролем і з методичним супроводом закладу експертизи, Українського інституту експертизи сортів рослин. Результати таких досліджень є підставою для підготовки відповідного експертного висновку за заявкою на сорт рослин з пропозиціями про державну реєстрацію сорту та/або прав на нього.

Післяреєстраційне вивчення сортів рослин (ПСВ) проводять за відповідними напрямками досліджень, які передбачено спеціальною Методикою післяреєстраційного вивчення сортів рослин.

Науково-технічна експертиза сортів рослин через призму сортооновлення і сортозаміни визначає напрями формування та використання національних сортових ресурсів. Урожайність сортів сільськогосподарських видів рослин залежить від правильного добору сортів, від їхніх морфологічних ознак і господарсько-цінних характеристик, а не лише від рівня агротехнічних заходів на полі.

Найдешевший засіб підвищення врожайності, поліпшення якості продукції, зниження її собівартості – це сорт. Сорт – це група рослин в межах найнижчого ботанічного таксону. Оскільки насіння є прямим матеріальним носієм сорту, то насінництво вирішує два основних процеси – сортозаміну і сортооновлення. Сортозаміна – це повна заміна на виробничих посівах одного старого сорту на новий.

Сьогодні зміни клімату спонукають провідні селекційні центри вести селекційну практику із створення сортів нового покоління з еколого-пластичними, адаптивними і стабільними ознаками. Тож для аграріїв, які орієнтуються на рослинництво інтенсивного типу, важливо знати назви нових сортів, які забезпечують стабільні високі врожаї.

Здебільшого нові сорти істотно перевищують старі за врожайністю та іншими селекційно-цінними параметрами. Тому сортозаміну необхідно проводити швидко, протягом одного-двох років. Своєчасне заміщення сортів дозволить оперативно і в повному обсязі керувати біологічними і господарськими процесами формування урожайності нового сорту й водночас знівелює джерела інфекції, збудників шкідників і хвороб.

Причини повільного впровадження нових сортів обумовлені: по перше, в перші роки вирощування значна кількість насіння йде на товарні цілі, а не використовується на насіння; по друге, до Реєстру сортів рослин України включено надзвичайно велику кількість сортів. Поряд з новими знаходяться старі сорти, які здебільшого не конкурентні на ринку через втрату виробничої привабливості. Наприклад, у Реєстр сортів рослин України у 2018 році внесено 428 сортів пшениці м'якої озимого типу розвитку. Сорти до 3 років складають 161 сорт або 38 відсотків, від 3 до 5 років – 67 сортів (16 відсотків), від 5 до 8 років – 70 сортів (16 відсотків) і 130 або майже третину складають ті сорти, які були включені більше 10 років тому. У результаті в структурі використання сортів сільськогосподарськими товаровиробниками значну кількість становлять «застарілі сорти», що призводить до зниження валового виробництва та якості продукції.

Нові сорти упродовж виробничого використання з часом можуть погіршуватися господарсько-цінні характеристики і властивості. Це зумовлено механічним, генетичним і біологічним засміченням. Зниження стійкості проти збудників хвороб і шкідників, що передаються через насіння і садивний матеріал, підвищення урожайності сортів, екологічна депресія і порушення сортової агротехніки знижують урожайні та сортові характеристики насіння. За таких умов виникає потреба у сортооновленні. Суб'єкти насінництва проводять сортооновлення шляхом заміни насіння тих самих сортів нижчих категорій вищими (СН замінують БН). Сортооновлення необхідно проводити базовим (БН) або сертифікованим насінням першої генерації у відповідні строки суб'єктами насінництва для конкретного екоградієнта вирощування.

Параметри урожайності сортів рослин залежні від чинників довкілля, тому завданням насінництва залишається зберегти генетичний потенціал продуктивності нового сорту при створенні.

Наукова спільнота не має єдиної думки щодо значення генерацій у межах категорії. Одні дослідники встановили, що за врожайністю між генераціями сортового насіння істотної різниці практично не існує. Другі стверджують, що існує тенденція до зниження послідовно – від БН до віддалених генерацій СН.

Уплив генерації на якість насіння вивчали в Миронівському інституті пшениці ім. М. В. Ремесла. Наукові досліді виконували за схемою, яка дозволяла порівнювати базове із сертифікованим насінням низьких генерацій, вирощеним не в суб'єктах насінництва, а на полях Інституту, тобто в таких самих умовах.

Отримані дані показали, що посівні якості – маса 1000 насінин, енергія проростання і лабораторна схожість базового насіння і насіння наступних генерацій були майже однаковими.

Порівняно з базовим насінням значне зниження врожайності починається вже з третьої генерації – на 2,6 ц/га, з четвертої – на 3,4 ц/га, з шостої – на 4,4 ц/га.

При сівбі насінням третьої і наступних генерацій зменшувалась кількість рослин з продуктивними стеблами на одиницю площі, число і маса зерен в колосі, що призводило до зниження виходу насіння з одиниці площі.

Для вчасного проведення сортооновлення суб'єкту господарювання необхідно дотримуватися таких правил:

- 1) використовувати для сівби насіння не нижче другої генерації;
- 2) сортооновлення проводити насінням категорії «базове» (супер-еліта, еліта) або «сертифіковане», але не нижче першої генерації;

3) ретельно дотримуватись вимог технологічного пакету вирощування сортів сільськогосподарських культур, особливо на насінницьких ділянках, для збереження сортових та посівних якостей насіння.

Для нашої держави насінництво – найпріоритетніша та стратегічно важлива галузь агропромислового виробництва. Тільки підвищення ефективності вітчизняної системи насінництва забезпечить подальший її стабільний розвиток.

Вчасно проведена заміна сортів, їхнє оновлення є надійним резервом збільшення валового виробництва продукції рослинництва, про що свідчить європейський та світовий досвід. Таким чином, суб'єктам господарювання різних форм власності необхідно постійно здійснювати впровадження у виробництво високоякісного насіння нових сортів високих генерацій. Такі дії сприятимуть підвищенню ефективності виробництва насіння і товарного зерна та істотно впливатимуть на рівень конкурентоспроможності на міжнародному зерновому ринку.

Дефіцит інформації про реакцію нових зареєстрованих сортів щодо екстремальних чинників довкілля, стійкості проти збудників хвороб та шкідників і порівняння ступеня їхнього прояву з результатами фітопатологічних досліджень кваліфікаційної експертизи можна компенсувати результатами уніфікованого типу досліджень післяреєстраційного вивчення сортів. Післяреєстраційне вивчення сортів рослин забезпечить визначення не тільки економічної доцільності виробництва, але й їхній вплив на обсяги та структуру посівних площ у певних регіонах вирощування.

На підставі результатів ПСВ в регіональних екоградієнтах вирощування необхідно формувати «Перелік рекомендованих для вирощування в регіоні сортів основних сільськогосподарських видів рослин». Якісні характеристики сортів рослин, отримані під час проведення ПСВ, дозволять виділити екологічно сприятливіші зони для переробної, харчової та фармакологічної промисловостей. Дослідження особливої поведінки сортів у процесі трансформації їхньої господарсько-біологічного потенціалу та, споживчо-інтелектуальної вартості створить умови для концентрації матеріально-технічних витрат у перспективні та конкурентоспроможні напрями вітчизняної селекції для пошуку селекційних джерел нового сорту-кандидата.

Післяреєстраційне вивчення сортів рослин передбачає визначення оптимізованих норм, строків та способів сівби, глибини

загортання насіння, комплексного оцінювання сортів за морфо-біологічними та господарсько-цінними характеристиками. Також передбачено комерційно-виробничі дослідження придатності сортів до сучасних технологій вирощування рослинницької продукції, сортова агротехніка, екологічна пластичність сортів та стабільність господарсько-цінних характеристик, програмування і прогнозування врожайності, визначення потенційної продуктивності сортів із урахуванням чинників довкілля, умов вирощування. Актуальним залишається сьогодні розрахунок гідротермічних коефіцієнтів для конкретного сорту відповідного ботанічного таксона у відповідних зонах вирощування.

Сорти озимого та ярого типу розвитку здатні максимально ефективно використовувати біокліматичний ресурс конкретного регіону, забезпечувати толерантність до стресових умов довкілля, забезпечувати високу реалізацію генетичного потенціалу продуктивності, що є стратегічним завданням сучасної галузі рослинництва. За постійної дії мінливих природних і антропогенних факторів нові високо адаптивні, конкурентоспроможні сорти мають гарантувати отримання стабільно високих показників урожайності за сталих лімітів ґрунтово-кліматичних параметрів або за умов інтенсивного вирощування. У зв'язку з вищезазначеним, за вивчення сортів, адаптованих до різних екологічних умов довкілля, селекційний матеріал слід оцінювати не лише за величиною потенційної врожайності, але й за параметрами адаптивності нових сортів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій показує, що одним із найважливіших селекційних та екологічних завдань є реалізація генетичного потенціалу сортів рослин у мінливих умовах, завдяки їхній високій екологічній пластичності і широкому діапазону реакції на мінливі чинники, як гарантів стабільних урожаїв сортів із високими технологічними показниками якості. Урожайність нових сортів є похідною продуктивності рослин і стійкості проти збудників хвороб і шкідників. Показник урожайності сорту прямо пов'язаний з адаптацією й генетичною стабільністю прояву господарсько-цінної характеристики. Адаптація – це пристосування сортів до ґрунтово-кліматичних умов, а пластичність – властивість групи рослин найнижчого ботанічного таксону виживати в межах певних умов середовища. Саме екологічні дослідження дозволять виявити дію чинників довкілля певного середовища на ріст і розвиток рослин та формування продуктивності та врожайності конкретного сорту.

Сучасні технології передбачають тісну взаємодію фенотипу з проявом морфологічних кількісних ознак та генотипу – середовище, що дозволить керувати можливістю фенотипу. Адаптивна спроможність рослин за умови гідротермічних стресових ситуацій (тривалі низькі температури, повітряні посухи, спалахи різноманітних захворювань) дозволяє повніше використовувати потенціал продуктивності та забезпечувати мінімальні втрати врожаю. Досліди в науково-дослідних сівозмінах закладають так, щоб їхня післядія не впливала на родючість ґрунту [1].

До Програми ПСВ включають сорти найпоширеніших в Україні видів і тих, що мають стратегічне значення для держави. Основними критеріями з визначення видів і сортів для ПСВ вважають такі:

1. Рівень їхнього народногосподарського значення та поширення в Україні; в окремому регіоні; у певній ґрунтово-кліматичній зоні.
2. Питома вага сортів у сортових посівах (не менше ніж 5 %).
3. Дата внесення до Реєстру сортів рослин України (не більше 7-ми років для польових культур, до 12-ти років – для плодових).
4. На замовлення суб'єктів господарювання різних форм власності може бути проведене післяреєстраційне вивчення й інших загальновідомих сортів.

Програму ПСВ розподіляють на державний і регіональний рівень та визначають можливих замовників ПСВ цих рівнів (державний та місцевий бюджет, дорадчі служби, селекційні центри, насінницькі об'єднання і фірми, сільськогосподарські, хімічні і переробні підприємства та ін.).

До Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні, занесено понад 12 тис. сортів, які репрезентують близько 500 ботанічних таксонів сільськогосподарських, овочевих, лісових, лікарських, декоративних, а також інших малопоширених видів рослин.

Сортовивчення – це наукове дослідження сортів рослин в польових та лабораторних умовах для отримання повноти сукупних знань про морфологічні, фізіологічні, господарсько цінні характеристики і придатність їхнього використання для задоволення потреб споживачів та подальшого селекційного процесу.

Для проведення такого комплексу досліджень потрібні знання з ботаніки, генетики, фізіології, біохімії, біології, ідентифікації сортів, сортової сертифікації, інспекторського нагляду та контролю,

рослинництва, фітопатології, ентомології, ґрунтознавства, агрометеорології, землеробства, агрохімії, дослідної справи, вищої математики.

Оптимальний варіант розв'язання виробничої проблеми щодо формування національних сортових рослинних ресурсів ґрунтується на результатах моніторингу таких самих проблем у країнах Європейського Союзу та країнах-членах Міжнародного союзу з охорони нових сортів рослин. Саме це дозволяє стверджувати, що розвиток селекції в рослинництві відіграє вирішальну роль у формуванні сортових рослинних ресурсів, а проведення державної науково-технічної експертизи сортів рослин шляхом застосування регуляторних, контролюючих та консультативних механізмів є оптимальним безальтернативним варіантом забезпечення формування сортових рослинних ресурсів та їхньої правової охорони.

Наукове обґрунтування встановлених особливостей поведінки сортів у процесі трансформації їхньої господарсько-біологічної, споживчої та інтелектуальної вартості забезпечує умови для концентрації матеріально-технічних витрат та зусиль для створення нових високоврожайних, стабільних, екологічно пластичних та адаптивних сортів, які є конкурентні на ринку.

Подальше формування сортових рослинних ресурсів, переважно сортів вітчизняної селекції, потребує вдосконалення механізму його законодавчого, нормативно-правового, методичного, організаційного, кадрового, науково-технічного, технологічного, фінансового та іншого забезпечення, розроблення та прийняття Концепції формування національних сортових ресурсів (Концепція). Основою проекту Концепції мають бути міжнародні вимоги Директив Європейського Союзу щодо торгівлі насінням і садивним матеріалом усіх ботанічних таксонів.

Доцільність прийняття Концепції формування національних сортових рослинних ресурсів обумовлена:

- невідповідністю фактичних обсягів виробництва продукції рослинництва для потреб внутрішнього та зовнішнього ринку внаслідок неефективного використання сортових рослинних ресурсів через недостатнє їхнє вивчення під час проведення державної експертизи;
- неврегульованістю ринкових відносин у сфері цивільного обігу сортів рослин, що призводить до дисбалансу попиту та пропозиції на ринку сортів рослин;

- низькими темпами реалізації науково-технічного потенціалу галузі селекції в рослинництві;
- недостатньою вмотивованістю та підтримкою з боку держави у справі створення нових сортів рослин вітчизняної селекції та розвитку насінництва;
- відсутністю сховища сортових рослинних ресурсів для тривалого зберігання сортового генофонду рослин;
- недостатнім фінансовим, матеріально-технічним, науковим, кадровим, інформаційно-консультаційним забезпеченням державної науково-технічної експертизи сортів рослин і створення передумов для нових сортів рослин вітчизняної селекції та розвитку насінництва.

Концепція сприятиме реалізації державної політики щодо забезпечення формування сортових рослинних ресурсів та їхнього ефективного використання.

Основні завдання, які вирішуватиме Концепція:

- державне регулювання цивільного обігу сортів рослин; створення нових сортів рослин вітчизняної селекції та розвиток насінництва (у тому числі первинного);
- гармонізація державної політики України у відносинах, пов'язаних з використанням у господарській діяльності прав інтелектуальної власності на сорти рослин, з державною політикою країн-членів Європейського Союзу та інших провідних країн світу;
- підвищення конкурентоспроможності вітчизняної продукції рослинництва та продуктів її переробки на внутрішньому і зовнішньому ринку.

Враховуючи впровадження сучасних технологічних пакетів вирощування для проведення комплексу досліджень (польові + лабораторні + статистичні) та програмних продуктів опрацювання результатів з кваліфікаційної експертизи сортів рослин, державних коштів недостатньо. Питання залучення недержавних інвестицій до цього часу не вирішено. Неврегульованими залишаються також науково-технічне, кадрове та інформаційно-консультаційне забезпечення експертизи. Відсутній інструментарій взаємодії наукових установ різноформатного підпорядкування, закладів вищої освіти та профільних організацій для забезпечення комплексного підходу формування національних сортових рослинних ресурсів.

Саме післяреєстраційне вивчення сортів рослин дозволить розглянути механізм трансформації сорту з біологічного об'єкту досліджень в об'єкт інтелектуальної власності з урахуванням

морфологічних, біологічних, господарсько-цінних, споживчих та інтелектуальних критеріїв. Такі дослідження формуватимуть принципи організації науково-обґрунтованого моніторингу сортів і гібридів, залучених до комерційного обігу. На основі аналізу досліджень і передової європейської практики – самостійно приймати рішення щодо державної реєстрації сортів рослин для поширення в Україні та державної реєстрації прав на них.

Післяреєстраційне вивчення сортів рослин на державному рівні дозволить створити полігон для проведення польових тренінгів для фахівців з охорони прав на сорти рослин, інспекторів з насінництва та підготовки майбутніх фахівців ОКР «Магістр» за спеціальністю «Селекція і генетика сільськогосподарських культур», спеціалізація «Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин» на базі Українського інституту експертизи сортів рослин і Національного університету біоресурсів і природокористування України відповідно до Розпорядження Кабінету Міністрів за № 816-р від 3 листопада 2004 року.

Такий варіант розв'язання проблеми створює умови для залучення до розгляду цього питання громадськості, інституту представників інтелектуальної власності на сорти рослин. Проблему формування сортових рослинних ресурсів передбачається розв'язати шляхом:

- забезпечення пріоритетності розвитку державної системи з охорони прав на сорти рослин у проведенні внутрішньої та зовнішньої державної політики;
- удосконалення нормативно-правової бази, пов'язаної із забезпеченням захисту прав на сорти рослин;
- розроблення механізмів взаємодії державних і недержавних установ та організацій у забезпеченні формування сортових рослинних ресурсів;
- розвитку науково-технічної, інноваційної діяльності та стандартизації у сфері інтелектуальної власності на сорти рослин, включаючи сортовивчення та сортознавство;
- формування довідково-інформаційної та консультаційної системи господарської придатності та охороноздатності сортів рослин.

Формування сортових рослинних ресурсів здійснюватиметься за рахунок:

- коштів державного бюджету, в тому числі надходжень від сплати зборів за дії, пов'язані з набуттям, здійсненням та охороною

прав на сорти рослин, а також надання платних послуг за проведення комплексу польових і лабораторних досліджень за напрямками ПСВ, проведення інших типів експертизи і реалізації побічної продукції та проведення науково-виробничої діяльності суб'єктів експертизи;

- коштів міжнародного благодійного фонду сприяння охороні інтелектуальної власності та грантів міжнародної технічної допомоги;

- коштів державного фонду з формування сортових рослинних ресурсів.

Реалізація Концепції уможливить: вирішення продовольчої безпеки держави, створення нових вітчизняних високопродуктивних адаптованих сортів рослин та впровадження сортової сертифікації насіння за вимогами OECD, збільшення обсягів виробництва та підвищення якості продукції рослинництва, конкурентоспроможності вітчизняної продукції на внутрішньому та зовнішньому ринку, що сприятиме збільшенню щорічного валового доходу в галузі рослинництва.

Нові сорти рослин – це об'єкти права інтелектуальної власності. Вони є науковою продукцією із високою врожайністю, поліпшеною їхньою якістю, кращою стійкістю до шкідників і хвороб, здатністю значно збільшити продуктивність і якість продукції у сільському господарстві [13].

Селекціонер, який створив новий сорт рослин, має право на відшкодування власних витрат на його створення та на отримання доходу від його використання протягом певного часу. Тому для створення і впровадження у виробництво нових високопродуктивних сортів рослин необхідно підвищувати мотивацію праці вчених-селекціонерів, яка так само залежить від виплат авторської винагороди за використання нових сортів рослин – роялті.

Інтелектуальна власність є складовою інтелектуального капіталу і набуває всіх притаманних йому ознак. Інтелектуальний капітал у чистому вигляді – це створений або придбаний інтелектуальний продукт, що має вартісну оцінку, утримується підприємством (суб'єктом господарювання) для ймовірного одержання прибутку (додаткової вартості). До інтелектуального капіталу належать продукти розумової праці, власного творчого пошуку. Інтелектуальний капітал – це знання, що можуть бути оцінені та перетворені в прибуток. За формою власності

інтелектуальний капітал може бути приватним, колективним та державним залежно від суб'єкта, який володіє, користується і розпоряджається результатом інтелектуальної діяльності.

Що стосується приватної або колективної форми власності, то зрозуміло, що мають на увазі, кому належить результат власного творчого пошуку, хто або скільки людей спрямовували свої зусилля на отримання кінцевого результату творчої діяльності.

Продукт інтелектуальної праці, створений на замовлення державних органів влади за рахунок бюджетних коштів належить до державної форми інтелектуальної власності. Зазвичай в Україні продукт інтелектуальної праці належить суб'єкту господарювання – підприємству, об'єднанню тощо. Інтелектуальний продукт, який створений органами держави (місцевого самоврядування) є комунальною власністю; Кабінетом Міністрів України, за наказами міністерств і відомств – загальнодержавною власністю.

Саме комерціалізація інтелектуальної власності в умовах ринкових відносин вимагає розглядати її як товар і як капітал. Як товар інтелектуальну власність розглядають як нематеріальний актив, що використовується у будь-яких господарських операціях. Як капітал інтелектуальну власність розглядають з погляду витрат капіталу на освіту або придбання підприємцем нематеріальних активів для його приросту.

2. Сорт – об'єкт інтелектуальної власності

Найважчим етапом у ланцюгу, що зв'язує науку і винахідника зі споживачем є трансформація інтелектуальної власності в інноваційний продукт, що придатний для виробництва і ринку [4]. Необхідно враховувати доміанти ринку, потреби споживача і мати досвід підприємництва. Як відомо, інноваційний процес проходить 4 основних етапи:

- аналіз конкуренції нового продукту;
- лабораторну перевірку здійснення ідеї;
- створення дослідного зразка продукції;
- підготування виробництва дослідної партії та її реалізація.

Досвід показує, що в реальних умовах від ідеї створення нового продукту (сорт) до надходження перших прибутків від його продажу на ринку проходить 3–4 роки. Це період інноваційного проекту. Для того, щоб довести розробку від лабораторного прототипу до стадії продажів дослідної партії, а потім і невеличкої серії, потрібно, зазвичай, близько 1–2 млн доларів. Такі інвестиції

вкладають не відразу, а невеличкими порціями за кожний окремий крок у реалізації інноваційного проєкту.

- Першим принциповим положенням чинного законодавства України про інтелектуальну власність є укладання договорів. Будь-яке позадоговірне використання об'єкта інтелектуальної власності оцінюється чинним законодавством як порушення прав на цей об'єкт.

- Другим принциповим положенням використання об'єктів інтелектуальної власності – є їхній платний характер. Право розпоряджатися об'єктом має його власник, тому він може надати дозвіл і на безоплатне користування. Це право власника об'єкту. Проте в переважній більшості договори є платними, взаємовигідними, двосторонніми.

Договори про передачу права власності, як зазначено чинним законодавством України, слід здійснювати у письмовій формі і реєструвати за чинним порядком.

Отже, використання інтелектуальної власності в господарській діяльності здійснюється на умовах її комерціалізації. У цьому процесі беруть участь як мінімум чотири учасники:

- автор розробки (винаходу, сорту рослин, корисної моделі тощо)
- стратегічний партнер
- менеджер
- інвестор

Метою комерціалізації об'єктів інтелектуальної власності (ОІВ) є отримання прибутку за рахунок використання об'єктів права інтелектуальної власності у власному виробництві або продажу чи передачі прав на їхнє використання іншим юридичним чи фізичним особам. Основними способами комерціалізації об'єктів права інтелектуальної власності є:

- використання об'єктів права інтелектуальної власності у власному виробництві;
- внесення прав на об'єкти права інтелектуальної власності до статутного капіталу підприємства;
- передача (продаж) прав на об'єкти права інтелектуальної власності.

Слід зазначити, що для практичного здійснення комерціалізації необхідно також розрахувати вартість прав на об'єкт права інтелектуальної власності та поставити ці об'єкти на бухгалтерський облік підприємства.

Вважають, що комерціалізація через використання ОІВ у власному виробництві є найбільш вигідною з погляду прибутку. Адже весь прибуток від продажу інноваційного продукту, що отримано за допомогою ОІВ, залишається у правовласника. Якщо правовласник не передбачає використовувати ОІВ у власному виробництві чи розпочати новий бізнес або створити спільне підприємство, він може передати повністю або частково права власності на ОІВ іншій фізичній або юридичній особі.

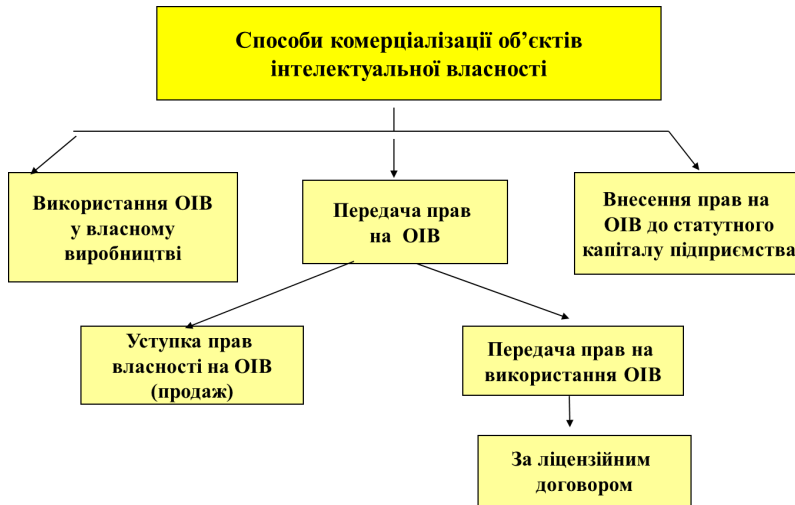


Рис. 1. Основні способи комерціалізації об'єктів інтелектуальної власності

Продаж прав у повному обсязі здебільшого проводять через договір купівлі-продажу як договір обмінної угоди. Унаслідок передачі права власності на об'єкт інтелектуальної власності (продажу охоронного документа – патенту або свідоцтва) власник як сторона, яка продає, втрачає всі майнові права на нього. Тобто якщо продано патент на винахід, то він перереєструється на ім'я нового правовласника і до нього переходять всі майнові права на цей об'єкт.

Найпоширенішими договорами на використання об'єктів інтелектуальної власності є ліцензійні договори. Власник прав на

будь-який об'єкт промислової власності – ліцензіар, може продати ліцензію (видати дозвіл на користування ОІВ) будь-якій особі (ліцензіату), якщо він не хоче або не може використовувати відповідний об'єкт.

Продаючи ліцензію, мають намір отримати прибуток, не витрачаючи капіталу на виробництво та освоєння ринку. Продаж ліцензії – це шлях впровадження технології на ринку без продажу товарної продукції. Прибутками від продажу ліцензій юридичні або фізичні особи покривають свої витрати на наукові дослідження.

Придбання або продаж ліцензії є діловою угодою. Факт продажу або купівлі ліцензії юридично оформляється ліцензійним договором, який відрізняється від інших договорів купівлі-продажу тим, що продається або купується нематеріальний об'єкт. Особа, що придбала ліцензію отримує право на використання ОІВ лише на обумовленій ліцензійним договором території та на певний термін.

Залежно від обсягу прав, що передаються, за діючим Цивільним кодексом України розрізняють виключну, одиничну і невиключну ліцензії:

- виключна ліцензія видається тільки одній особі і виключає можливість використання ліцензіаром об'єкта права інтелектуальної власності у сфері, що обумовлена цією ліцензією. При наданні виключних прав застосовується тріада правочинностей – володіння, користування і розпоряджання. Ця ліцензія найбільш вигідна для ліцензіата, оскільки вона дозволяє йому використовувати предмет ліцензії з найбільшою для себе вигодою;
- одинична ліцензія також видається тільки одному ліцензіату і виключає можливість видачі ліцензіаром іншим особам ліцензій на використання об'єкта права інтелектуальної власності у сфері, що обмежена цією ліцензією, але не виключає можливості використання ліцензіаром цього об'єкта в даній сфері;
- невиключна ліцензія не виключає можливості використання ліцензіаром об'єкта права інтелектуальної власності й видачі ним іншим особам ліцензії на використання цього об'єкта в даній сфері.

За ліцензійним договором завжди передбачається виплата певної грошової винагороди ліцензіару. Здебільшого продаж ліцензії здійснюють за розрахунковою договірною ціною, орієнтуючись на ціни внутрішнього та зовнішнього ринків. Чинне законодавство України про промислову власність містить ще одну – так звану відкриту ліцензію, за якою власник патенту (свідоцтва) на об'єкт промислової власності (крім патентів на секретні об'єкти

промислової власності) має право подати до Установи заяву для офіційної публікації про готовність надання будь-якій особі дозволу на використання запатентованого об'єкта промислової власності. Тобто власник патенту оголошує відкриті ліцензії для будь-якої особи, яка забажає скористатися цим запатентованим об'єктом. Для стимулювання відкритих ліцензій у законодавстві встановлено певну пільгу для власників патентів – збір за підтримання чинності патенту в такому разі зменшується наполовину, починаючи з року, наступного за роком публікації такої заяви.

Основними видами ліцензійних платежів є: роялті, паушальний та комбінований платежі.

Роялті – вид платежів, який платить ліцензіат ліцензіару протягом усього терміну дії ліцензійного договору чи у вигляді відсотка від суми прибутку чи суми обороту від випуску продукції [5].

Паушальний платіж – це виплата ліцензіарові визначеної зафіксованої в договорі суми ще до початку масового випуску ліцензійної продукції.

Комбіновані платежі – найпоширеніші та передбачають виплату ліцензіару ліцензіатом первинного сталого платежу до початку виробництва та збуту ліцензійної продукції з подальшою виплатою залишку розрахункової ціни ліцензії у вигляді роялті. Таким чином, ліцензіар має можливість отримувати відрахування від реального доходу ліцензіата протягом усього терміну дії ліцензійного договору.

Слід зауважити, що комерціалізація об'єктів права інтелектуальної власності суттєво відрізняється від продажу товарів та послуг. Це швидше нагадує міркування і дії під час прийняття важливого рішення, яке буде мати важливі і тривалі наслідки. Неправильне рішення приведе до необхідності вирішення складних проблем, правильне – до процвітання і добробуту.

Водночас, поряд із загальним розумінням, у державній політиці відсутні дієві механізми підтримки впровадження вітчизняних високотехнологічних розробок, а ті, що існують, є малоефективними. Повинна існувати система розповсюдження необхідних знань, надання консультацій і, не в останню чергу, фінансової підтримки.

В Україні немає єдиного координаційного органу, який стимулював би прийняття рішень, що дозволять довести інновації до рівня комерційних продуктів. Надзвичайно важливим є налагодження співпраці за схемою «місцеві органи влади – бізнес –

наука», створення організаційних структур, що здійснюють інноваційну діяльність – це технопарки, бізнес інкубатори, інноваційні центри, які сприяли би впровадженню у виробництво нової техніки і технологій.

У світовій практиці роялті (англ. royalties) – це плата за право використання інтелектуальної власності або патенту іншої особи з метою отримання прибутку, тобто плата за використання нових сортів рослин. Виходячи з норм податкового законодавства, роялті можна представити як певний вид платежів, які сплачуються власнику інтелектуальної власності (ліцензіару) покупцем прав на використання інтелектуальної власності (ліцензіатом) протягом дії ліцензійної угоди у вигляді відсотків від суми обсягів продажу чи від суми прибутку. Отже, отримання роялті повинно бути оформлене ліцензійним договором, відповідно до норм чинного цивільного законодавства.

Право інтелектуальної власності на сорт рослин становлять особисті немайнові права інтелектуальної власності на сорт рослин та майнові права інтелектуальної власності (ІВ) на сорт рослин. Особисті немайнові права ІВ на сорт рослин засвідчуються охоронним документом – свідоцтвом про авторство на сорт рослин. Майнові права ІВ на сорт рослин засвідчуються охоронним документом – патентом на сорт рослин та вносяться до Реєстру патентів на сорти рослин [11].

Власник патенту на сорт протягом строку дії охоронного документа може надати ліцензію (дозвіл) на використання цього сорту третій особі. Ліцензія може бути виключна та невиключна. Відомості про надання ліцензій на використання сорту та передачу майнових прав ІВ на сорт рослин вносяться до Реєстру патентів на сорти рослин. За використання сорту володілець патенту отримує роялті – будь-який платіж, отриманий як винагорода за використання або надання права на використання сорту рослин.

Особа, яка має право на поширення сорту, засвідчене державною реєстрацією, але не має чинних патентних прав на цей сорт в Україні, не має права надавати третім особам ліцензію (дозвіл) на розповсюдження сорту в Україні та отримувати роялті. Особа, яка отримала право на поширення сорту, який став суспільним надбанням або вільним у використанні, засвідчене свідоцтвом про державну реєстрацію сорту, не має права надавати третім особам ліцензію (дозвіл) на розповсюдження сорту в Україні та отримувати роялті, оскільки патентна охорона на цей сорт вже закінчилась. Такі

особи як суб'єкти господарювання можуть лише розповсюджувати (продавати) насіння або саджанці цього сорту за визначену плату на договірній основі [2].

Таким чином, видати ліцензію на використання сорту та отримувати роялті за таке використання може лише власник чинних патентних прав на цей сорт в Україні.

Паритетне входження України у світовий ринок насіння неможливе без упорядкування умов використання сортів рослин та відтворення насіння, яке є комерційним носієм сортів. Формування висококласної та життєздатної насінневої системи в Україні, що охороняє економічні інтереси селекціонерів та сприяє окупності коштів, що вкладаються у селекцію, потребує системності та узгодженості умов правової охорони сортів рослин та їхнього використання. Адже створення нових сортів рослин вимагає великих матеріальних та інтелектуальних витрат.



Рис. 2. Сортова сертифікація насіння

Враховуючи те, що весь сектор, включно із виробниками та державними органами працюють над розробкою нових моделей процесу створення додаткової вартості, формування системи сплати роялті – питання на порядку денному не лише галузі насінництва в Україні, а і для українського АПК.

Роялті – це інвестиція у селекцію, а не просто «якісь» відрахування власнику сорту товаровиробником. Роялті – запорука того, що виведення нових, продуктивніших сортів та видів триватиме і вигоди товаровиробника будуть збільшуватися через постійне покращення та розроблення для них же нових сортів і технологій.

Ресурс для сівби, його конкурентоздатність, врожайність, якість, стабільна діяльність, готовність до кліматичних викликів та економічна вигода – ось що означає сорт рослин для фермера та товаровиробника [18].

Підставою для виробництва/відтворення насіння та його використання товаровиробниками у господарській діяльності є право на використання сорту рослин. Структуровані правила виплати роялті за використання або за надання права на використання сортів рослин на сьогодні в Україні відсутні. І кожний власник сорту/володілець патенту на сорт сам контролює всі питання.

Насінництво як вид діяльності та агробізнесу опирається на використання інтелектуальної власності, а також сортових рослинних ресурсів, сформованих для забезпечення сталого та конкурентоздатного агропромислового виробництва [14; 15].

Державна політика у формуванні сортових рослинних ресурсів сприятиме:

- створенню нових вітчизняних сортів рослин та розвитку насінництва;
- збільшенню обсягів виробництва та підвищенню якості продукції рослинництва, конкурентоспроможності вітчизняної продукції на внутрішньому та зовнішньому ринках, а також збільшенню щорічного валового доходу в галузі рослинництва в межах 6 млрд гривень, у тому числі за рахунок сортових ресурсів:
 - зернових видів, які мають більшу врожайність, близько 2 млрд гривень;
 - з кращою якістю зерна – в межах 0,7 млрд гривень;
 - з підвищеною стійкістю до обсіпання, вилягання та хвороб і шкідників – понад 5 млрд гривень;
 - високоолійного соняшнику – 0,4 млрд гривень;

Продовольча безпека держави та її монетизаційні можливості бути конкурентоздатною на ринку продовольчих ресурсів світу завжди будуть залежати від сортових ресурсів, які використовуються і будуть використовуватися в майбутньому. З року в рік

ростуть потреби в продукції рослинництва, яка широко використовується не тільки для виробництва продовольства, а також в інших галузях промисловості, в т. ч. енергетичній. Від того які сорти і з якими характеристиками будуть використовуватися в агропромисловому комплексі залежатиме стабільний розвиток агропромислового комплексу загалом. У цьому важливу роль має відігравати держава для її економічного зростання.

Висновки

1. Формування сортових рослинних ресурсів, передусім за рахунок сортів рослин вітчизняної селекції, надалі потребує вдосконалення механізму його законодавчого, організаційного, науково-технічного, технологічного, фінансового, кадрового та іншого забезпечення.

2. Фактичні обсяги виробництва продукції рослинництва не відповідають потребам внутрішнього та зовнішнього ринку через неефективне використання сортових рослинних ресурсів у зв'язку з недостатнім їхнім вивченням під час проведення державного випробування.

3. Неврегульовані ринкові відносини у сфері цивільного обігу сортів рослин призводить до дисбалансу попиту та пропозицій на ринку.

4. Потребує вдосконалення гармонізація державної політики України з державною політикою країн-членів Європейського Союзу та інших провідних країн світу у сфері відносин, пов'язаних з використанням у господарській діяльності прав інтелектуальної власності на сорти рослин.

5. Аналіз шляхів розв'язання проблеми у країнах Співдружності Незалежних Держав, Європейського Союзу та Міжнародного союзу з охорони нових сортів рослин дозволяє стверджувати, що впровадження сучасних напрямків та методів селекції відіграє вирішальну роль для формування сортових рослинних ресурсів, а проведення державної науково-технічної експертизи сортів рослин шляхом застосування регуляторних, контролюючих та консультативних механізмів є оптимальним безальтернативним варіантом ефективною підтримки рослинних ресурсів та їхньої правової охорони.

6. Держава має забезпечити пріоритетність розвитку державної системи з охорони прав на сорти рослин у проведенні внутрішньої

та зовнішньої державної політики в бюджетній, кредитній, ціновій, страховій, податковій та регуляторній сфері.

7. Виникла необхідність розробити механізм взаємодії державних і недержавних установ та організацій у забезпеченні формування сортових рослинних ресурсів.

8. Потребує подальшого розвитку науково-технічна, інноваційна діяльність та стандартизація у сфері інтелектуальної власності на сорти рослин, включаючи сортовивчення та сортознавство. Вдосконалення інформаційно-довідкової та дорадчо-консультаційної системи у сфері охорони прав на сорти рослин і сортової сертифікації.

9. З метою створення умов для збереження та примноження вітчизняного потенціалу сортів рослин та його ефективного використання у вирішенні завдань, спрямованих на соціально-економічний розвиток України, формування та здійснення державної політики з охорони прав на сорти рослин у частині залучення в господарський (комерційний) обіг результатів селекції сортів рослин необхідно забезпечити:

- збалансованість прав і законних інтересів суб'єктів правовідносин, включаючи державу, в області створення, правової охорони та використання сортів рослин;
- державне стимулювання процесів створення, правової охорони і використання сортів рослин, підвищення на цій основі мотивації селекціонерів і селекційних установ (підприємств);
- визначення порядку поширення (комерційного обігу) сортів рослин і забезпечення майнових прав селекціонерів;
- прийняття нормативно-правових актів, спрямованих на вирішення першочергових завдань із залучення в господарський обіг сортів рослин за рахунок їхньої вартісної оцінки та контролю за дотриманням сплати роялті залежно від обсягів використання сортів рослин.

10. Формування національних сортових рослинних ресурсів здійснюється за рахунок: коштів державного бюджету, в тому числі надходжень від сплати зборів за дії, пов'язані з набуттям, здійсненням та охороною прав на сорти рослин, а також надання платних послуг (виконання робіт), реалізації побічної продукції та проведення науково-виробничої діяльності філій закладу експертизи.

Список використаних джерел:

1. Андрущенко А. В. Методичні рекомендації з післяреєстраційного вивчення сортів рослин. *Правові, наукові, фінансово-економічні засади удосконалення діяльності Державної системи охорони прав на сорти рослин* (Київ, 14–16 листопада 2005 р): матеріали науково-практичної конференції. К., 2005. С. 35–43.
2. Бакай С. С. Економіка насінництва. К. : Урожай, 1977. 110 с.
3. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2021 році / Мінагрополітики України. Київ, 2021. URL: <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin>
4. Загальні засади оцінки майна і майнових прав. Національний стандарт № 1 затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 10.09.2003 р. № 1140;
5. Захарчук О. В. Оцінка вартості сорту рослин як об'єкта інтелектуальної власності. *Економіка АПК*. 2013. № 2. С. 86–93
6. Малаховський Д. В. Система насінництва зернових культур та її значення в розвитку зернового комплексу країни. *Ефективна економіка*. № 2, 2012. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=955>
7. Методика оцінки майнових прав інтелектуальної власності, затверджена Наказом Фонду державного майна від 25.06.2008 р. № 740, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України від 06.08.2008 р. за № 726/15417;
8. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина. 4-е вид., виправ. і доп. Вінниця, 2016. 118 с.
9. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Методи визначення показників якості продукції рослинництва. 3-є вид., виправ. і доп. Вінниця, 2016. 158 с.
10. Міжнародна конвенція з охорони нових сортів рослин: від 2 грудня 1961 р., переглянута в м. Женева 10 листопада 1972 р., 23 жовтня 1978 р. та 19 березня 1991 р. [Приєднання від 02.08.2006]
3. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_856#Text
11. Оцінка майнових прав інтелектуальної власності. Національний стандарт № 4, затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 03.10.2007 р. № 1185;
12. Післяреєстраційне вивчення сортів рослин. *Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до*

поширення в Україні. Загальна частина. 4-е вид., виправ. і доп. Вінниця, 2016. С. 71–80.

13. Пічкур О. В. Правова охорона селекційних досягнень у рослинництві. К. : ПП «Авокадо», 2006. 804 с.

14. Положення (стандарт) бухгалтерського обліку «Нематеріальні активи» 8, затверджене Наказом Міністерства фінансів України від 18.10.1999 р. № 242, зареєстрованого Міністерством юстиції України 02.11.1999 р. за № 750/4043.

15. Порядок визначення оціночної вартості об'єктів права інтелектуальної власності, що перебувають у державній власності або були створені (придбані) за державні кошти, з метою зарахування на бухгалтерський облік, затверджений Наказом Фонду державного майна від 13.12.2005 р. № 3162;

16. Про насіння і садивний матеріал. Закон України [Редакція від 16.10.2020] URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/411-15#Text>

17. Про охорону прав на сорти рослин. Закон України [Редакція від 16.10.2020] URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3116-12#Text>

18. Радченко А. Сорт рослин як об'єкт аграрних правовідносин. *Національний юридичний журнал*. 2016. № 2. С. 73–77 URL: http://www.jurnaluljuridic.in.ua/archive/2016/1/part_1/16.pdf

19. Реєстр сортів. Інформаційно-довідкова система. URL: <http://service.ukragroexpert.com.ua/>

20. Сорт. Інформаційно-довідкова система. URL: <http://sort.sops.gov.ua/search/search>

21. Сорт рослин. Загальні вимоги. ДСТУ 7128:2009. Київ : Держспоживстандарт України, 2020. 6 с.

22. Худолій Л. М. Економічний механізм формування і функціонування ринку зерна в Україні. К. : ІАЕ, 1998. 212 с.

НОТАТКИ

НОТАТКИ

Наукове видання

**ФОРМУВАННЯ НОВОЇ ПАРАДИГМИ РОЗВИТКУ
АГРОПРОМИСЛОВОГО СЕКТОРУ В ХХІ СТОЛІТТІ**

Колективна монографія

Частина 2

Підписано до друку 05.11.2021. Формат 60×84/16.
Папір офсетний. Гарнітура Cambria. Цифровий друк.
Ум.-друк. арк. 24,65. Наклад 100.
Ціна договірна. Віддруковано з готового оригінал-макета.

Надруковано: ТОВ "ЛІГА-ПРЕС"
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 6423 від 04.10.2018 р.
Україна, м. Львів, 79012, вул. Кастелівка, 9
Польща, м. Торунь, 87-100, вул. Лубіцка, 44
Тел. +38 (050) 758 14 36