

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Агрономічний факультет
Кафедра ґрунтознавства та землеробства

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Кондратюк Андрій Михайлович

УДК: 633.11 : 631.82 : 631.5

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**БІОЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ
МІКРОДОБРІВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В
УМОВАХ ТОВ «НОРМ-АГРО» БЕРДИЧІВСЬКОГО РАЙОНУ
ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

201 «Агрономія»

Подається на здобуття освітнього ступеня «Магістр»

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне
джерело _____ А.М. Кондратюк

Керівник роботи

канд. с.-г. наук, доцент Довбиш Л.Л.

Житомир–2024

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	3
ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. Огляд літературних джерел та обґрунтування теми кваліфікаційної роботи	8
1.1. Народногосподарське значення та виробництво пшениці озимої в Україні та світі	8
1.2. Продуктивність пшениці озимої за диференціації системи удобрення	11
РОЗДІЛ 2. Місце, умови та програма проведення досліджень	16
2.1. Місце та умови проведення досліджень	16
2.2. Програма та методика проведення досліджень	16
РОЗДІЛ 3. Вплив позакоренових підживлень на формування продуктивності озимої пшениці	20
3.1. Загальна інтенсивність ростових процесів озимої пшениці залежно від варіантів застосування мікродобрих	20
3.2. Формування індивідуальної продуктивної структури рослин озимої пшениці та її урожайності залежно від системи позакоренових підживлень.	25
3.3. Економічна та енергетична ефективність використання позакоренових підживлень у технології вирощування пшениці озимої	31
ВИСНОВКИ.....	36
РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ВИРОБНИКІВ	37
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	38
ДОДАТКИ.....	43

АНОТАЦІЯ

Кондратюк А.М. Біоенергетична ефективність застосування мікродобрив при вирощуванні пшениці озимої в умовах ТОВ «НОРМ-АГРО» Бердичівського району Житомирської області. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 201 – агрономія. – Поліський національний університет, Житомир, 2024.

Кваліфікаційна робота має обсяг 45 сторінок комп'ютерного тексту, складається зі вступу, 3 розділів, висновків і рекомендацій виробництву та додатків, містить 7 таблиць та 2 рисунки. Список використаних літературних джерел складає 42 джерела.

У кваліфікаційній роботі наведено теоретичне обґрунтування та практичне вирішення наукового завдання щодо оптимізації живлення пшениці озимої за рахунок проведення позакоренових підживлень.

Було відмічено істотне підвищення урожаю зерна при листовому внесенні комплексних хелатованих добрив: Брексіл Мікс, Мастер і Плантафол з приростом 0,78, 0,41, 0,62 т/га відповідно. Максимальної урожайності пшениці озимої було досягнуто у варіанті застосування для позакоренового удобрення мікродобрива Брексіл мікс 0,5 кг/га у фазу виходу у трубку 7,73 т/га з приростом до фонового контролю 0,78 т/га (11,22%).

Максимальні якісні показники за вмістом білку 13,7 % (приріст до контролю склав 21,6 %) та вмісту сирової клейковини 25,9 % (приріст до контролю склав 20,5 %) було досягнуто у варіанті зі застосуванням фоліарного підживлення мікродобривом Брексіл мікс (0,5 кг/га у фазу виходу у трубку). Це варіант також був найбільш економічно ефективним – рівень рентабельності 96,5 %, що на 13,27 % вище, ніж на фоні, а також енергетично ефективний – коефіцієнт енергетичної ефективності на 8,7 % вищий, ніж на фоновому рівні.

Ключові слова: озима пшениця, мікродобрива, удобрення, підживлення, урожайність, енергоефективність, економічна ефективність.

ANNOTATION

Kondratiuk A.M. Bioenergy efficiency of microfertilizers application in winter wheat cultivation in the conditions of LLC “NORM-AGRO”, Berdychiv district, Zhytomyr region - Qualification work on the rights of a manuscript.

Qualification work for a master's degree in specialty 201 - agronomy - Polissya National University, Zhytomyr, 2024.

The qualification work consists of 45 pages of computer text, consists of an introduction, 3 chapters, conclusions and recommendations for production and applications, contains 7 tables and 2 figures. The list of references includes 42 sources.

The qualification work provides a theoretical substantiation and practical solution to the scientific task of optimizing the nutrition of winter wheat by foliar fertilization.

A significant increase in grain yield was noted with foliar application of complex chelated fertilizers: Brexil Mix, Master and Plantafol with an increase of 0.78, 0.41, 0.62 t/ha, respectively. The maximum yield of winter wheat was achieved in the variant of application of microfertilizer Brexil Mix 0.5 kg/ha for foliar fertilization in the phase of tube emergence of 7.73 t/ha with an increase of 0.78 t/ha (11.22%) compared to the background control.

The maximum quality indicators in terms of protein content of 13.7% (an increase over the control was 21.6%) and crude gluten content of 25.9% (an increase over the control was 20.5%) were achieved in the variant with the use of foliar fertilization with microfertilizer Brexil mix (0.5 kg/ha in the tube stage). This variant was also the most cost-effective - the level of profitability was 96.5%, which is 13.27% higher than in the background, and energy efficient - the energy efficiency coefficient was 8.7% higher than in the background.

Keywords: winter wheat, microfertilizers, fertilizers, fertilizing, yield, energy efficiency, economic efficiency.

ВСТУП

Актуальність теми. Озима пшениця є культурою з високим потенціалом продуктивності. Зернові культури відіграють ключову роль в структурі агропромислового комплексу та є основою продовольчої безпеки держави. Валові збори зерна значно варіюються під впливом різних чинників, таких як погодні умови, технології вирощування та сортові особливості. Однак, застосування прогресивних технологій, інноваційних добрив та нових сортів дозволяє зменшити вплив багатьох несприятливих абіотичних та біотичних факторів.

Сьогодні, на тлі дефіциту та високих цін на добрива, актуальною є розробка ефективних технологій внесення мінеральних добрив для максимального використання потенціалу рослин та сортів. Для досягнення високої врожайності та якості зерна озимої пшениці необхідно забезпечити рослину збалансованим живленням протягом усього періоду вегетації.

Використання сучасних технологій вирощування озимої пшениці, які враховують особливості землеробства, попередників, сортів та ґрунтово-кліматичних умов, є важливим кроком для підвищення врожайності та якості зерна. Нині, як у світовій практиці, так і в Україні, спостерігається тенденція до зниження витрат на вирощування сільськогосподарських культур, зокрема й озимої пшениці. Це підвищує необхідність удосконалення технологій для забезпечення стабільної врожайності за різних погодних умов із мінімізацією витрат на одиницю продукції.

Тому важливим завданням є комплексне вивчення технологій вирощування озимої пшениці, розробка та впровадження енерго- та ресурсозберігаючих агротехнічних заходів, що забезпечать прибутковість та екологічність вирощування. Актуальним є дослідження ефективності застосування комплексних добрив із макро- та мікроелементами, а також регуляторами росту для позакореневого підживлення озимої пшениці. Результати таких досліджень дозволяють оптимізувати фізіологічні процеси

рослин, підвищити врожайність та покращити якість зерна з високою економічною ефективністю.

Наше завдання полягало у вивченні та обґрунтуванні ефективності різних комплексних добрив для позакореневого підживлення та їх впливу на врожайність та якість озимої пшениці.

Сучасні системи удобрення пшениці озимої мають ґрунтуватись на збалансованому живленні рослин, яке передбачає як внесення макро-, так і мікроелементів. Важливим завданням при цьому є визначення варіантів мікродобрив та їх раціональний розподіл по вегетації з огляду на фонове мінеральне живлення. Це підтверджує актуальність наших досліджень.

Мета і завдання досліджень полягає у визначенні оптимізації системи удобрення озимої пшениці в умовах господарства на основі вивчення різних варіантів мікродобрив у форматі їх позакореневого внесення.

Для досягнення поставленої мети було сформульовано такі завдання:

- дослідити вплив застосування комплексних добрив для позакореневого підживлення на структурні елементи врожаю;
- визначити, як досліджувані фактори впливають на врожайність та якість зерна озимої пшениці;
- оцінити економічну та енергетичну ефективність впровадження нових технологічних прийомів вирощування озимої пшениці.

Об'єкт дослідження – процес формування продуктивності озимої пшениці за використання у позакореневе підживлення різних мікродобрив.

Предмет дослідження. Високоінтенсивний сорт озимої пшениці та особливості формування його продуктивності на фоні застосування мікродобрив у підживлення.

Методи дослідження. Лабораторний метод – використовувався для вивчення фізіолого-біохімічних, анатомо-морфологічних та мікробіологічних змін у рослинах. Польовий метод – передбачав закладання дослідів у контрольованих умовах для глибокого дослідження впливу препаратів на

фізіологічні та біологічні процеси рослин. Статистичний метод – застосовувався для підтвердження достовірності результатів за допомогою дисперсійного та кореляційного аналізів. Порівняльно-розрахунковий метод – оцінка біоенергетичної та економічної ефективності технологічних прийомів вирощування.

Перелік публікацій за темою:

1. Dovbysh L., Kravchuk M., Kondratyuk A., Kushnir I., Nagorna V. Evaluation of efficiency of foliar nutrition of spring wheat in conditions of Zhytomyr district. Scientific Collection «InterConf+». 2024. № 50(221) P. 360-369.

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи. Кваліфікаційна робота викладена на 45 сторінках тексту, набраного на комп'ютері. Вона містить 7 таблиць і 2 рисунки. Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, рекомендацій для виробництва та додатків. Список використаних джерел нараховує 42 позицій.

РОЗДІЛ 1.

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ТЕМИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1.1. Народногосподарське значення та виробництво пшениці озимої в Україні та світі

Одним із ключових завдань у сільському господарстві є підвищення обсягів виробництва зерна. Для отримання високих врожаїв конкурентоспроможного екологічно чистого зерна необхідно використовувати високопродуктивні сорти, оптимізувати показники родючості ґрунтів, а також своєчасно та якісно виконувати технологічні процеси.

Пшениця є провідною культурою в багатьох країнах світу. Її ареал охоплює п'ять континентів, і вона вирощується від північних полярних районів до південних меж. Ця давня культура вирощувалася вже 7-6 тисяч років до нашої ери. Найбільші площі під пшеницею розташовані в США, Китаї, Індії, Канаді, Україні, Казахстані та інших країнах, де домінують озимі форми. Найвищі врожаї спостерігаються в промислово розвинених країнах Європи: в Ірландії – 8,45 т/га, Нідерландах – 7,81 т/га, Великобританії – 7,72 т/га, Бельгії – 6,86 т/га, Франції – 6,45 т/га та Німеччині – 6,26 т/га. [1, 2, 3]

Зерно пшениці знаходить широке застосування в хлібопеченні, а також у виробництві круп, макаронних виробів, вермішелі та інших харчових продуктів для людей. Хімічний склад озимої пшениці оптимально відповідає потребам людського харчування. У середньому зерно пшениці містить 13,9% білка, 79,9% вуглеводів і 2% золи. [2, 4].

Озима пшениця має найважливіше значення серед зернових культур в Україні, що зумовлено природно-кліматичними умовами ряду регіонів: озимі культури краще використовують осінні опади та весняну вологу, дозрівають раніше ярих і є стійкими до перших осінніх заморозків.

У 2021 році Україна досягла рекордного врожаю пшениці за всю історію незалежності – 33,01 млн тонн, що на 7,59 млн тонн більше, ніж у попередньому сезоні 2020 року, що забезпечило Україні сьоме місце у світі. [5]

Серед найбільших виробників пшениці Україна поступається Австралії, США, Росії, Індії, Китаю та країнам ЄС. Найбільшими світовими виробниками є Китай з урожаєм 135 млн тонн та Індія з 108 млн тонн. Проте ці країни не є значними експортерами, оскільки споживають більше, ніж виробляють, тобто є чистими імпортерами. До країн-виробників та експортерів пшениці належать ЄС з часткою 16,3% на світовому ринку, Росія (11%), США (6,4%), Австралія (4,3%), Україна (3,3%) та Аргентина (2,3%). [5, 6]

Посівні площі під пшеницею у світі продовжують зростати вже другий рік поспіль. У 2021/2022 маркетинговому році загальна площа становила 222,3 млн гектарів, що на майже 2 млн гектарів більше порівняно з попередніми роками. Лідерами за площами посівів є Індія (31,1 млн га), Росія (27,6 млн га) та Китай (23,6 млн га). Україна займає восьме місце за посівною площею пшениці у світі. Основні показники провідних країн-виробників пшениці за останні три роки наведені в таблиці 1.1. [5, 7, 8].

Аналізуючи ситуацію в Україні до 24 лютого 2022 року, можна зазначити, що найбільші площі для вирощування пшениці були зосереджені в Харківській, Запорізькій та Одеській областях. Наразі, в умовах війни, основні площі під пшеницею зосереджені в Одеській області, а також значно зросла частка посівів у Дніпропетровській та Кіровоградській областях. Одним із ключових показників розвитку вирощування будь-якої культури є її врожайність. [9].

Одним із ключових показників розвитку вирощування будь-якої культури є її врожайність. Наприклад, у Китаї площі під пшеницею майже на 8 млн гектарів менші, ніж в Індії, але Китай займає перше місце у світі за обсягом виробництва завдяки вищій врожайності – 5,81 т/га. Отже, країни з великими посівними площами, але низькою врожайністю, мають потенціал для її підвищення шляхом впровадження сучасних технологій. [10]. Наприклад, у США площі посіву

пшениці відповідно на 103% більші, ніж в Україні, але врожайність у цих країнах нижча майже вдвічі. [3].

Таблиця 1.1.

Основні показники виробництва топ країн-виробників пшениці, млн.т. [5, 7, 8]

Країни	2023/2024МР	2023/2024МР	2023/2024МР	2023/2024МР	
				Площа посівів, млн. га	Врожайність т/га
Індія	107,2	109,6	106,8	31,1	3,52
Китай	134,2	137,1	135,7	23,6	5,81
США	53,3	44,9	43,5	15	2,98
Франція	41,4	30,5	35,4	5,3	7,02
Україна	29,1	25,4	33	7,4	4,45
Росія	73,6	76	83,5	27,6	2,72
Аргентина	20,4	17,1	21,5	6,5	3,38
Пакистан	27	24,9	26,4	9,1	3
Канада	32,6	35,8	21,7	9,2	2,34
Австралія	15,8	31,7	36,3	13	2,79

Якщо розглядати рівень врожайності, то рейтинг країн виглядає інакше. Найвищі показники врожайності пшениці демонструють Франція – 7,02 т/га, Китай – 5,8 т/га, а на третьому місці знаходиться Україна з 4,45 т/га. [7]. Для України 2022 рік став найуспішнішим за обсягом валового збору пшениці – 33,01 млн тонн, що на 7,59 млн тонн більше, ніж у попередньому сезоні 2023 року. [9, 10, 11]

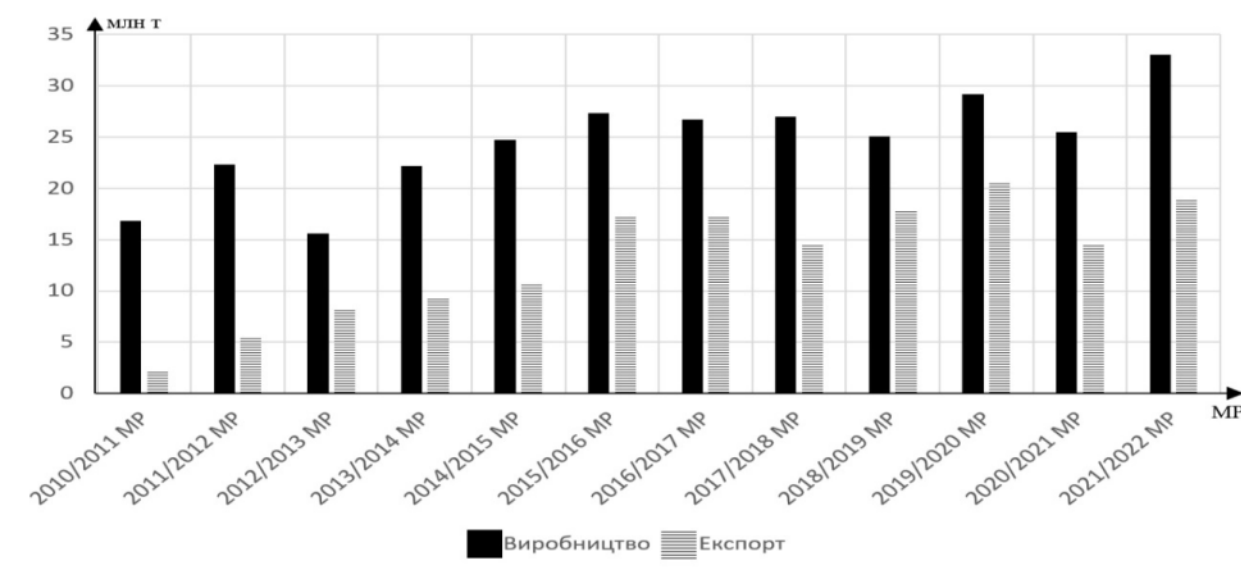


Рис. 1.1. Динаміка виробництва та експорту української пшениці (млн т) [8, 9]

1.2. Продуктивність пшениці озимої за диференціації системи удобрення

Невпинне зниження природної родючості ґрунтів в Україні за останні 20 років вимагає впровадження нових технологічних елементів, які забезпечують високоінтенсивні сорти зернових культур необхідними мінеральними елементами живлення протягом усієї вегетації, особливо в критичні періоди їх росту та розвитку [11, 14, 15].

Урожайність озимої пшениці та якість її зерна значною мірою залежать від забезпечення рослин мінеральними елементами протягом усієї вегетації. Для отримання стабільного врожаю та зерна з оптимальними якісними характеристиками важливо забезпечити рослини як макро-, так і мікроелементами. При зборі врожаю з ґрунту виводиться велика кількість поживних елементів.

Щоб досягти врожайності у 10 ц/га, озимій пшениці потрібно: 25–35 кг азоту, 11–13 кг фосфору, 20–27 кг калію, 5 кг кальцію, 4 кг магнію, 3,5 кг сірки, 5 г бору, 8,5 г міді, 270 г заліза, 82 г марганцю, 60 г цинку та 0,7 г молібдену. Аналіз ґрунту свідчить про те, що в ньому зазвичай недостатньо елементів

живлення у легкодоступній формі. Тому для досягнення високих врожаїв озимої пшениці необхідно вносити мінеральні добрива як у ґрунт, так і для позакореневого підживлення. Варто зазначити, що чим більший урожай та вища норма внесення мінеральних добрив, тим більше поживних речовин виводиться з ґрунту.

Для максимального формування врожаю зернових культур важливо забезпечити рослини озимої пшениці необхідними елементами живлення на всіх етапах їхнього розвитку, особливо в критичні періоди.

У останні роки активно застосовується позакореневе внесення різних мінеральних елементів живлення для підвищення якості зерна та урожайності різних зернових культур, зокрема озимої пшениці. Сьогодні найчастіше використовують позакореневе внесення азоту у формі сечовини та мікроелементів.

Озима пшениця добре реагує на мікродобрива, серед яких найважливішими є марганець, молібден, мідь, цинк, бор та інші. Ці елементи вносяться в ґрунт разом із мінеральними добривами, а також використовуються для позакореневого підживлення та обробки насіння перед посівом солями мікроелементів. На дерново-підзолистих легкосуглинкових ґрунтах північно-східної Білорусі комплексне застосування рідкого азотного добрива КАС і мікродобрив під час вирощування озимої пшениці дозволило зменшити витрати та підвищити ефективність виробництва зерна.

Одним із найпоширеніших методів використання мікродобрив сьогодні є позакореневе підживлення сільськогосподарських культур під час їх вегетації. Це пояснюється перевагами цього методу, зокрема можливістю покращення мікроелементного живлення рослин у період їх найбільшої потреби.

У розвинених країнах світу системи удобрення такого типу успішно впроваджуються у виробництво як великими, так і малими товаровиробниками. В Україні ж, в основному, вони реалізуються у великих агрокомпаніях та агрохолдингах.

Одним із ключових чинників для досягнення біологічного потенціалу та поліпшення основних показників більшості зернових і зернобобових культур є наявність достатньої кількості макро- і мікроелементів, а також їх збалансованість у живленні рослин. Використання макро- та мікродобрих стає актуальним заходом у контексті зниження родючості ґрунтів, оскільки це дозволяє забезпечити рослини необхідними елементами живлення в оптимальні або критичні фази їх росту та розвитку.

На сьогодні в Україні представлений широкий асортимент добрив, що містять мікроелементи у формі хелатів. Подвійне позакореневе підживлення озимої пшениці комплексними добривами Нутривант Плюс зерновий і Альфа Гроу-зерновий на фоні $N_{30}P_{30}K_{30}$ під час виходу в трубку та формування зернівки призвело до збільшення урожайності на 0,15-0,39 т/га. У Лівобережному Лісостепу України, за умов нестабільного зволоження, проведення позакореневого підживлення комплексними водорозчинними добривами підвищило продуктивність озимої пшениці на 25,8%, кукурудзи на зерно – на 12,7%, цукрових буряків – на 15,7%, а також значно покращило якість продукції.

Застосування добрив під час вирощування сільськогосподарських культур є одним із найефективніших методів підвищення продуктивності та покращення якості врожаю. У зв'язку з високою вартістю добрив, перед аграріями стоїть завдання раціонального їх використання та мінімізації втрат. Позакореневе підживлення є ефективним способом забезпечення рослин поживними речовинами, що покращує їхнє засвоєння з ґрунту та стимулює розвиток [17, 18]. Цей метод живлення, хоча й відомий давно, останніми роками набуває все більшого поширення, особливо при внесенні мікроелементів та стимуляторів росту [17, 19].

Дослідження показують, що застосування сучасних мікродобрих на хелатній основі та з використанням нанотехнологій (Nano-GroNM) дозволяє підвищити врожайність озимої пшениці на понад 17%, а кукурудзи – до 20% [20]. Щорічно розширюється асортимент препаратів, які містять необхідні

мікроелементи та стимулятори росту, що дозволяє знижувати негативний вплив стресових факторів на рослини. У разі дефіциту мікроелементів це також сприяє мінімізації їхнього негативного впливу [19, 20].

Згідно з дослідженнями [21], застосування Вітазиму для обробки насіння та позакореневого підживлення у фазі виходу в трубку забезпечило приріст урожаю навіть на ділянках без внесення добрив. Так, урожайність на ділянках без добрив зросла на 0,55 т/га (18,0%) порівняно з контролем. На ділянках із різними системами удобрення врожайність підвищилась на 0,84-0,88 т/га (14-15%).

Позакореневе підживлення у фазі кущення комплексонатами мікроелементів (МЕ) забезпечило приріст урожаю озимої пшениці на 7%. Найвищий результат досягнуто при поєднанні передпосівної обробки насіння з позакореновими підживленнями. У цьому випадку врожайність зросла на 21% при внесенні мінеральних добрив у дозі N30P60K30 порівняно з ділянками без добрив. Додавання МЕ на цьому фоні підвищило врожайність на 27,1-33,1% [21, 22].

Також встановлено, що позакореневе підживлення мікроелементами на ділянках без добрив забезпечило приріст урожаю на 5-7% по чорному пару та на 10-16% по зайнятому пару. Комбіноване застосування комплексних добрив і азоту у підживленні підвищило врожайність на 10-12% і 16-21% відповідно, а також покращило якість зерна [20, 21, 22].

Підвищення виробництва зерна залишається ключовою проблемою землеробства. Це особливо актуально у період реформування аграрного сектору та переходу до ринкових відносин, що вимагає впровадження ефективних, ресурсозберігаючих технологій. Вирішення цих завдань можливе завдяки впровадженню науково обґрунтованих систем землеробства, оптимізації мінерального живлення рослин для максимізації їх продуктивності та впровадженню прогресивних технологій, що забезпечують високі врожаї та збереження родючості ґрунтів.

Отже, використання оптимальних доз мінеральних та водорозчинних добрив набуває широкого застосування, стає важливим чинником у збільшенні виробництва високоякісного зерна в господарствах різних форм власності та є ефективним ресурсозберігаючим заходом у сільськогосподарському виробництві.

РОЗДІЛ. 2. МІСЦЕ, УМОВИ ТА ПРОГРАМА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Місце та умови проведення досліджень.

Виробничий дослід щодо впливу позакореневого підживлення мікродобривами на врожайність озимої пшениці проводили в 2022–2024 роках на полях ТОВ «НОРМ-АГРО», що розташовані в Бердичівському районі Житомирської області.

Дослідження проводили на темно-сірих опідзолених легкосуглинкових ґрунтах, які мали такі агрохімічні характеристики орного шару (0–20 см): вміст лужногідролізованого азоту становив 87,2–91,2 мг/кг ґрунту (за методом Корнфілда), кількість рухомого фосфору – 197–236 мг/кг ґрунту, а обмінного калію – 190–235 мг/кг (за методом Кірсанова). Реакція ґрунтового розчину (рН) варіювалася від 6,1 до 6,8, а вміст гумусу складав 2,82–2,95%.

Погодні умови за роки проведення досліджень. Погодні умови під час проведення досліджень змінилися, проте загалом були характерними для Північного Лісостепу. Це створює підґрунтя для широкого впровадження отриманих результатів у зональні системи землеробства, після умов періоду росту та розвитку озимої пшениці відповідали типовим кліматичним особливостям даної зони.

2.2. Програма та методика проведення досліджень.

Мета і завдання досліджень полягає у визначенні оптимізації системи удобрення озимої пшениці в умовах господарства на основі вивчення різних варіантів мікродобрив у форматі їх позакореневого внесення.

Для досягнення поставленої мети було сформульовано такі завдання:

- дослідити вплив застосування комплексних добрив для позакореневого підживлення на структурні елементи врожаю;

- визначити, як досліджувані фактори впливають на врожайність та якість зерна озимої пшениці;

- оцінити економічну та енергетичну ефективність впровадження нових технологічних прийомів вирощування озимої пшениці.

Мінеральні добрива та комплексні добрива для позакореневого підживлення під пшеницю озиму вносили згідно схеми (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1

Схема досліду

№ п/п	Варіанти досліду	Строки внесення добрив
1	N ₁₀₀ P ₉₀ K ₉₀ - фон	контроль, де N ₁₀ P ₉₀ K ₉₀ з осені + N ₄₅ – після відновлення вегетації, N ₄₅ – у фазу виходу у трубку
2	Фон + Мастер 4 кг/га	контроль, де N ₁₀ P ₉₀ K ₉₀ з осені + N ₄₅ – після відновлення вегетації, N ₄₅ – у фазу виходу у трубку + Мастер 4 кг/га у фазу виходу у трубку
3	Фон + 4 кг/га	контроль, де N ₁₀ P ₉₀ K ₉₀ з осені + N ₄₅ – після відновлення вегетації, N ₄₅ – у фазу виходу у трубку + Плантафол 4 кг/га у фазу виходу у трубку
4	Фон + Брексіл мікс 0,5 кг/га	контроль, де N ₁₀ P ₉₀ K ₉₀ з осені + N ₄₅ – після відновлення вегетації, N ₄₅ – у фазу виходу у трубку + Брексіл мікс 0,5 кг/га у фазу виходу у трубку

Мінеральні добрива під пшеницю озиму вносили згідно схеми. Позакореневе підживлення проводили рідким комплексними добривами Мастер (4 кг/га), Плантафол (4 кг/га) та Брексіл мікс (0,5 кг/га). Перше позакореневе підживлення проводили у фазу виходу в трубку. Загальна площа посівної ділянки – 50 га, площі під кожним препаратом – 11 га.

Спосіб внесення: шляхом обприскування на поверхню культури в фазі виходу в трубку оприскувачем John Deere 4730 ширина захвату 30 м. У досліді висівали сорт пшениці озимої Акратос. Норма витрати робочого розчину 200-300 л/га.

Методи дослідження. Лабораторний метод – використовувався для

вивчення фізіолого-біохімічних, анатомо-морфологічних та мікробіологічних змін у рослинах. Польовий метод – передбачав закладання дослідів у контрольованих умовах для глибокого дослідження впливу препаратів на фізіологічні та біологічні процеси рослин. Статистичний метод – застосовувався для підтвердження достовірності результатів за допомогою дисперсійного та кореляційного аналізів. Порівняльно-розрахунковий метод – оцінка біоенергетичної та економічної ефективності технологічних прийомів вирощування.

Агротехніка вирощування пшениці озимої загальноприйнята для умов Лісостепу. Попередник – соя. Закладання та проведення польових дослідів, відбір ґрунтових та рослинних зразків, підготовку їх до аналізу проводили згідно методичних рекомендацій та ДСТУ. Спостереження та облік урожаю проводили за методикою [23], методичними рекомендаціями по проведенню досліджень. Аналіз зразків ґрунту і рослин виконували згідно ДСТУ у вимірювальній лабораторії Поліського національного університету.

Ґрунтові та рослинні зразки відбирали по варіантах досліду із двох не суміжних повторень. У ґрунтових зразках визначали вміст легкогідролізованого азоту (за Корнфілдом) - ДСТУ 4414-02, рухомого фосфору та калію (за Кірсановим) - ДСТУ 4115-02 [24].

Упродовж вегетаційного періоду проводили біометричні виміри висоти рослин, спостереження за проходження фаз розвитку. Спостереження проводили на 20 постійно закріплених рослинах із двох несуміжних повтореннях. Середню довжину колоса визначали вимірюванням 20-ти колосків з точністю до 0,5 сантиметрів, кількість зерен у колосі – підрахунком їх кількості, масу зерна з одного колоса - зважуванням зерна 20 колосків і діленням, масу 1000 зерен зважуванням 2 наважок із 500 зерен. Вміст білка у зерні визначали за ДСТУ 4117;2007, клейковини - за ГОСТ 13586-68, натуру зерна - за ГОСТ 10840-64, масу 1000 зерен - за ГОСТ10842-89 [24].

Економічну та енергетичну продуктивність вирощування пшениці ярої розраховували за сучасними загальноприйнятими методиками. Оцінку енергетичної ефективності елементів технології вирощування проводили згідно з рекомендаціями О.К.Медведовського і П.І.Іваненко [26]. Економічну ефективність обчислювали за технологічною картою вирощування пшениці ярої в господарстві і цінами, що склалися на 01.12.2024 р. статистичні обробку експериментальних даних проводили за загальноприйнятими методиками дисперсійного аналізу [25].

РОЗДІЛ. 3. ВПЛИВ ПОЗАКОРЕНЕВИХ ПІДЖИВЛЕНЬ НА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ

3.1. Загальна інтенсивність ростових процесів озимої пшениці залежно від варіантів застосування мікродобрив

Особливості росту озимої пшениці на різних етапах розвитку мають вирішальне значення для формування її продуктивності. За даними [27], між надземною масою рослин і врожайністю зерна існує тісний позитивний зв'язок (коефіцієнт кореляції від 0,65 до 0,88), хоча погодні умови можуть впливати на цю залежність у різні роки. Ріст рослин – це біологічний процес накопичення біомаси завдяки фотосинтезу, який є ключовим для життєдіяльності. Як писав К. А. Тімірязєв, хлорофіл у листку діє як фокус, де енергія сонця перетворюється на органічні речовини, що забезпечують життя на Землі [28]. Листя є основним фотосинтезуючим органом, де утворюються асимілянти, необхідні для росту та формування врожаю. Чим довше посіви пшениці залишаються зеленими, тим вищий потенціал врожаю [29, 30]. Встановлено, що врожайність пшениці прямо залежить від площі листової поверхні та показників фотосинтетичного потенціалу [31]. Водночас у деяких сортів озимої пшениці спостерігається зворотний зв'язок між надземною масою, площею листків та врожайністю [15].

На ріст і розвиток пшениці значно впливає забезпечення рослин елементами живлення, особливо мікроелементами, протягом усього періоду вегетації. Один із шляхів оптимізації живлення — застосування рідких і водорозчинних хелатних добрив у критичні фази розвитку, такі як вихід у трубку та колосіння-цвітіння. Позакореневе підживлення такими добривами дозволяє забезпечити рослини необхідними елементами на кожному етапі органогенезу. Переваги хелатних добрив полягають у їх високій біодоступності та необхідності малих доз для ефективного впливу. Сучасні хелатні добрива виготовляються на основі

органічних кислот, таких як ЕДТА, ДТТА та ГЕДФА, які утворюють стійкі комплексонати з мікроелементами [32].

Хелатні мікроелементи краще засвоюються рослинами, ніж неорганічні солі. Вони проникають у рослину через ґрунт або листовий апарат і включаються в метаболічні процеси без попередніх змін [1]. Наукові дослідження підтверджують, що використання мікроелементів у формі хелатів підвищує врожайність, якість зерна та розширює білковий спектр [3, 8, 5]. Встановлено позитивний вплив на продуктивність фотосинтезу та врожайність озимої пшениці [22, 30].

За останні роки багато дослідників вивчали потреби сільськогосподарських культур у мікроелементах, зокрема ефективність хелатних добрив для підвищення врожайності та якості продукції [13, 14]. Мікроелементи, такі як бор (В), марганець (Mn), мідь (Cu), цинк (Zn), кобальт (Co) та молібден (Mo), є важливими для нормального росту рослин. Вони входять до складу ферментів, вітамінів і гормонів, відіграючи важливу роль у синтезі білків, жирів і вуглеводів. Оптимальне забезпечення мікроелементами сприяє прискоренню розвитку рослин, підвищенню стійкості до хвороб і шкідників, а також зниженню негативного впливу стресових факторів, таких як посуха або екстремальні температури [34].

Водночас слід зазначити, що мікроелементи, активно впливаючи на інтенсивність ростових процесів, визначають такий важливий показник, як висота рослин у багатьох сільськогосподарських культур [35].

Проведення вимірювання висоти рослин пшениці озимої у наших дослідженнях показали, що цей показник залежав від виду мікродобрив. (табл. 3.1.).

У таблиці наведено результати дослідження впливу різних систем позакоренових підживлень на кількість продуктивних стебел і висоту рослин сорту Акратос у фазу воскової стиглості. Кількість продуктивних стебел (шт.) –

відображає продуктивність рослини, тобто кількість стебел, що формують урожай. Висота рослин (см) – характеризує інтенсивність росту рослин.

Таблиця 3.1

Висота рослин та кількість продуктивних стебел на фазу воскової стиглості у сорту Акратос залежно від системи позакоренових підживлень, (середнє за 2022-2024 рр.)

Варіант удобрення	Показники	
	кількість продуктивних стебел, шт.	висота рослин, см
N ₁₀₀ P ₉₀ K ₉₀ без внесення мікродобрих (фон)	4,21 ± 0,11	90,8 ± 1,2
Фон + Мастер 4 кг/га	4,22 ± 0,12	92,6 ± 0,7
Фон + Плантафол 4,0 кг/га	4,34 ± 0,11	94,9 ± 0,8
Фон + Брексіл мікс 0,5 кг/га	4,43 ± 0,12	98,5 ± 1,4

Результати досліджень демонструють позитивний вплив позакоренових підживлень на висоту рослин та кількість продуктивних стебел сорту Акратос порівняно з контрольним варіантом. Контрольний варіант, де вносили лише мінеральні добрива у дозі N₁₀₀P₉₀K₉₀, забезпечив: кількість продуктивних стебел – 4,21 шт., висоту рослин – 90,8 см.

При використанні у позакореневе підживлення мікродобрих Мастер (4 кг/га) - кількість продуктивних стебел була 4,22 шт., що показує незначне підвищення до контролю, а висота рослин – 92,6 см, що на +1,8 см вище за контрольний рівень. Застосування мікродобрих "Мастер" покращує ріст рослин, але вплив на продуктивність стебел є мінімальним.

Застосування у позакореневе підживлення іншого мікродобрих Плантафол (4 кг/га) показники пшениці озимої покращилися й становили: кількість продуктивних стебел – 4,34 (+0,13 шт. до контролю), а висота рослин –

94,9 (+4,1 см до контролю). Мікродобриво "Плантафол" сприяє активному росту рослин та збільшує кількість продуктивних стебел, що свідчить про його ефективність для стимуляції розвитку культури.

На четвертому варіанті удобрення, де в листкове удобрення було внесено Брексіл мікс (0,5 кг/га): кількість продуктивних стебел – 4,43, що +0,22 шт. до контролю, а висота рослин – 98,5 (+7,7 см до контролю). Цей варіант показав найкращі результати, забезпечуючи максимальні показники росту та продуктивності рослин. "Брексіл мікс" позитивно впливає на формування вегетативної маси та потенційну урожайність культури.

Отже, позакореневі підживлення мікродобривами сприяють покращенню вегетативного росту та продуктивності рослин сорту Акратос. Найбільший позитивний ефект зафіксовано у варіанті "Фон + Брексіл мікс (0,5 кг/га)", де спостерігалось максимальне зростання висоти рослин (+7,7 см) та збільшення кількості продуктивних стебел (+0,22 шт.) порівняно з контролем.

Отже, застосування мікродобрива "Брексіл мікс" є найефективнішим рішенням для стимуляції росту рослин і підвищення їх продуктивного потенціалу у фазу воскової стиглості.

Важливу роль в оптимізації продукційного процесу рослин відіграє забезпечення елементами мінерального живлення. При цьому значення мікроелементів для інтенсифікації фотосинтетичного апарату не менш важливе, ніж макроелементів. Так, залізо, молібден, а можливо і кобальт беруть участь у біосинтезі основного фотосинтетичного пігменту — хлорофілу та його попередників, впливають на швидкість транспорту електронів, структурну й функціональну інтеграцію мембран, інтенсивність фотосинтезу [32]. Мідь, манган і цинк необхідні для здійснення біохімічних процесів, які відбуваються під час дихання і фотосинтезу, а також пов'язані з формуванням реакційних центрів, світлозбиральних комплексів, беруть участь в окисно-відновних ферментативних реакціях, реакціях циклу трикарбонових кислот, перенесенні електронів від ФС II до ФС I [14].

Мікроелементи також можуть впливати на акумуляцію біомаси. Зокрема, за нестачі міді гальмується ріст генеративних органів [2]. Цинк сприяє нарощуванню біомаси як за рахунок росту міжвузлів, так і зміни стійкості рослин до ураження хворобами [17]. Кобальт, який стимулює клітинний поділ у листках рослин, впливає на товщину й об'єм мезофілу в листку, число і розмір клітин його стовпчастої і губчастої паренхіми [67]. Важливим питанням підвищення продуктивності рослин є пошук ефективних форм внесення мікроелементів. Перевагою застосування неорганічних солей елементів (сульфати, оксиди та ін.) є відносно невисока вартість, але утворення важкорозчинних форм мікроелементів і вимивання за межі кореневої системи знижують ефективність їх використання рослинами [20].

Ефективнішим вважають застосування мікроелементів у вигляді хелатів (комплексонів), для яких характерні ліпша розчинність і висока біологічна активність у тканинах рослин [5, 18]. Хелаторами – носіями мікроелементів – слугують як хімічно синтезовані сполуки (етилендіамінтетраоцтова, етилендіаміндибурштинова та інші кислоти), так і природні карбонові кислоти (цитринова, бурштинова тощо). Дослідження впливу хелатованих мікроелементів на сільськогосподарські культури доволі численні. Зокрема вивчено їх вплив на урожай, окремі показники його структури та якість зерна пшениці, підвищення стійкості рослин до стресових умов [30]. Досліджено також дію комплексів мікроелементів на розвиток кореневої системи рослин, фізіологічну активність, здатність використовувати фосфор та азот важкорозчинних мінеральних ґрунтових сполук [31].

Таким чином, встановлено, що застосування впливає на площу асиміляційного апарату рослин пшениці, особливо за їх застосування у період їх активного росту.

3.2. Формування індивідуальної продуктивної структури рослин озимої пшениці та її урожайності залежно від системи позакоренових підживлень

Продуктивність озимої пшениці залежить від двох ключових елементів структури врожаю: густоти продуктивного стеблостою та маси зерна з одного колоса. За інтенсивною технологією на 1 м² повинно бути близько 600 колосів, що забезпечує необхідну густоту стебел. Однак високий врожай можна отримати не лише за високої густоти колосів, а й завдяки більшій масі зерна в колосі. Це підтверджують результати наукових досліджень та світова практика. Наприклад, в Бельгії професор Лалоу рекомендує норму висіву 70–120 кг/га, що дозволяє досягти густоти 200-220 рослин на м² на етапі трьох листків. До збирання врожаю кількість колосів на 1 м² має становити 400-500, що забезпечує врожай 70-100 ц/га. За даними досліджень у Західному Лісостепу України, найвищу продуктивність можна досягти при нормі висіву 120-200 кг/га (3,0-4,0 млн/га).

Додаткові продуктивні стебла можуть підвищити урожайність на 30-50%. У зріджених посівах частка бокових пагонів становить до 60-70% врожаю зерна. Багатостеблові рослини мають кращу надземну масу та розвинену кореневу систему, що забезпечує їм вищу стійкість до несприятливих умов і більшу продуктивність порівняно з одностебловими рослинами. Важливо, що скидання окремих пагонів у сильнорозкущених рослин не призводить до значних втрат, тоді як відмирання одностеблових рослин при високій густоті стояння може бути суттєвим [30, 31].

Продуктивність колоса визначається його довжиною, кількістю колосків та зерен, а також масою зерна з одного колоса. Збільшення числа колосків у колосі веде до зростання урожайності. Критичним для формування колосків є період, коли відбувається їх диференціація — на IV етапі органогенезу, в кінці куціння і на початку виходу рослин у трубку [29].

Маса зерна з одного колоса є важливим показником структури врожаю. Завдяки селекції та вдосконаленим технологіям вирощування нові сорти

пшениці можуть мати більшу масу зерна в колосі, яка може досягати 1,5 г і більше, що також сприяє підвищенню врожайності [29, 30].

Розробляються параметри моделей сорту озимої пшениці високоінтенсивного типу, де для певного рівня продуктивності рослин задаються відповідні показники продуктивності колоса. Так, для сортів з урожайністю 75-80 ц/га маса зерна з колоса має становити не менше ніж 1,2–1,4 г, для 90-100 – 1,6-1,8 г і при урожайності 101-110 ц/га маса зерна з колоса має бути 1,8-2,0 г [29].

Разом з тим відмічається, що базовим елементом, який визначає індивідуальну продуктивність рослин озимої пшениці є повноцінне мінеральне живлення рослин [8, 20, 36], особливо мікроелементами такими як цинк, залізо, сірка, магній [32].

Результатами наших досліджень були підтверджені ці висновки. В умовах виробничих польових дослідів, які проводились нами було встановлено, що позакореневі підживлення мають виражений позитивний вплив на показники індивідуальної продуктивності пшениці озимої сорту Акратос. Найвищі результати досягнуто при застосуванні "Брексіл Мікс", де спостерігалось максимальне збільшення довжини колоса, кількості колосків, кількості та маси зерен у головному колосі, а також маси 1000 зерен (табл. 3.2).

У таблиці наведено результати дослідження впливу різних систем позакореневих підживлень на показники індивідуальної продуктивності пшениці озимої сорту Акратос у середньому за 2022–2024 роки. Дослідження проводили на тлі основного мінерального живлення ($N_{100}P_{90}K_{90}$), а також за умов внесення додаткових мікродобрих.

Результати дослідження показали, що застосування позакореневих підживлень значно покращує структурні показники урожайності пшениці озимої сорту Акратос у порівнянні з контрольним варіантом (фон $N_{100}P_{90}K_{90}$). На контрольному варіанті (фон $N_{100}P_{90}K_{90}$) показники індивідуальної продуктивності пшениці озимої були такими: довжина головного колоса – 8,6

см., кількість колосків у головному колосі – 16,9 шт., кількість зерен у колосі – 39,9 шт., маса зерен з головного колоса – 1,58 г., маса 1000 зерен – 53,7 г.

Таблиця 3.2

Показники індивідуальної продуктивності пшениці озимої сорту Акратос залежно від системи позакоренових підживлень (середнє за 2022-2024 рр.)

Показники структури урожаю	Фон N ₁₀₀ P ₉₀ K ₉₀	Фон + Мастер	Фон + Плантафол	Фон + Брексіл Мікс
Довжина головного колоса, см	8,6	8,8	9,2	9,4
Кількість колосків головного колоса, шт.	16,9	17,6	18,2	18,6
Кількість зерен у колосі, шт.	39,9	40,7	41,8	43,6
Маса зерен з головного колоса, г	1,58	1,66	1,72	1,77
Маса 1000 зерен, г	53,7	55,1	55,3	55,7

Мікродобриво "Мастер" (4 кг/га) на фоні мінерального живлення показало позитивний вплив на ріст колоса та покращення наливу зерна, що підтверджує його ефективність як джерела мікро- та макроелементів. Показники структури врожаю культури на цьому варіанті були такими: довжина головного колоса – 8,8 см (+0,2 см до контролю), кількість колосків – 17,6 шт. (+0,7 шт.), кількість зерен у колосі – 40,7 шт. (+0,8 шт.), маса зерен з колоса – 1,66 г (+0,08 г), маса 1000 зерен – 55,1 г (+1,4 г).

Позакореневе підживлення "Плантафол" (4 кг/га) сприяло помітному збільшенню продуктивності колоса, забезпечуючи належне живлення на етапі формування врожаю та підвищуючи якість зерна. На цьому варіанті досліджень показник довжина головного колоса був 9,2 см, що на 0,6 см більше за контрольний варіант, кількість колосків – 18,2 шт. (+1,3 шт. до контролю), кількість зерен у колосі – 41,8 шт. (+1,9 шт.), маса зерен з головного колоса – 1,72 г (+0,14 г), маса 1000 зерен – 55,3 г (+1,6 г).

Внесення у листкове удобрення "Брексіл Мікс" (0,5 кг/га) забезпечило найкращі результати, що свідчить про його високу ефективність у стимуляції продуктивності колоса та покращенні наливу зерна. Завдяки своєму збалансованому складу, препарат посилює фотосинтетичну активність рослин і оптимізує обмінні процеси. Довжина головного колоса на четвертому варіанті становила 9,4 см, що +0,8 см до мінерального живлення, кількість колосків – 18,6 шт. (+1,7 шт. до контролю), кількість зерен у колосі – 43,6 шт. (+3,7 шт.), маса зерен з головного колоса – 1,77 г (+0,19 г), маса 1000 зерен – 55,7 г (+2,0 г).

Отже, ефективність позакоренових підживлень у такій послідовності: "Брексіл Мікс»> "Плантафол»> "Мастер". Використання цих мікродобрив є економічно та агрономічно доцільним, оскільки вони дозволяють максимально реалізувати потенціал продуктивності сорту Акратос, забезпечуючи підвищення врожайності та якості зерна.

В результаті проведених наших досліджень було встановлено, що мікродобрива вплинули на рівень урожайності пшениці озимої (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Вплив комплексних хелатованих добрив на урожайність рослин пшениці озимої сорту Акратос (середнє за 2023-2024 рр.)

Схема досліджу	Урожайність, т/га				Приріст до контролю	
	2022	2023	2024	Середня	т/га	%
N ₁₀₀ P ₉₀ K ₉₀ без внесення мікродобрив (фон)	7,07	6,75	7,03	6,95	—	—
Фон + Мастер	7,58	7,15	7,35	7,36	0,41	5,90
Фон + Плантафол	7,71	7,44	7,56	7,57	0,62	8,92
Фон + Брексіл мікс	7,89	7,52	7,78	7,73	0,78	11,22
НІР ₀₅				0,10		

Застосування позакореневих підживлень мікродобривами на тлі основного мінерального живлення позитивно впливає на урожайність пшениці озимої, що підтверджується стійким збільшенням показників у порівнянні з контролем. На фоновому варіанті – $N_{100}P_{90}K_{90}$ середня урожайність за три роки була 6,95 т/га. На варіанті 2, де додатково вносили в листкове удобрення Мастер урожайність зросла до 7,36 т/га, що забезпечило приріст 0,41 т/га або 5,90%. Мікродобриво "Мастер" сприяло покращенню умов живлення рослин, що позитивно вплинуло на формування урожаю.

Позакореневе підживлення "Плантафол" активізувало фізіологічні процеси, підвищило стійкість рослин до стресових факторів, що дозволило отримати вищу урожайність, яка становила 7,57 т/га. що на 0,62 т/га (8,92%) більше, ніж у контролі.

Мікродобриво "Брексіл Мікс" забезпечило найбільший приріст урожайності, що вказує на його ефективність для покращення живлення рослин та реалізації генетичного потенціалу сорту пшениці озимої. Тому найвищі результати отримано у цьому варіанті – середня урожайність склала 7,73 т/га, приріст порівняно з контролем становив 0,78 т/га (11,22%).

Застосування позакореневих підживлень мікродобривами на тлі основного мінерального живлення дозволяє суттєво підвищити урожайність пшениці озимої. Найвищі показники отримані у варіанті "Фон + Брексіл Мікс", де приріст до контролю склав 11,22% або 0,78 т/га. Це свідчить про високу ефективність даного мікродобрива для стимуляції ростових процесів, поліпшення мінерального живлення та підвищення продуктивності рослин.

Позакореневі підживлення "Плантафол" та "Мастер" також продемонстрували позитивний ефект, що підтверджує доцільність їх використання у технології вирощування пшениці озимої.

Таким чином, впровадження мікродобрив у агротехнологію є важливим елементом для підвищення ефективності виробництва, забезпечуючи стабільний

приріст урожайності та економічну вигоду для сільськогосподарських виробників.

Дослідження демонструє, що використання позакореневого підживлення суттєво впливає на якісні показники зерна озимої пшениці сорту Акратос. Найвищі показники вмісту білка (13,7%) і сирової клейковини (25,9%) досягнуто у варіанті із застосуванням "Брексіл мікс".

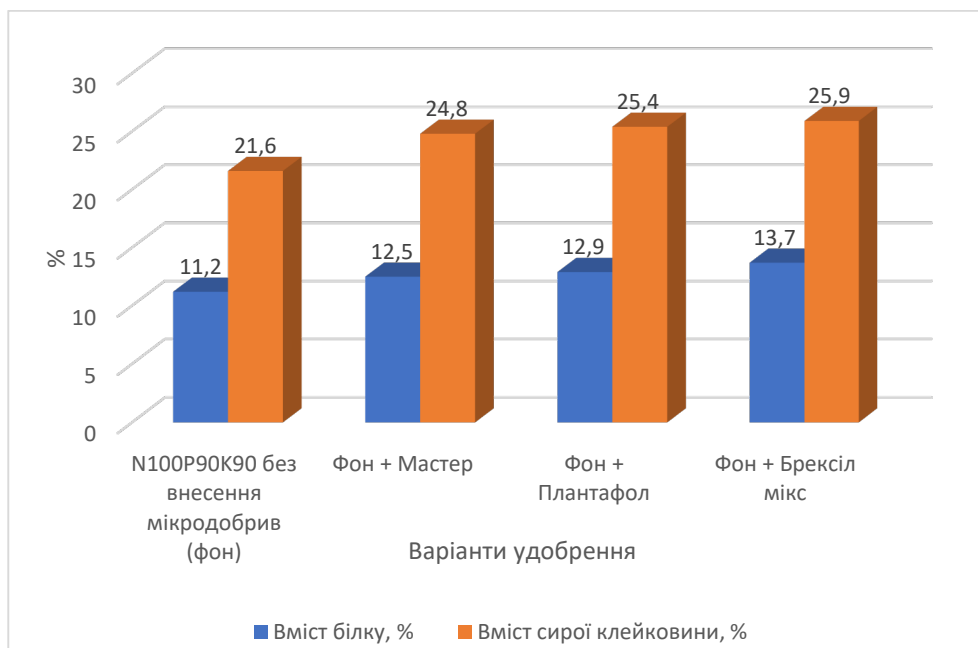


Рис. 3.1 Показники якості зерна озимої пшениці сорту Акратос залежно від системи позакоренових підживлень (середнє за 2022-2024 рр.)

На рис. 3.1. представлені показники якості зерна озимої пшениці сорту Акратос залежно від варіантів позакореневого підживлення.

Вміст білка варіювався від 11,2% у контрольному варіанті до 13,7% при використанні "Брексіл мікс". Вміст сирової клейковини підвищувався від 21,6% у фоні до 25,9% у варіанті з "Брексіл мікс".

Це свідчить про ефективність мікродобрів у підвищенні якості зерна. Таким чином, для покращення якісних характеристик зерна доцільно використовувати системи удобрення з включенням сучасних мікродобрів, таких як "Брексіл мікс".

3.3. Економічна та енергетична ефективність використання позакоренових підживлень у технології вирощування пшениці озимої

У сучасних ринкових умовах України основним чинником, що визначає ефективність технологій вирощування сільськогосподарських культур, є їх економічна вигідність. Пшениця м'яка озима є однією з головних продовольчих культур, як в Україні, так і в усьому світі. Основним завданням аграрного сектору є збільшення обсягів виробництва пшениці при мінімальних витратах на її вирощування, що забезпечує максимальний прибуток від продажу продукції. Проте, недотримання агротехнічних норм при вирощуванні пшениці веде до зростання витрат на добрива та засоби захисту рослин, що, в свою чергу, збільшує енергетичні витрати на виробництво зерна. Таке збільшення енерговитрат може спричинити негативні економічні та екологічні наслідки [36, 37].

Ефективність застосування мікродобрих була досліджена на різних сільськогосподарських культурах. Більшість результатів цих досліджень підтверджують їх позитивний вплив на продуктивність рослин, зокрема озимої пшениці, з економічної перспективи, оціненої через традиційні економічні показники, такі як рівень виробничих витрат, прибуток та рентабельність [38, 39].

У наших дослідженнях економічна оцінка різних варіантів застосування мікродобрих була економічно вигідною (табл. 3.5).

У таблиці наведено результати економічної оцінки вирощування озимої пшениці сорту Акратос залежно від різних систем позакоренового підживлення.

Найнижча вартість продукції отримана у контрольному варіанті (49290 грн./га). Використання "Мастер" збільшує цей показник до 51832 грн./га, "Плантафолу" — до 53134 грн./га, а максимальна вартість продукції досягнута при застосуванні "Брексіл мікс" (54626 грн./га). Контрольний варіант має найнижчі виробничі витрати (26900 грн./га). Додавання мікродобрих трохи

підвищує витрати: "Мастер" — 28140 грн./га, "Плантафол" — 28105 грн./га. Найнижчі витрати серед варіантів з мікродобривами у "Брексіл мікс" (27800 грн./га).

Таблиця 3.4

Результати економічної оцінки вирощування озимої пшениці сорту Акратос залежно від системи позакоренових підживлень (середнє за 2022-2024 рр., у розрахунку на 1 га)

Варіант удобрення	Вартість продукції, грн./га	Виробничі витрати, грн./га	Умовно чистий дохід, грн./га	Рівень рентабельності, %
N ₁₀₀ P ₉₀ K ₉₀ без внесення мікродобрив (фон)	49290	26900	22390	83,23
Фон + Мастер	51832	28140	23692	84,19
Фон + Плантафол	53134	28105	25029	89,06
Фон + Брексіл мікс	54626	27800	26826	96,50

Контрольний варіант забезпечує чистий дохід у 22390 грн./га. Додавання "Мастер" підвищує дохід до 23692 грн./га, "Плантафол" — до 25029 грн./га. Найвищий чистий дохід отримано при застосуванні "Брексіл мікс" — 26826 грн./га.

Контрольний варіант має рентабельність 83,23%. Використання "Мастер" підвищує рентабельність до 84,19%, "Плантафол" забезпечує 89,06%, а "Брексіл мікс" досягає найвищого рівня рентабельності — 96,50%.

Дослідження показує, що додавання мікродобрив до основного удобрення підвищує вартість продукції, чистий дохід та рівень рентабельності. Це свідчить про економічну доцільність таких систем підживлення. Серед усіх варіантів найбільш ефективним виявився "Брексіл мікс", який забезпечив найвищу вартість продукції (54626 грн./га), чистий дохід (26826 грн./га) і рівень

рентабельності (96,50%). Хоча "Мастер" і "Плантафол" також підвищують показники порівняно з базовим удобренням, їх ефективність поступається "Брексіл мікс". Для підвищення прибутковості вирощування озимої пшениці сорту Акратос доцільно використовувати сучасні мікродобрива, особливо "Брексіл мікс". Висока рентабельність дозволяє не лише компенсувати витрати, а й забезпечити значний приріст доходів.

Впровадження систем позакореневого підживлення є ефективним способом підвищення економічної віддачі у вирощуванні пшениці, що підтверджують результати дослідження [40].

Енергетична оцінка вирощування озимої пшениці є стабільним показником, який відображає співвідношення між витраченими енергетичними ресурсами та рівнем врожайності, а також загальними енергетичними затратами на виробництво цього врожаю. Одним із можливих способів вирішення цієї задачі є економічна та енергетична оптимізація процесу вирощування пшениці, що включає використання позакореневого підживлення комплексними добривами, збалансованими за вмістом основних макро- та мікроелементів. Для підвищення ефективності застосування добрив важливо використовувати комплексні препарати з різним складом, орієнтуючись на міжнародний досвід [41, 42].

Таблиця демонструє результати біоенергетичної оцінки вирощування озимої пшениці сорту Акратос з урахуванням різних варіантів систем позакореневого підживлення. Оцінка базується на таких ключових параметрах. Контрольний варіант забезпечує 150,3 МДж/га. Використання мікродобрив підвищує цей показник: "Мастер" — до 158,0 МДж/га, "Плантафол" — до 162,0 МДж/га, а максимальне значення отримане при використанні "Брексіл мікс" — 166,9 МДж/га. Це свідчить про підвищення біоенергетичної продуктивності зерна при застосуванні позакореневого підживлення. Контрольний варіант має найнижчі енергетичні витрати — 56,6 МДж/га. Додавання мікродобрив дещо збільшує цей показник: "Мастер" — 57,1 МДж/га, "Плантафол" — 57,4 МДж/га,

"Брексіл мікс" — 57,8 МДж/га. Найнижчий коефіцієнт у контрольного варіанта — 2,65. Використання "Мастер" підвищує його до 2,77, "Плантафол" — до 2,82, а максимальне значення K_{ee} (2,89) досягнуто при застосуванні "Брексіл мікс". Це свідчить про найкращу енергетичну окупність при цьому варіанті удобрення.

Таблиця 3.5.

**Біоенергетична оцінка вирощування озимої пшениці сорту Акратос
залежно від позакоренових підживлень (середнє за 2022-2024 рр., у
розрахунку на 1 га)**

Варіанти удобрення	Вміст енергії в урожаї, МДж/га	Витрати енергії на отримання урожаю, МДж/га	Коефіцієнт енергетичної ефективності (K_{ee})
$N_{100}P_{90}K_{90}$ без внесення мікродобрих (фон)	150,3	56,6	2,65
Фон + Мастер	158,0	57,1	2,77
Фон + Плантафол	162,0	57,4	2,82
Фон + Брексіл мікс	166,9	57,8	2,89

Застосування позакоренового підживлення істотно підвищує вміст енергії в урожаї, що є ключовим показником продуктивності та потенціалу вирощування пшениці. У контрольному варіанті ($N_{100}P_{90}K_{90}$ без мікродобрих) вміст енергії в урожаї становив 150,3 МДж/га. Додавання позакоренового підживлення забезпечує поступове підвищення цього показника: із застосуванням "Мастер" — до 158,0 МДж/га, "Плантафол" — до 162,0 МДж/га. Максимальний результат отримано при використанні "Брексіл мікс", де вміст енергії досяг 166,9 МДж/га, що на 16,6 МДж/га перевищує контрольний варіант. Це свідчить про підвищення продуктивності за рахунок поліпшення живлення рослин, зокрема, завдяки ефективному засвоєнню мікроелементів із позакоренового підживлення.

Хоча додавання мікродобрив дещо збільшує витрати енергії на отримання урожаю, цей приріст є несуттєвим. У контрольному варіанті витрати енергії становлять 56,6 МДж/га, а при використанні "Мастер", "Плантафол" та "Брексіл мікс" вони зростають відповідно до 57,1, 57,4 та 57,8 МДж/га. Максимальний приріст витрат у порівнянні з базовим варіантом становить лише 1,2 МДж/га, що вказує на економічну вигідність впровадження позакореневого підживлення. Завдяки цьому система удобрення залишається ефективною з точки зору енерговитрат.

Коефіцієнт енергетичної ефективності (K_{ee}) демонструє здатність виробничої системи максимально ефективно перетворювати енергетичні ресурси у врожай. У контрольному варіанті K_{ee} становить 2,65, що є найнижчим показником серед усіх варіантів. Використання "Мастер" підвищує коефіцієнт до 2,77, "Плантафол" забезпечує ще вищий результат — 2,82. Найвищу ефективність досягнуто у варіанті з "Брексіл мікс", де K_{ee} становить 2,89. Це свідчить про найбільш раціональне використання енергоресурсів у цьому варіанті. "Брексіл мікс" забезпечує оптимальне поєднання внесених енерговитрат і накопиченої енергії в урожаї.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі узагальнено результати експериментальних досліджень, проведених у 2022-2024 роках, щодо вирощування пшениці озимої. Дані, отримані в результаті дослідження впливу різних варіантів внесення комплексних добрив на продуктивність пшениці озимої, дозволяють зробити такі висновки:

1. Внесення мікродобрив сприяло збільшенню висоти рослин озимої пшениці. Загальний приріст висоти варіювався в межах 1,8-7,4 см в залежності від типу добрив. Зокрема, приріст при використанні мікродобрива Брексіл мікс склав 8,1 %, Мастер – 2,0 %, а Плантафол – 4,2 %.

2. Виявлено, що мікродобрива також мали певний вплив на продуктивну кущистість рослин озимої пшениці, хоча цей ефект був незначним. Найменший приріст був зафіксований при застосуванні Плантафолу (2,4 %), а найбільший – при внесенні Брексіл мікс (4,8 %). Внесення мікродобрива Мастер не спричинило суттєвих змін цього показника.

3. Дослідження показали, що максимальні показники індивідуальних характеристик рослин озимої пшениці були досягнуті при застосуванні мікродобрива Брексіл Макс. Зокрема, довжина колоса становила 9,4 см, кількість колосків на головному колосі – 18,6 шт., кількість зерен у колосі — 43,6 шт., маса зерна з колоса — 1,77 г, а маса 1000 зерен — 55,7 г. У порівнянні з контрольними даними ці показники збільшились на 12,9 %, 10,1 %, 9,3 %, 10,0 % і 3,7 % відповідно.

4. Спостереження показали значне зростання врожайності зерна протягом дослідженого періоду при застосуванні позакореневого підживлення комплексними хелатованими добривами: Брексіл Мікс, Мастер та Плантафол, з приростами врожаю на рівні 0,78, 0,41 та 0,62 т/га відповідно. Найвищу урожайність озимої пшениці було отримано при використанні Брексіл Мікс для

позакореневого підживлення (0,5 кг/га) у фазу виходу в трубку, де врожайність склала 7,73 т/га, що на 0,78 т/га (11,22 %) більше, ніж у контролі.

5. Найкращі результати якості, зокрема вміст білка на рівні 13,7 % (приріст до контролю 21,6 %) та сирі клейковини 25,9 % (приріст до контролю 20,5 %), були досягнуті при застосуванні позакореневого підживлення мікродобривом Брексіл Мікс (0,5 кг/га на фазі виходу в трубку).

6. Аналіз економічної ефективності використання мікродобрив у вирощуванні озимої пшениці показав, що найбільш вигідним варіантом є внесення мікродобрива Брексіл Мікс на стадії початку виходу в трубку, як доповнення до основного удобрення. Це дозволяє досягти рентабельності на рівні 96,5 %, що на 13,27 % більше, ніж у контрольному варіанті.

7. Оцінка біоенергетичних показників застосування мікродобрив під час позакореневого підживлення підтвердила ефективність використання мікродобрива Брексіл Мікс (0,5 кг/га на стадії початку виходу в трубку), що сприяло підвищенню коефіцієнта енергетичної ефективності на 8,7 % порівняно з фоновим контролем.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ВИРОБНИКІВ:

Для досягнення врожайності пшениці на темно-сірих опідзолених легкосуглинкових ґрунтах понад 7,7-7,9 т/га рекомендується вирощувати високоінтенсивний сорт Акратос, застосовуючи таку систему удобрення: базові норми $N_{100}P_{90}K_{90}$ (де $N_{10}P_{90}K_{90}$ з осені + N_{45} – після відновлення вегетації, N_{45} – у фазу виходу у трубку) + позакореневе підживлення мікродобривом Брексіл Мікс (0,5 кг/га) на стадії початку виходу в трубку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дмитренко О. В. Продуктивність пшениці озимої залежно від елементів технології вирощування в умовах Північної частини Полісся: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с. – г. наук 06. 01. 09 / О. В. Дмитренко. – Київ. – 2012. – 20 с.
2. Загальні особливості вирощування озимої пшениці / С. П. Ткачек, С. М. Каленська [та ін.] // Агроном. – 2004. – № 3(5). – С. 22–27.
3. Демішев Л.Ф., Горобець Н.М. Формування продуктивності пшениці озимої в залежності від внесення у підживлення різних форм та доз азотних добрив // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2001. – №2. – с. 40-42
4. Зінченко О.І., Салатенко В.Н., Білоножко М.А. Озима пшениця // Рослинництво: Підручник. – К.: Аграрна освіта, 2001. – с. 183 – 210 с.
5. Кияк Г.С., Дубровський С.Б., Онищук Д.М. Рослинництво. К.: Вища школа, 2012. - 417с.
6. Лихочвор В. В. Озима пшениця / В. В. Лихочвор, Р. Р. Проць. – Львів : Укр. технології, 2006. – 216 с.
7. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф., Іващук П.В., Корнійчук О.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур / За ред.. В.В. Лихочвора, В.Ф. Петриченка. – 3-є вид., виправ., допов. – Львів: НВФ «Українські технології», 2010. – 408 с
8. Лихочвор В. В. Застосування азотних добрив на посівах озимої пшениці / В. В. Лихочвор // Агробізнес України. – 2005. – № 2. – С. 56–57.
9. Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <https://www.fao.org/faostat/ru/#data>
10. Бараболя О.В., Барат Ю.М., Кулик М.І., Онопрієнко О.В. Урожайність пшениці озимої залежно від системи удобрення та погодних умов вегетаційного періоду. Вісник Уманського національного університету садівництва №2, 2018 С.3-9.

11. Болахівський В.П. Ефективність мінерального живлення озимої пшениці залежно від сорту в умовах західного Лісостепу України /В.П. Болахівський//Передгірне та гірське землеробство і тваринництво.-2013. - Вип. 45. - С.3-7
12. Босак А. О., Несміян Д. А. Перспективи забезпечення пшеницею країн Азії. Вісник ОНУ імені І. І. Мечникова. 2018. Т. 23. Вип. 5 (70). С. 11–13.
13. Господаренко Г.М., Черно О.Д. Якість зерна пшениці озимої за тривалого застосування добрив у польовій сівоzmіні. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2016. № 1. С. 11–15.
14. Бикін А.В. Роль оптимізації живлення та удобрення пшениці озимої шляхом позакореневого підживлення на фоні твердих добрив у підвищенні якості зерна, борошна і хліба в умовах правобережного Лісостепу України / А.В. Бикін, Н.П. Бордюжа, В.І. Ярешко [та ін.] // Науковий вісн. Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України. – 2010. – Вип. 149. – С. 96-108
15. Лукашук Л.Я., Курач О.В., Сніжок О.В., Гук Л.І., Кучерова А.В. Вплив систем удобрення та догляду за посівами на продуктивність і якість зерна пшениці озимої. Вісник аграрної науки. 2020, №10 (811). С. 12-19
16. Марковська О.Є. Продуктивність сортів пшениці озимої залежно від елементів технології вирощування в умовах Південного Степу України. / Марковська О.Є., Гречишкіна Т.А. // Збірник наукових праць «Агробіологія», 2020. № 1. С. 96-103.
17. Чабан В. І., Крамарьов С. М., Подобєд О. Ю. Урожай і якість зерна пшениці озимої при використанні мікродобрив у північному Степу України // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2012.– № 2. – С. 7 – 80.
18. Позакореневе підживлення водорозчинними добривами з мікроелементами як спосіб оптимізації умов живлення пшениці озимої / [Генгало О. М., Павлюк С. Д., Чумак А. А., Кіщак В. М.] // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2010. – № 149.– С. 65–73

19. Моторний В. А. Оптимізація елементів технології вирощування пшениці озимої в Правобережному Лісостепу України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с. – г. наук: спеціальність 06.01.09 «Рослинництво» / Київ, 2015. – 21 с.
20. Оничко В.І. Ефективність застосування комплексних водорозчинних добрив на посівах пшениці озимої / В.І. Оничко, С.І. Бердін, О.А. Коваленко // Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія : Агрономія і біологія. – 2013. – Вип. 3. – С. 110-114.
21. Науково-методичні рекомендації з оптимізації мінерального живлення сільськогосподарських культур та стратегії удобрення / М. М. Городній, О. І. Бондар, А. В. Бикін [та ін.]. – К. : Алефа, 2004. – 140 с.
22. Панасюк М. Г. Урожай та якість зерна озимої пшениці залежно від удобрення та попередників у сівоzmіні / М. Г. Панасюк // Вісн. аграр. науки. – 2005. – № 9. – С. 72–73.
23. Методичні вказівки щодо проведення польових досліджень і вивчення технології вирощування зернових культур. – Чабани: Інститут землеробства УААН, 2001. – 22 с
24. Агрохімічний аналіз ґрунту, рослин і добрив на лабораторно-практичних заняттях з агрохімічної хімії / І. М. Карасюк, О. М. Геркіял, М. В. Недвига [та ін.] ; за ред. І. М. Карасюка. – К. : Нічлава, 2001. – 192 с.
25. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві : навчальний посібник / [В. О. Ушкаренко, В. Л. Нікішенко, С.П. Голобородько, С. В. Коковіхін]. – Херсон : Айлант, 2008. – 272 с
26. Медведовський О. К. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві / О. К. Медведовський, П. І. Іваненко. – К. : Урожай, 1988. – 204 с.
27. Гамаюнова В. В., Смірнова І. В. Динаміка наростання надземної біомаси рослин пшениці озимої залежно від фону живлення. Вісник Житомирського національного агроекологічного університету. Житомир, 2015. № 2 (50), Т. 1. С. 178-182.

28. Жук О.І. Продуктивність пагонів озимої пшениці за різного забезпечення мінеральним живленням. Фактори експериментальної еволюції організмів: зб. наук. праць. 2016. Том 18. С. 85–88

29. Лихочвор В.В. Продуктивність колоса озимої пшениці / В. Лихочвор, С. Костючко – Агробізнес сьогодні. – №14 (213) – липень, – 2011. agro-business.com.ua.

30. Лихочвор В.В. Оптимальні параметри структури врожаю озимої пшениці / В.В. Лихочвор – Агробізнес сьогодні. – №23 (246) – грудень, – 2015. agro-business.com.ua.

31. Панфілова А.В., Гамаюнова В.В. Формування надземної маси сортів пшениці озимої залежно від оптимізації живлення в умовах Південного Степу України. Вісник Львівського національного аграрного університету. Агрономія. 2018. № 22(1). С. 332–339.

32. Смірнова І. В. Формування зернової продуктивності сортами пшениці озимої під впливом мінерального живлення. Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур : тези доп. VI міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених, м. Київ, 29 берез. 2018 р. Київ, 2018. С. 134–135

33. Біоенергетична оцінка систем удобрення і агротехнологій / [за ред. Ю.О. Тараріко, М.М. Городнього]. – К.: НАУ, 2005 – 40 с.

34. Радченко М. В. Продуктивність та якість зерна пшениці озимої залежно від позакореневого підживлення. / М. В. Радченко / Сумський національний аграрний університет Вісник Сумського національного аграрного університету серія «Агрономія і біологія», випуск 2 (33), 2017 ст. 52-57

35. Бойко П. І. Енергетичні засади ефективного використання ресурсів у сільському господарстві / П. І. Бойко, Н. П. Коваленко, В. В. Гангур [та ін.] // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2010. - № 3. – С. 14-18.

36. Казакова І. В. Економічна та енергетична оцінка ресурсозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур. *Інноваційна економіка: всеукр. наук.-виробн. журнал*. 2012. № 2. С. 113-116.

37. Гамаюнова В. В., Смірнова І. В. Економічна ефективність вирощування сортів пшениці озимої залежно від оптимізації фону живлення. Наукові горизонти», «Scientifichorizons». Житомир, 2018. № 1 (64). С. 10–14.
38. Економіка сільського господарства / [В. К. Забарський, В. І. Мацибора, А. А. Чалий]. – К.: Каравелла, 2009. – 264 с
39. Збарський В. К. Економіка сільського господарства / В. К. Збарський, В. І. Мацибора, А. А. Чалий. – К. : Каравела, 2009. – 264 с.
40. Пархомець М. К., Гудак В. В. Організаційно-економічний механізм забезпечення дохідності сільськогосподарських підприємств: теорія, методика, практика: монографія. Тернопіль: ТНЕУ, 2014. 256 с.
41. Смірнова І. В. Економічна ефективність вирощування пшениці озимої залежно від фону живлення. Стан і перспективи впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур : матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф., м. Дніпро, 15-16 лист. 2017 р. Дніпро, 2017. С. 109–111. 20 15.
42. Шляга О. В., Шипуля Л. І. Прибуток та рентабельність як показники ефективності виробництва. Економічний вісник Запорізької державної інженерної академії. 2014. № 8. С. 75-81.