

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА



БОГДАН МИХАЙЛО МИХАЙЛОВИЧ

УДК 581.1:631.816:633.11

**ФІЗІОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ КОМПЛЕКСНИХ
ДОБРІВ У ПОСІВАХ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ**

03.00.12 – фізіологія рослин

**АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата сільськогосподарських наук**

УМАНЬ – 2016

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Інституті фізіології рослин і генетики та Інституті мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України.

Науковий керівник: доктор сільськогосподарських наук, професор
Карпенко Віктор Петрович,
Уманський національний університет садівництва,
проректор з наукової та інноваційної діяльності.

Офіційні опоненти: доктор сільськогосподарських наук, професор
Пида Світлана Василівна,
Тернопільський національний педагогічний університет
ім. В. Гнатюка, завідувач кафедри ботаніки та зоології;

кандидат біологічних наук, доцент
Рогач Віктор Васильович,
Вінницький державний педагогічний університет
ім. М. Коцюбинського, доцент кафедри біології.

Захист відбудеться «30» червня 2016 року о 13⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 74.844.02 в Уманському національному університеті садівництва Міністерства освіти і науки України за адресою: аудиторія 178, вул. Інститутська, 1, м. Умань, Черкаська обл., 20305.

З дисертацією можна ознайомитись у Науковій бібліотеці Уманського національного університету садівництва за адресою: вул. Інститутська, 1, м. Умань, Черкаська обл., 20305.

Автореферат розісланий «27» травня 2016 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



Р. М. Притуляк

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Пшениця м'яка озима – провідна сільськогосподарська культура, яка займає найбільшу частину продовольчого ринку і забезпечує населення земної кулі важливим продуктом харчування, таким як хліб. Разом із тим сучасне високоефективне господарювання повинно базуватися на екологічно безпечних ресурсозберігаючих заходах, що мають високу рентабельність. Одним із таких напрямів може бути застосування у посівах пшениці озимої комплексних добрив у рідкій і водорозчинній формах. Важливою складовою ефективності дії таких добрив є їх використання для обробки насіння перед посівом або в основні фази розвитку рослин пшениці озимої, коли культура найбільш потребує та активно засвоює основні елементи. Це дасть можливість оптимізувати живлення рослин пшениці на кожному етапі її органогенезу (Анспок П. І., 1990; Ткачук К. С., Богдан Т. З., 2000; Ягодин Б. А., 2002; Булигін С. Ю та ін., 2007; Ткачук К. С., 2009). Головною перевагою застосування комплексних хелатних добрив є їх біологічна доступність і малі дози внесення (Санін Ю. В., Санін В. А., 2012).

У багатьох дослідженнях з даного напрямку значну увагу приділено особливостям дії мікроелементів на складові продуктивності рослин пшениці, зокрема – впливу хелатизованих елементів на урожай і його якість за кількісним і якісним складом білків, чисту продуктивність фотосинтезу та окремі фізіолого-біохімічні показники (Карасюк І. М., 2005; Бикін А. В., 2010; Бордюжа Н. П., 2011; Санін Ю. В., Санін В. А., 2012). Проте майже відсутні роботи, в яких було б розкрито комплексний вплив хелатованих рідких та водорозчинних комплексних добрив із вмістом макро- і мікроелементів на функціональну активність і ріст кореневої системи в зв'язку із активністю антиоксидантних ферментів і газообміном CO₂ листків та якісними і кількісними показниками продуктивності.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана в рамках науково-дослідних тем відділу фізіології живлення рослин Інституту фізіології рослин і генетики НАН України “Дослідження механізмів і розробка способів підвищення ефективності використання елементів живлення рослин з різним типом метаболізму” (номер державної реєстрації 0198U008215, 1999–2003 рр.); “Фізіологічні основи удосконалення системи живлення пшениці макро- і мікроелементами” (номер державної реєстрації 0105U001919, 2004–2008 рр.); “Вивчення ролі позакореневого живлення з метою оптимізації іонного гомеостазу рослин озимої пшениці” (номер державної реєстрації 0108U009828, 2009–2013 рр.) та Інституту мікробіології і вірусології імені Д. К. Заболотного НАН України “Моніторинг і генетична різноманітність фітопатогенних бактерій в системі органічного землеробства” (номер державної реєстрації 0112U002751, 2012–2016 рр.).

Мета і завдання дослідження. Метою роботи було фізіологічне обґрунтування дії комплексних добрив на біологічні процеси у рослинах пшениці озимої і ґрунті, її продуктивність і якість урожаю.

Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

– дослідити фізіолого-біохімічні зміни в рослинах пшениці озимої (окремі компоненти систем мембранного транспорту рослин: фериціанідвідновлювальну

активність клітин і вихід протонів H^+ з клітин коренів; активність ферментів каталази, пероксидази і АТФази; фітогормональний статус; інтенсивність транспірації та взаємозв'язок між поглинанням і вмістом іонів K^+ і Ca^{2+} в клітинних компартментах) за дії комплексних добрив;

– встановити дію комплексних добрив на стан і активність фотосинтетичного апарату рослин пшениці озимої; формування вегетативної маси, загальної і активної площі кореневої системи;

– з'ясувати вплив комплексних добрив на мікробіологічну активність ґрунту;

– дослідити зернову продуктивність та ефективність використання N , P , K , Ca у посівах пшениці озимої за дії комплексних добрив;

– дати економічну та енергетичну оцінку застосування комплексних добрив у посівах пшениці озимої.

Об'єкт дослідження – фізіолого-біохімічні процеси в рослинах пшениці озимої та мікробіологічні – у ґрунті за дії комплексних добрив.

Предмет дослідження – фізіологічне обґрунтування застосування комплексних добрив у посівах пшениці озимої.

Методи дослідження. *Вегетаційний* – закладання дослідів у суворо контрольованих умовах з метою детального з'ясування особливостей впливу комплексних добрив на фізіолого-біохімічні процеси в рослинах пшениці озимої. *Лабораторний* – дослідження фізіолого-біохімічними і мікробіологічними методами кількісних і якісних змін у рослинах пшениці озимої і ґрунті. *Польовий* – закладання дослідів у польових умовах для оцінки врожайності, структури та якості врожаю пшениці озимої за дії комплексних добрив. *Статистичний* – встановлення на основі відповідних аналізів достовірності одержаних даних.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у встановленні особливостей проходження фізіолого-біологічних процесів у рослинах і мікробіологічних – у ґрунті та обґрунтуванні їх впливу на формування зернової продуктивності посівів пшениці озимої за дії комплексних добрив.

Вперше встановлено, що обробка рослин пшениці м'якої озимої комплексними добривами сприяє зростанню ферицианідвідновлювальної активності (ФВА), що супроводжується підвищенням АТФазної та пероксидазної активності тканин коренів як 14-добових рослин, так і рослин у фази кушіння і колосіння-цвітіння, що тісно корелює із зерновою продуктивністю пшениці і є показником розвитку її стійкості до несприятливих чинників довкілля.

Доведено, що позакоренева обробка пшениці озимої комплексними добривами впливає на активність тканин коренів, змінюючи мембранний редокс-потенціал за ферицианідвідновлювальної активності в бік його зростання за збільшення інтенсивності поглинання K і Ca , що супроводжується зростанням маси та активної площі поверхні коренів рослин.

Виявлено, що позакореневе підживлення рослин пшениці озимої комплексними добривами сприяє підвищенню фотосинтетичної активності листків, фото- і темного дихання рослин, що корелює зі збільшенням активної поверхні коренів та поліпшує ефективність використання основних елементів живлення рослинами пшениці – азоту, фосфору, калію і кальцію.

Встановлено, що позакоренева обробка рослин пшениці озимої комплексними добривами у фазу виходу в трубку сприяє збільшенню кількості активного хлорофілу, що передає енергію збудження на реакційні центри, збагаченню фотохімічно активними комплексами ФС II та активуванню переносу електронів у електрон-транспортному ланцюзі, що поліпшує ефективність залучення енергії квантів світла у темнових фотохімічних процесах асиміляції вуглецю. Ефективність цього активування залежить від складу комплексних добрив і збалансованості за макро- та мікроелементами, зокрема за вмістом азоту, фосфору і калію.

Вперше доведено, що обробка комплексними добривами сприяє зміні фітогормонального статусу рослин пшениці м'якої озимої у бік збільшення вмісту ІОК за зменшеного вмісту АБК у коренях рослин.

Встановлено, що позакореневе підживлення рослин комплексними добривами оздоровлює ґрунт, покращуючи його мікробіологічну активність за вмістом прототрофних мікроорганізмів, діазотрофів й олігонітрофілів.

Доведено, що застосування комплексних добрив поліпшує структурні показники урожаю пшениці озимої, сприяючи підвищенню її зернової продуктивності і покращенню якості врожаю.

Практичне значення одержаних результатів. Експериментально обґрунтовано доцільність застосування комплексних добрив (Брексіл Мікс, Мастер і Плантафол) у посівах пшениці озимої з метою підвищення продуктивності посівів і покращення якості зерна. Розроблені рекомендації щодо використання комплексних добрив у посівах пшениці озимої в умовах Правобережного Лісостепу України на фоні основного внесення добрив.

Результати наукових досліджень пройшли виробничу перевірку та впроваджені у ПСП «Людмила» Острозького району Рівненської області у 2014–2015 рр. на загальній площі 100 га з високими економічними показниками.

Особистий внесок здобувача полягає у самостійному аналізі наукової літератури за темою дисертації, виконанні експериментальної частини дисертації та проведенні статистичної обробки даних, а також в аналізі й інтерпретації одержаних результатів. Дисертація є завершеною науковою працею автора.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідались на наукових конференціях: III з'їзді Українського товариства фізіологів рослин (Тернопіль, 2001); International Conference “Photosynthesis and Crop Production” (Kyiv, 2002); VIII конференції молодих вчених “Сучасні напрямки у фізіології і генетиці рослин” (Київ, 2002); Міжнародній науковій конференції “Приемы повышения урожайности растений: от продуктивности фотосинтеза к современным биотехнологиям” (Киев, 2003); Міжнародній науково-практичній конференції „Фосфор і калій у землеробстві. Проблеми мікробіологічної мобілізації” (Чернігів, 2004); науковій конференції молодих учених „Сучасні проблеми фізіології рослин і біотехнології (Ужгород, 2005); Міжнародній конференції „Современная физиология растений: от молекул до экосистем” (Сыктывкар, 2007); Міжнародній науковій конференції “Регуляция роста і розвитку рослин: фізіолого-біохімічні і генетичні аспекти”, (Харків, 2008); XII конференції молодих вчених «Наукові, прикладні та освітні аспекти фізіології, генетики, біотехнології рослин і мікроорганізмів» (Київ, 2012); Міжнародній науково-практичній конференції

«Современные тенденции в науке и образовании» (Ольштын, 2014); Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих учених і студентів «Біологічні дослідження – 2014» (Житомир, 2014); Всеукраїнській науковій конференції молодих учених, приуроченій 140-річчю від дня народження видатного вченого плодovoда П.Г. Шитта (Умань, 2015).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 28 наукових праць, з них сім статей у фахових виданнях із сільськогосподарських наук, три – з біологічних наук, дев'ять – входять до наукометричних баз; одні – науково-методичні рекомендації, одна стаття – у міжнародному журналі та 13 – у матеріалах і тезах конференцій.

Структура й обсяг дисертації. Дисертаційна робота викладена на 191 сторінці машинопису, з них 150 – основного тексту, який складається зі вступу, шести розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаних джерел та додатків. Робота ілюстрована 47 таблицями і 38 рисунками. Список використаних джерел налічує 292 найменування (77 латиницею).

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Основні напрямки розвитку досліджень з питання живлення сільськогосподарських культур та застосування комплексних добрив (огляд літератури). У першому розділі роботи проаналізовано та узагальнено відомості щодо родючості ґрунтів України, комплексних добрив, їх застосовування та впливу на фізіологічні процеси і продуктивність сільськогосподарських культур, у тому числі й пшениці озимої.

На основі аналізу даних літератури обґрунтовано необхідність проведення подальших досліджень у напрямку вирішення завдання застосування комплексних добрив.

Умови та методика проведення досліджень. Експериментальну частину роботи виконували впродовж 2001–2015 рр. у вегетаційних та лабораторних умовах – відділу фізіології живлення рослин Інституту фізіології рослин і генетики НАН України та відділу вірусів рослин Інституту мікробіології і вірусології імені Д. К. Заболотного НАН України, польових умовах – дослідного сільськогосподарського виробництва Інституту фізіології рослин і генетики НАН України (сmt. Глеваха, Васильківського району, Київської області).

Польові дослідження проводились на сірих лісових ґрунтах на лесовидних суглинках: вміст гумусу (за Тюріним) – 1,75%; гідролітична кислотність (за Каппеном) – 1,6–1,8 мг-екв/100 г ґрунту; рН (за методом ЦІНАО) – 5,5; легкогідролізованого азоту (за Тюріним-Коновою) 80 мг/кг; P₂O₅ (за Чириковим) – 96 мг/кг; K₂O (за Масловою) – 140 мг/кг ґрунту; вміст валового азоту – 0,2–0,5%; P₂O₅ – 0,15–0,30%; K₂O – 2,0–2,5%; вміст мікроелементів: міді 4,8–6,0 мг/кг, цинку 8–10,6 мг/кг, бору 0,18 мг/кг ґрунту.

Аналіз погодних умов у роки проведення польових досліджень за температурним режимом свідчить, що найнижча середньомісячна температура повітря в період з 2000 по 2015 рр. була відмічена у грудні-січні (-8,4; -8,8°C), найвища – у липні (+24,6°C). Розподіл опадів упродовж років досліджень був

нерівномірним, проте умови для вирощування пшениці озимої складались задовільні, за винятком окремих років, що позначилось на формуванні продуктивності посівів.

У дослідах вивчали комплексні добрива (КД) – Брексіл Мікс («Валагро», Італія), Мастер («Валагро», Італія), Плантафол («Валагро», Італія), Нутривант Плюс зерновий («Фертілайзер енд Кемікалз Лтд», Ізраїль), Гербагрін (Сановіта ГмбХ, Німеччина), Фізіоживлін (ІФРГ, Україна), Енерджен фулхум плюс (ООО ЕГТ система, Чехія), двокомпонентні мікродобрива (ДМ): $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ і H_3BO_3 , (Cu і В), $\text{ZnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ і H_3BO_3 (Zn і В) та багатоконпонентні – МКФ+ MgSO_4 + $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Дослідження дії КД виконували на рослинах пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.). У дослідженні використовували сорти селекції Інституту фізіології рослин і генетики НАН України – Ятрань 60 (2001–2004 рр.); Інституту фізіології рослин і генетики НАН України та ФГ «Теософ» – Хуторянка (2006–2008 рр.); Інституту фізіології рослин і генетики НАН України та Миронівського інституту пшениці ім. В. М. Ремесла НААН – Смуглянка (2009–2013 рр.), Фаворитка (2012 р.), Зимоярка (2013–2015 рр.), Подолянка (2006, 2010 р.); Білоцерківської дослідно-селекційної станції – Перлина Лісостепу; Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннезнавства та сортовивчення – Панна (2006 р.).

Вегетаційні досліди виконували з дотриманням вимог вегетаційного методу (Журбицький З. І., 1986) згідно наступних схем: *дослід 1.* (2002–2003 рр.): обробка насіння водою (контроль I); обробка насіння Фізіоживлін 3,0 л/т насіння; Cu+В 0,04 кг/т насіння; Zn+В 0,04 кг/т насіння; обробка рослин водою (контроль II); позакоренева обробка Фізіоживлін 6,0 л/га; Cu+В 0,15 кг/га; Zn+В 0,15 кг/га; *дослід 2.* (2008 р.): обробка водою (контроль); Фізіоживлін 6,0 л/га; Нутривант Плюс зерновий 3,0 кг/га; *дослід 3.* (2011 р.): обробка водою (контроль); Гербагрін 0,6 і 1,5 кг/га; *дослід 4.* (2012 р.): обробка водою (контроль); МКФ 9,0 кг/га; МКФ+ MgSO_4 + CuSO_4 4,0 кг/га; *дослід 5.* (2013 р.): обробка водою (контроль); Фізіоживлін 6,0 л/га; Фізіоживлін 6,0 л/га + Амістар Екстра 280 SC 0,5 л/га; Енерджен фулхум плюс 2,0 л/га; Енерджен фулхум плюс 2,0 л/га + Амістар Екстра 280 SC 0,5 л/га; *дослід 6.* (2014 р.): обробка Квадріс 250 SC+Скор 250 ЕС 0,5 л/га (контроль); Енерджен фулхум плюс 2,0 л/га + Квадріс 250 SC+Скор 250 ЕС 0,5 л/га; Енерджен фулхум плюс 2,0 л/га + Хорус 75 WG 0,5 л/га; Фізіоживлін 6,0 л/га Квадріс 250 SC+Скор 250 ЕС 0,5 л/га; Фізіоживлін 6,0 л/га + Хорус 75 WG 0,5 л/га; *дослід 7.* (2015 рр.): обробка водою (контроль); Фізіоживлін 6,0 л/га; МКФ 9 кг/га; Мастер 4,0 кг/га; Брексіл Мікс 0,5 кг/га; Плантафол 4,0 кг/га; Енерджен фулхум плюс 2,0 л/га.

У лабораторних дослідах пшеницю озиму вирощували методом водної культури за температури 25–30°C і природному освітленні на 0,5 норми (н) та повній дозі поживної суміші (ПС) Хогленда–Арнона (Х–А) (Гродзинский А. М., 1973) (рН розчину 5–6) до 14–21 добового віку у фарфорових кюветах з робочим об'ємом 0,4 л.

Дрібноділянкові досліди виконували впродовж 2013–2014 рр.: обробка водою (контроль); Енерджен фулхум плюс 2,0 л/га; Фізіоживлін 6,0 л/га.

Полеві досліди закладали за наступними схемами: *дослід 1.* (2001–2004 рр.): обробка насіння водою (контроль I); Фізіоживлін 3,0 л/т; Cu+В 0,04 кг/т; Zn+В 0,04 кг/т; обробка водою (контроль II); *позакоренева підживлення* Фізіоживлін 6,0 л/га; Cu+В 0,15 кг/га; Zn+В 0,15 кг/га; *дослід 2.* (2006–2008 рр.): обробка насіння водою

(контроль I), Фізіоживлін 3,0 л/т; обробка водою (контроль II); *позакоренева підживлення* Фізіоживлін 6,0 л/га; *дослід 3.* (2010–2012 рр.): обробка водою (контроль); Фізіоживлін 6,0 л/га; Брексіл Мікс 0,5 кг/га; Мастер 4,0 кг/га; Плантафол 4,0 кг/га.

Полеві дослідження закладали у 8-пільній зерново-трав'яній сівозміні, де пшеницю висівали після гороху. Під зяблеву оранку вносили NPK у дозі 90 кг/га д.р. (аміачна селітра, 34% (ДСТУ 7370:2013); гранульований суперфосфат – 19,5% (ГОСТ 5956–78) і калій хлористий – 60% (ГОСТ 4568–95). Дослідження закладали методом рендомізованих повторень та систематичним методом з використанням загальноприйнятих методик. Загальна площа дослідних ділянок складала 100 м², облікова – 50 м². Повторність – триразова. Двократне внесення комплексних добрив суміщали в часі та поєднували в єдиному технологічному процесі у відповідні фази розвитку пшениці озимої.

Обприскування посівів виконували за допомогою ручного обприскувача Marolex Profession та обприскувача штангового ОП–2000–2–01 з розрахунковою витратою робочого розчину 200–300 л/га.

Пшеницю озиму у дослідженнях вирощували за загальноприйнятою технологією з урахуванням заходів, які вивчалися, та використанням засобів захисту рослин від бур'янів, хвороб і шкідників.

Для з'ясування особливостей дії комплексних добрив на рослини і ґрунт використовували фізіолого-біохімічні, спектрометричні, газометричні, біофізичні, хроматографічні, мікробіологічні методи досліджень: ФВА (активність редокс-системи) клітин коренів визначали за методом В. А. Новака, Н. Г. Іванкіна (1986); кінетику виходу протонів реєстрували протягом 3,5 години після перенесення рослин на розчин, стимулюючий роботу Н⁺-насосів: 0,1 ммоль/л CaSO₄ + 1 ммоль/л KCl за методом Д. Б. Вахмістрова і О. Ен До (1993); ферментативну активність у листках і коренях пшениці озимої визначали: каталази (КФ 1.11.1.6) – титриметричним методом, а пероксидази (КФ 1.11.1.7) – за методом Бояркіна (Воскресенская О. Л., 2006; Гавриленко В. Ф. та ін., 1975); АТФазну активність у коренях пшениці озимої визначали за методикою, описаною О. Л. Воскресенською, (2006); вміст макро- і мікроелементів у зразках ґрунту – за методикою Г. Я. Рінькіса та В. Ф. Нолендорфа (1982); вміст елементів живлення – за методом атомно-абсорбційного аналізу (Обухов А. И., Плеханова И. О., 1991); фосфор визначали за модифікованою методикою Фіске-Субароу (Сквирская Е. Б., Чепинога О. П., 1964); вміст загального азоту в рослинному матеріалі і ґрунті – за методикою Х. М. Починка (1976); вміст білків у зерні – за методом Х. М. Починка (1976); концентрацію аніонів і катіонів у рослинах і поживному розчині – методом іонної хроматографії із застосуванням іонного хроматографа 881 Compact IC pro – Anion – MCS (Metrohm, Швейцарія); фотохімічну активність прапорцевих листків визначали біофізичним методом індукції флуоресценції хлорофілу (Корнеев Д. Ю., 2002); загальну та активну площу поверхні кореневої системи – за модифікованою методикою Колосова (Гуляев Б. И., Гуляева А. Б., 2011); вміст елементів живлення і елементний склад розчинів визначали на атомно-абсорбційному спектрофотометрі “Сатурн”, стандартні розчини готували за А. І. Обуховим і І. О. Плехановою (1991); вміст іонів Ca²⁺ і K⁺ в апопласті і вакуолях клітин коренів вимірювали за модифікованою

методикою Н. М. Жирмунської та ін. (1981); визначення вмісту фітогормонів – ІОК, АБК, зеатину, зеатинрибозиду здійснювали методом кількісної спектроденситометричної тонкошарової хроматографії (Савинский С. В. и др., 1991); вміст хлорофілу в листках визначали спектрофотометричним методом з попередньою екстракцією у ДМСО (Hisox J. D., Israelstam R. J., 1979); інтенсивність транспірації, фотосинтезу, дихання та опір продихів і мезофілу дифузії CO_2 вимірювали за контрольованих умов на установці, змонтованій на базі інфрачервоного оптико-акустичного газоаналізатора марки ГІАМ-5М, розрахунки газообміну виконували за загальноприйнятою методикою (Гуляев Б. И. и др., 1983); визначення мікроорганізмів у ризосферному шарі ґрунту проводили шляхом висіву ґрунтової суспензії відповідних розведень на живильні середовища, посів ґрунтової суспензії прототрофів виконували на середовище Красильникова за методом А. Г. Кучаева и др. (1960), діазотрофів та олігонітрофілів – на середовище Ешбі, за методом М. В. Федорова (1951); облік урожайності пшениці озимої виконували подільнянково, шляхом збирання комбайном «Сампо»; визначення показників структури урожаю пшениці озимої проводили за декілька днів до збирання урожаю, відбором снопових зразків (Доспехов Б. О., 1985); якість зерна оцінювали за вимогами ДСТУ 3768:2010, використовуючи для визначення окремих показників відповідні ГОСТи, зазначені в ДСТУ, зокрема, вміст білка – за ГОСТ 10846–91, вміст клейковини – за ГОСТ 13586.1–68, масу 1000 зерен – за ГОСТ 10842–89; економічну ефективність застосування комплексних добрив розраховували за загальноприйнятими методиками на основі діючих нормативів; енергетичний аналіз виконували згідно методики Ю. А. Тараріко (2005; 2007); статистичну обробку одержаних результатів виконували за методикою Б. О. Доспехова (1985) та з використанням комп'ютерних програм (Microsoft Excel).

Фізіологічні зміни в рослинах пшениці м'якої озимої за дії комплексних добрив. Фериціанідвідновлювальна активність і кінетика виходу протонів із клітин коренів. Обмін поживними елементами між клітинами кореневих волосків й ґрунтовим розчином досить складний і багатогранний процес, що залежить від багатьох чинників, суттєвими серед яких є окисно-відновні процеси, що протікають на мембранах клітин. Відомо, що компоненти системи мембранного транспорту, складником якого є градієнт протонів по обидва боки плазмалемі, беруть участь у підтриманні гомеостазу як на рівні клітини, так і на рівні цілого рослинного організму (Полевой В. В., 1989; Оприлов В. А. и др., 1991; Кузнецов В. В., 2006).

Нами встановлено зростання фериціанідвідновлювальної активності, яка відповідає мембранному редокс-потенціалу, разом із зниженням активності виходу протонів H^+ за обробки насіння КД Фізіоживлін та зниження її за обробки ДМ $\text{Cu}+\text{V}$ і $\text{Zn}+\text{V}$ при активуванні виходу протонів H^+ -помпою.

Із наведених даних (рис. 1, а) видно, що ФВА клітин коренів зростала за дії КД Фізіоживлін у 2 рази, а за дії комплексних добрив Брексіл Мікс, Мастер, Плантофол – 1,3; 1,3 і 1,6 рази відповідно. Відмічена протилежна закономірність впливу позакореневої обробки КД на кінетику виділення H^+ коренями, яка зменшувалася (рис. 1, б). Протилежну дію позакореневої обробки КД на ці дві електрогенні системи певним чином можна пояснити їх динамічною взаємодією в підтриманні гомеостазу ростучого кореня. При обробці КД Брексіл Мікс, Мастер і

Плантафол відбувалося зменшення виходу протонів з клітин корневих волосків на 23, 35 і 28% відповідно.

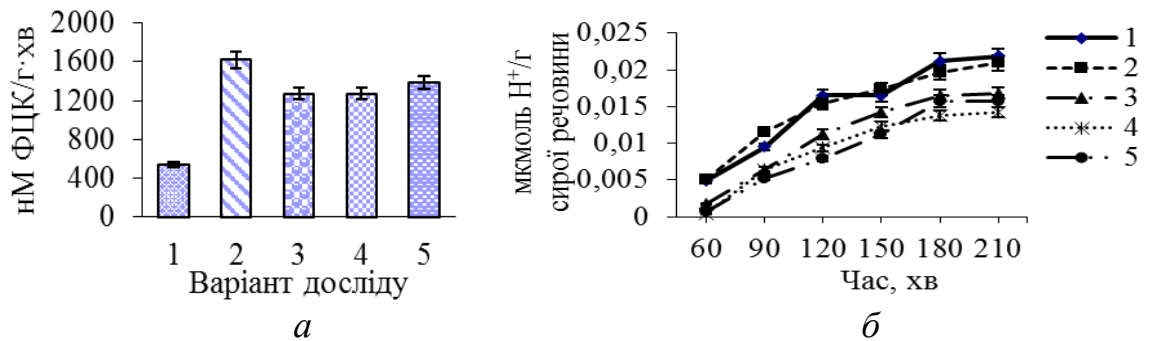


Рис. 1. ФВА (а) і вихід протонів Н⁺ (б) з клітин коренів рослин пшениці озимої за дії КД: 1 – обробка водою (контроль); 2 – Фізіоживлін; 3 – Брексіл Мікс; 4 – Мастер; 5 – Плантафол (лабораторний дослід, 14-добові рослини, 2013 р.).

Отже, обробка рослин пшениці озимої КД впливала на функціональну активність тканин коренів, поповнюючи пул протонів та відновлюючи тим самим мембранний потенціал. Потрапляння поживних елементів з листків до клітин коренів сприяло поновленню відновлювальної здатності клітин коренів і підтриманню внутрішньоклітинного рН та потенційної поглинальної здатності, що у підсумку підтримувало високий енергетичний баланс рослинного організму.

Ферментативна активність компонентів антиоксидантної системи. В умовах стресу вищу продуктивність формують рослини, які характеризуються більшою стійкістю та адаптивністю до дії стресових чинників, що визначається активністю функціонування захисних систем рослини, зокрема антиоксидантної.

Нами встановлено, що за дії КД Фізіоживлін активність ферментів антиоксидантного захисту підвищувалась: активність каталази зростала у 4 рази (рис. 2, а), а пероксидази в коренях – у 0,33 рази (рис. 2, б).

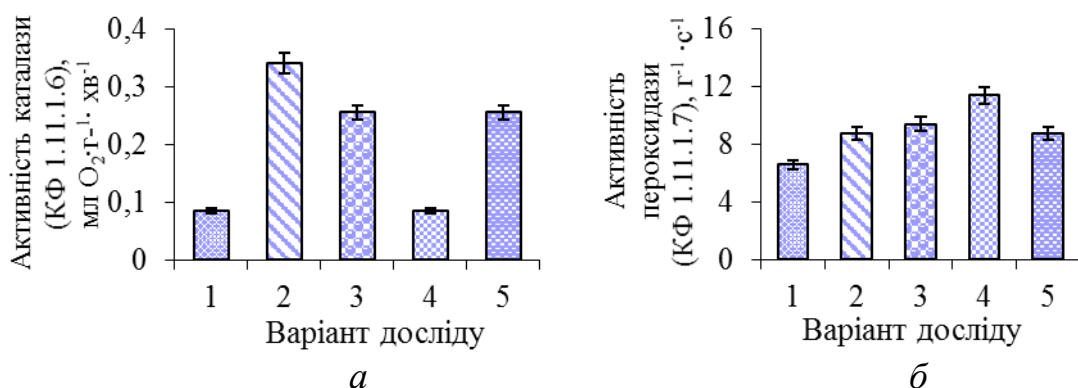


Рис. 2. Каталазна (а) і пероксидазна (б) активність клітин коренів рослин пшениці озимої за дії КД: 1 – обробка водою (контроль); 2 – Фізіоживлін; 3 – Брексіл Мікс; 4 – Мастер; 5 – Плантафол (лабораторний дослід, 14-добові рослини, 2013 р.).

Відомо, що каталаза відповідає за розкладання перекису водню та є фактором, що бере участь у регуляції змін фаз аеробних і анаеробних процесів, окиснення перекисів в пероксисомах при фотодиханні. Пероксидаза також розкладає перекис

водню та пов'язана з цілою низкою метаболічних перетворень у клітині (Мирошниченко О. С., 1992; Газарян И. Г., 2006).

Активність каталази при позакореневій обробці рослин Брексіл Міксом і Плантафолом зростала у 3 рази і залишилась на рівні контролю за обробки Мастером. Активність пероксидази (див. рис. 2, а) при позакореневій обробці рослин КД Брексіл Міксом і Плантафолом підвищувалася у 0,43 і 0,33 рази відповідно, а Мастером – в 1,7 рази.

Активні метаболічні процеси: поглинання й вихід речовин, підтримання гомеостазу, біосинтез органічних молекул і т.д. відбуваються із затратою енергії, що акумулюється в макроергічних фосфатних зв'язках молекул АТФ, розщеплення яких відбувається за участі специфічних ферментів – АТФаз (Кузнецов В. В., 2006).

Показано підвищення АТФазної активності в коренях пшениці озимої за дії КД Фізіоживлін, Брексіл Мікс, Мастер і Плантафол на 19, 24, 8 і 3% відповідно (рис. 3).

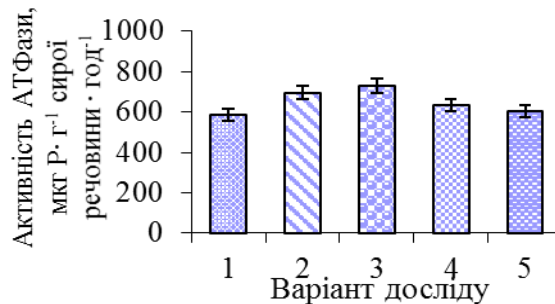


Рис. 3. АТФазна активність коренів пшениці озимої за дії позакореневої обробки КД: 1 – обробка водою (контроль); 2 – Фізіоживлін; 3 – Брексіл Мікс; 4 – Мастер; 5 – Плантафол (лабораторний дослід, 14-добові рослини, 2013 р.).

Позакореневе підживлення КД Фізіоживлін, Брексіл Мікс, Мастер, Плантафол сприяло також наростанню маси кореневої системи на 21,2; 3,5; 6,2 й 5,3% відповідно. Причому найбільший стимулюючий ефект на ріст фітомаси відмічено за дії КД Фізіоживлін – до 21% приросту. За ступенем стимулюючої дії на ріст маси листків мікродобрива можна розташувати у наступній послідовності: Фізіоживлін > Плантафол > Брексіл Мікс > Мастер. У свою чергу приріст сирової загальної маси рослин пшениці озимої з найбільшим ефектом від позакореневої обробки КД Фізіоживліном становив 0,54 г й Мастером – 0,27 г.

Вміст фітогормонів у рослинах пшениці озимої за обробки комплексними добривами. Відомо, що вплив певних чинників на фізіологічні процеси в рослинах опосередковується змінами фітогормонального статусу: співвідношенням активуючих/інгібуючих фітогормонів.

Нашими дослідженнями встановлено, що при застосуванні КД Фізіоживлін вміст ІОК в тканинах коренів зростав у 0,22 рази (рис. 4, а), а в листках – у 4 рази (рис 4, б).

У той же час, вміст АБК в коренях суттєво зменшувався на 31,5%, а в листках, де відбувається її синтез – відмічена тенденція до його зростання – до 10,3%. За цих

умов знижувався вміст фітогормонів цитокінінової природи – зеатину (З) і зеатинрибозиду (ЗР) у тканинах коренів (рис. 4, а).

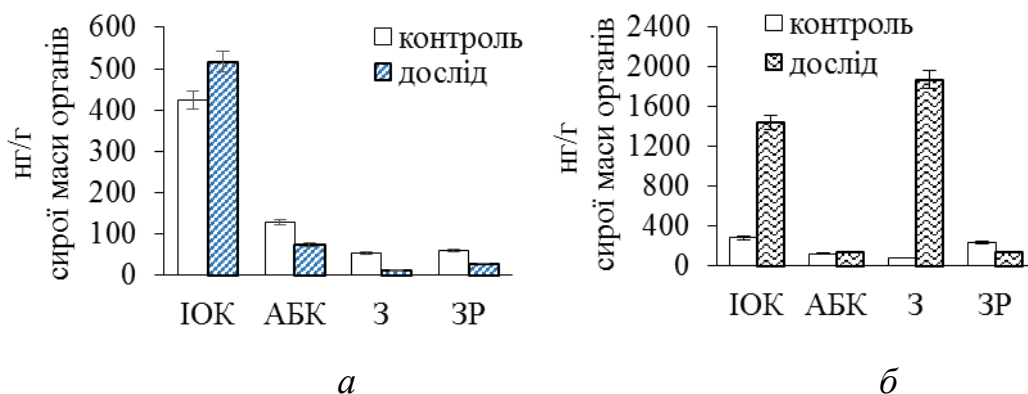


Рис. 4. Вміст фітогормонів в органах рослин (а – коренях, б – листках) пшениці озимої за дії передпосівної обробки насіння КД Фізіоживлін (лабораторний дослід, 14-добові рослини, 2006 р.).

Встановлено, що за обробки насіння пшениці КД Фізіоживлін змінювалося співвідношення фігормонів ІОК/АБК в коренях – 6,9:1 проти 3,3:1 в контролі, тобто вміст ІОК перевищував АБК майже в 2 рази. В листках це співвідношення зростало більш суттєво – 10,4:1 проти 2,2:1 в контролі – у 4,7 рази.

Отже, зростання співвідношення фітогормонів ІОК/АБК у рослинах пшениці м'якої озимої за дії КД Фізіоживлін виявилось чинником наростання фітомаси.

Коренебезпеченість рослин пшениці озимої за дії комплексних добрив. Досліджуючи морфогенез коренів за дії КД Фізіоживлін за змінами площ загальної і робочої поверхні коренів (всисна), встановлено їх збільшення – на 7,1 і 6% відповідно до контролю, тоді як за дії КД Нутривант плюс зерновий протилежно загальна її площа зростала на 16,6%, а активна – знижувалася на 26,3%. За обробки КД Енерджен фулхум плюс разом із фунгіцидом Амістар Екстра 280 SC показано збільшення загальної площі кореневої системи пшениці озимої у фазу колосіння на 73,8%, а активної – 128,6% за збільшення співвідношення площ активної до загальної – на 29%.

Інтенсивність транспірації та поглинання і вмісту іонів K^+ і Ca^{2+} в клітинних компартментах рослин пшениці озимої. На підставі проведених досліджень встановлено збільшення інтенсивності транспірації (на 12,8%) за передпосівної обробки насіння пшениці КД Фізіоживлін за зниження її величини за дії ДМ $Cu+B$ та $Zn+B$ (на 42,5 і 23,5%).

Збільшення інтенсивності транспірації пшениці озимої простежувалося також за дії КД Енерджен фулхум плюс, яке посилювалось за додавання до бакової суміші фунгіциду Амістар Екстра 280 SC.

Відомо, що катіони калію і кальцію беруть участь у функціонуванні транспортних систем, регуляції активності мембранних H^+ -АТФаз, функціонуванні сигнальних систем, відіграють надзвичайно важливу роль в енергетичному обміні та по-різному впливають на процеси поглинання води і транспірації (Кузнецов В. В., 2006; Полевой В. В., 1989). Нами встановлено, що за дії КД Фізіоживлін та ДМ

Cu+B і Zn+B співвідношення K:Ca при їх поглинанні зменшувалося, а вміст K⁺ іонів у компартментах клітин коренів (апопласті і вакуолях) у декілька разів перевищував вміст Ca²⁺-іонів, крім того розподіл іонів K⁺ у компартментах, на відміну від Ca²⁺-іонів, був більш рівномірним. Разом із тим найбільша частка калію концентрувалась у вакуолях, тоді як кальцію – у апопласті (вміст був удвічі більшим, ніж у вакуолях).

За дії КД Фізіоживлін і Енерджен фулхум плус, на відміну від ДМ Cu+B і Zn+B, та фунгіцидів окремо і в баковій суміші з КД, інтенсивність транспірації зростала, що сприяло активуванню руху води із поглиненими елементами живлення від кореневої системи в бік фотосинтетичного апарату.

Мікробіологічна активність ґрунту за дії позакореневого підживлення комплексними добривами. Урожайність зерна визначається не лише фізіологічним станом рослин, а й показниками родючості ґрунту, одним із найважливіших серед яких є його мікробіологічна активність (Патика В. П. і ін., 2004; Коць С. Я., 2005; Пида С. В. і ін., 2007).

Встановлено, що за позакореневого підживлення рослин КД Фізіоживлін кількість діазотрофів та олігонітрофілів ризосфери пшениці озимої зростала на 29% до контролю, а – ДМ Cu+B і Zn+B – на 32 та 94% відповідно (табл. 1), тоді як кількість прототрофних мікроорганізмів у ґрунті за дії ДМ Zn+B, Cu+B та КД Фізіоживлін збільшувалася на 214; 59 і 77% відповідно.

Таблиця 1

Мікробіологічна активність ризосфери пшениці озимої за дії позакореневого підживлення КД і ДМ (польовий дослід, фаза колосіння, 2004 р.)

Варіант дослід	Кількість діазотрофів та олігонітрофілів, млн. КУО/г ґрунту	% до контролю	Кількість прототрофних мікроорганізмів, тис. КУО/г ґрунту	% до контролю
Обробка водою (контроль)	20,67±0,89	100	73,30±3,40	100
Фізіоживлін	26,67±1,22*	129	130,00±5,90*	177
Cu+B	27,33±0,90*	132	116,70±3,40*	159
Zn+B	40,00±1,18*	194	230,0±5,90*	314

Примітка: * – різниця з контролем достовірна при P≤0,05

Отже, позакореневе підживлення рослин КД Фізіоживлін та ДМ Cu+B і Zn+B позитивно впливає на чисельність окремих груп агрономічно корисних мікроорганізмів у ґрунті, що сприяє забезпеченню рослин доступними формами поживних елементів, поліпшенню його екологічного стану.

Стан і активність фотосинтетичного апарату рослин пшениці м'якої озимої за дії комплексних добрив. Суттєвою ланкою продукційного процесу рослини, як авторегуляторної донорно-акцепторної системи, є фотосинтетична асиміляція вуглецю, завдяки якій накопичується біомаса й формується урожайність культурних рослин (Гуляев Б. І, 2003).

Нами встановлено, що за дії КД Фізіоживлін інтенсивність фотосинтезу зростає на 20%, що відбувається завдяки зменшенню на 21% опору дифузії мезофілу CO_2 (рис. 7, а, б). Обробка насіння ДМ $\text{Cu}+\text{V}$ (рис. 7, в) сприяла значнішому зростанню інтенсивності фотодихання листків (на 56%), яке є конкурентним фотосинтезу процесом, оскільки витрачає синтезовані асиміляти. В той же час темнове дихання, яке відіграє важливу роль в енергетичній підтримці транспорту асимілятів у провідній системі, зокрема їхнього відтоку з листків до коренів, найбільш значно зросло в прапорцевих листках рослин пшениці за дії ДМ $\text{Zn}+\text{V}$. Отже, у випадку застосування ДМ можна передбачити більш інтенсивне включення регуляторних процесів, які за дії $\text{Cu}+\text{V}$ індукують фотодихання, а – $\text{Zn}+\text{V}$ – темнове дихання.

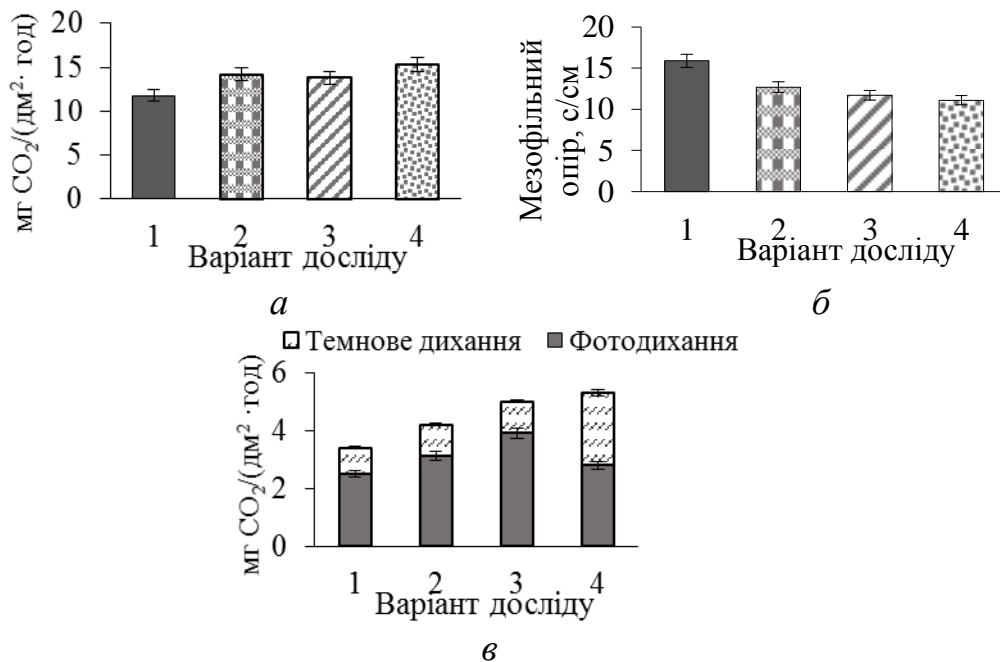


Рис. 7. Інтенсивність фотосинтезу (а), мезофільний опір (б) та інтенсивність фото- і темнового дихання (в) в листках 14-добових рослин за дії КД: 1 – обробка водою (контроль); 2 – Фізіоживлін; 3 – $\text{Cu}+\text{V}$; 4 – $\text{Zn}+\text{V}$ (лабораторний дослід, 2002 р.).

Відомо, що зміна флуоресценції відображає зміни окислювально-відновлювального стану реакційних центрів (РЦ) фотосистеми II (ФС II), до складу якої входить переважно хлорофіл *a*. Методом індукції флуоресценції хлорофілу показано збільшення ефективності фотохімії ФС II – (F_v/F_m) за позакореневої обробки КД – Фізіоживлін, Мастер, Плантафол, МКФ і Енерджен фулхум плюс, а отже, і насиченості фотохімічно активними комплексами ФС II, окрім Брексіл Міксу, де цей параметр дорівнював контролю (рис. 9, а).

Встановлено також, що за дії КД знижувалася кількість Q_B -невідновлювальних комплексів – показник K_{pl} , що зазвичай зростає в умовах стресу (Нестеренко Т. В., 2007; Henriques F. S., 2009) (рис. 9, б). Разом із тим коефіцієнт індукції (K_i), що корелює з активністю РБФК й зазвичай свідчить про ефективність темнових реакцій фотосинтезу зростає за обробки КД у послідовності: Плантафол 30 (на 74%) >

Брексіл Мікс (на 43%) > Мастер (на 42%) > Плантафол 20 (на 38%) > Фізіоживлін (на 21%) > МКФ (на 21%) > Енерджен фулхум плюс (на 20%) (рис. 9, в).

Таким чином, обробка рослин пшениці м'якої у фазу виходу в трубку КД сприяє збільшенню кількості активного хлорофілу, що передає енергію збудження на РЦ, збагаченню фотохімічно активними комплексами ФС II та активуванню переносу електронів у електрон-транспортному ланцюзі, що поліпшує ефективність залучення енергії квантів світла у темнових фотохімічних процесах асиміляції вуглецю.

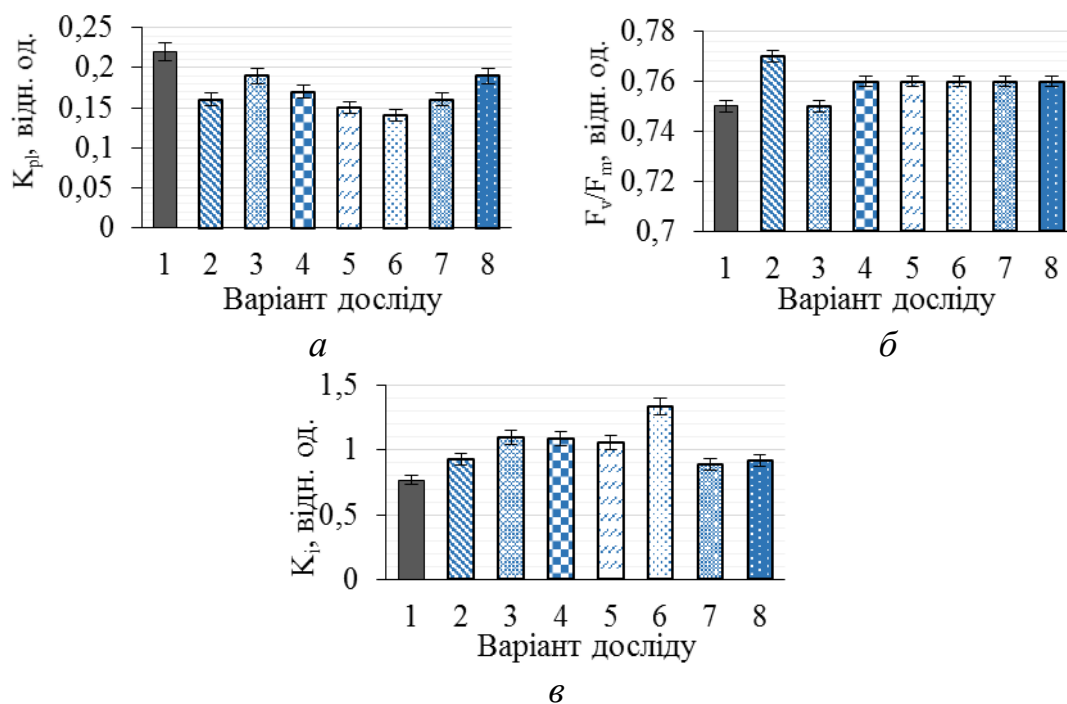


Рис. 9. Вплив позакореневого підживлення КД на параметри індукції флуоресценції хлорофілу: (а) – показник K_{pl} , (б) F_v/F_m – квантова ефективність фотохімії, (в) – коефіцієнт індукції (K_i): 1 – обробка водою (контроль), 2 – Фізіоживлін, 3 – Брексіл Мікс, 4 – Мастер, 5 – Плантафол (20-20-20), 6 – Плантафол (30-10-10), 7 – МФК, 8 – Енерджен фулхум плюс (вегетаційний дослід, фаза вихід у трубку, 2015 р.).

Ефективність такого активування залежить від збалансованості КД із включенням в їх склад основних макроелементів – азоту, фосфору і калію із переважанням азоту.

Зернова продуктивність пшениці озимої та ефективність використання основних елементів живлення за дії комплексних добрив. У польових дослідях встановлено, що за дії КД урожайність пшениці озимої в середньому за 2001–2004 рр. підвищилась на 0,33–0,52 т/га відповідно (рис. 10).

Досліджено, що після позакореневого підживлення рослин КД Фізіоживлін вміст білка в зерні збільшувався на 0,54%, а клейковини – на 1,04%. За дії ДМ Cu+V підвищення вмісту клейковини було більш суттєвим – на 1,25%, а за обробки ДМ Zn+V вміст білка у зерні зростав на 0,1%, а клейковини – на 1,04%.

За обробки насіння КД Фізіоживлін, урожай зерна пшениці озимої зростав на 17,4%, вміст білка – на 0,4%, а клейковини – на 0,9%.

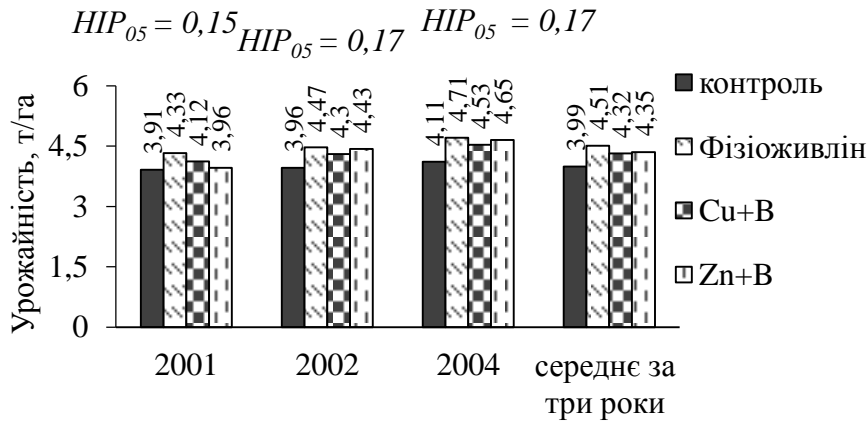


Рис.10. Урожай зерна пшениці озимої сорту Ятрань 60 за дії позакореневого підживлення (польовий дослід, фаза повної стиглості зерна, середнє за 2001–2004 рр.).

Менш значне підвищення урожаю зерна спостерігалось за передпосівної обробки насіння ДМ Cu+B, що зростав на 12,9%, а вміст клейковини на 1,0%. За передпосівної ж обробки насіння ДМ Zn+B урожай зерна зростав – на 3,5% за найбільш значного підвищення вмісту клейковини і білка в зерні: на 2,0 і 0,6% відповідно.

У 2010–2012 рр. при позакореневій обробці КД (Фізіоживлін, Брексіл Мікс, Мастер і Пантафол) пшениці озимої приріст урожаю складав 0,54–0,64 т/га відповідно (рис. 11).

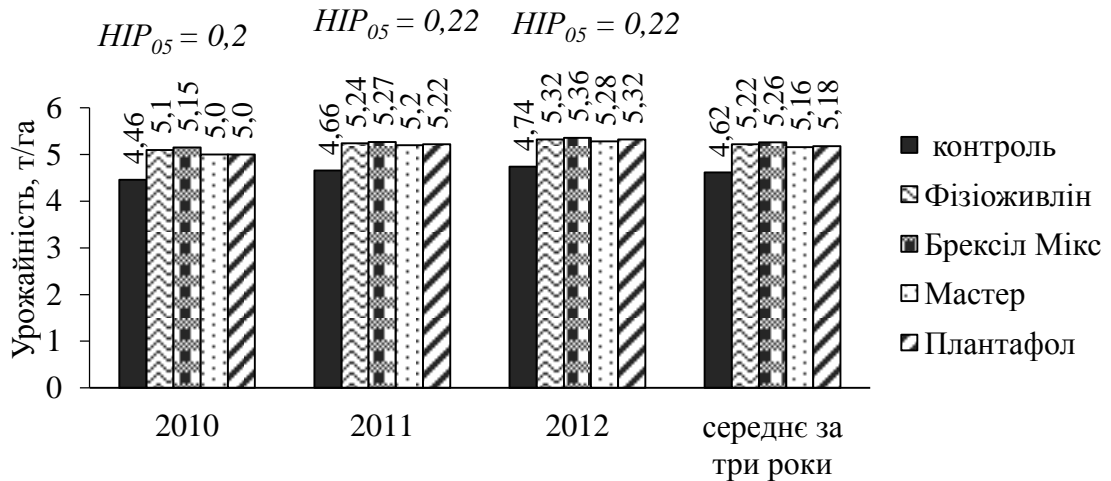


Рис. 11. Урожайність пшениці озимої сорту Смуглянка за дії комплексних хелатних добрив (польовий дослід, фаза повної стиглості зерна, середнє за 2010–2012 рр.).

Таким чином, зростання урожаю і поліпшення якості зерна пшениці озимої обумовлюється позитивним впливом КД на поглинальну активність коренів за збільшення їх загальної і активної площ, зростання вмісту рiстактивуєчих фiтогормонiв в тканинах та підвищенням ефективності асиміляції вуглецю, що у підсумку поліпшувало інтенсивність ростових процесів.

Ефективність використання макроелементів рослинами пшениці озимої за дії КД зростала на 13,4–25%, 12,7 і 12,5% для азоту, калію і кальцію та – на 8,1% для фосфору.

Економічна і енергетична ефективність застосування комплексних добрив. Економічно вигідним виявилось вирощування пшениці озимої за дії КД Брексіл, Мастер, Пантафол, Фізіоживлін за зростання умовно чистого прибутку у межах 8,4–20% до контролю. Обробка КД Фізіоживлін, Брексіл та Мастер призводила до незначного зниження собівартості зерна пшениці – з 1,9 до 9,5% та підвищення рівня рентабельності – з 3,2% до 15,3% (рис. 12 а, в), обумовленого збільшенням урожаю зерна – на 12–14% до контролю.

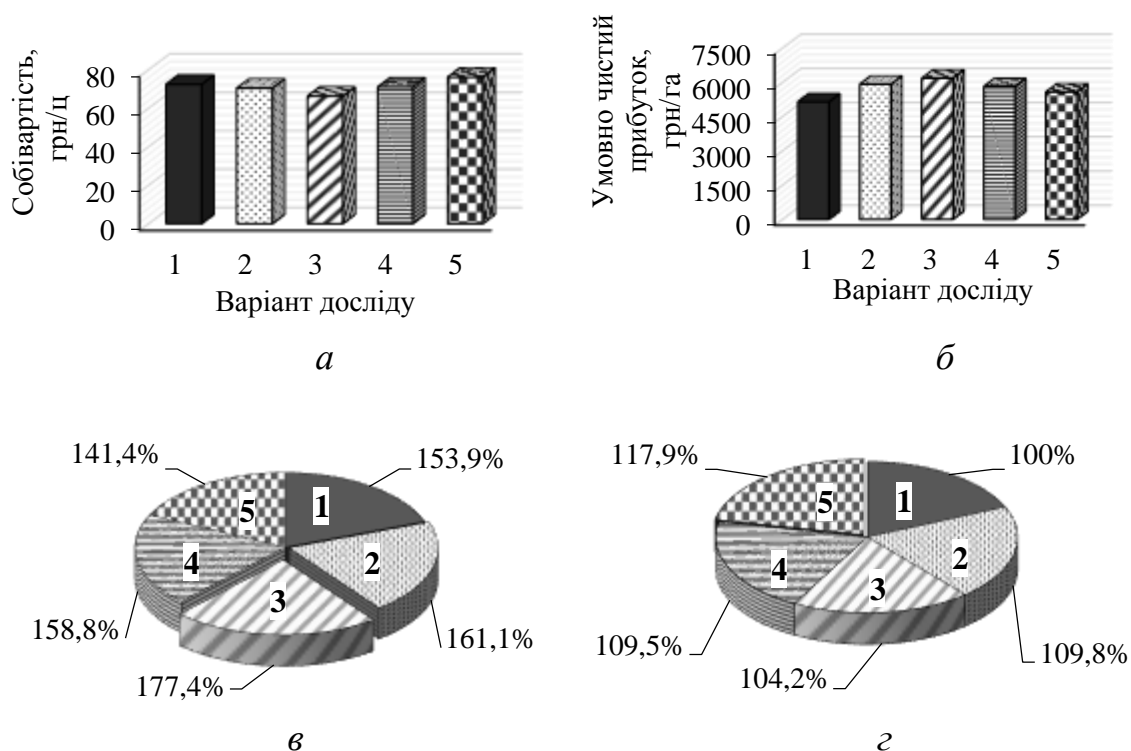


Рис. 12. Економічна ефективність вирощування пшениці озимої за дії КД: (а) – собівартість, (б) – умовно чистий прибуток, (в) – рівень рентабельності: (г) – виробничі затрати: 1 – обробка водою (контроль), 2 – Фізіоживлін, 3 – Брексіл Мікс, 4 – Мастер, 5 – Пантафол (за цінами 2013–2014 рр.).

За дії КД Пантафол собівартість зростала на 5,2% за зниження рівня рентабельності на 12,5% (див рис. 12 а, в).

Рівень енергетичного показника за дії КД Брексіл Мікс, Мастер, Пантафол, Фізіоживлін складав 31419–33064,5 МДж/га (рис. 13, а), а в контролі – 22536,5 МДж/га.

Разом із тим більший рівень витрати енергії – 9881 МДж/га був за дії Мастера і Пантафола – на 2,1%, тоді як за дії Фізіоживліну – на 1,3%, а Брексіл Міксу залишався на рівні контролю (рис. 13, б). Коефіцієнт енергетичної ефективності в цілому відображав тенденції, виявлені під час аналізу інших енергетичних показників і був найкращий за дії досліджуваних КД Брексіл Мікс, Мастер і Пантафол, що складало 3,17–3,41 (рис. 13, в).

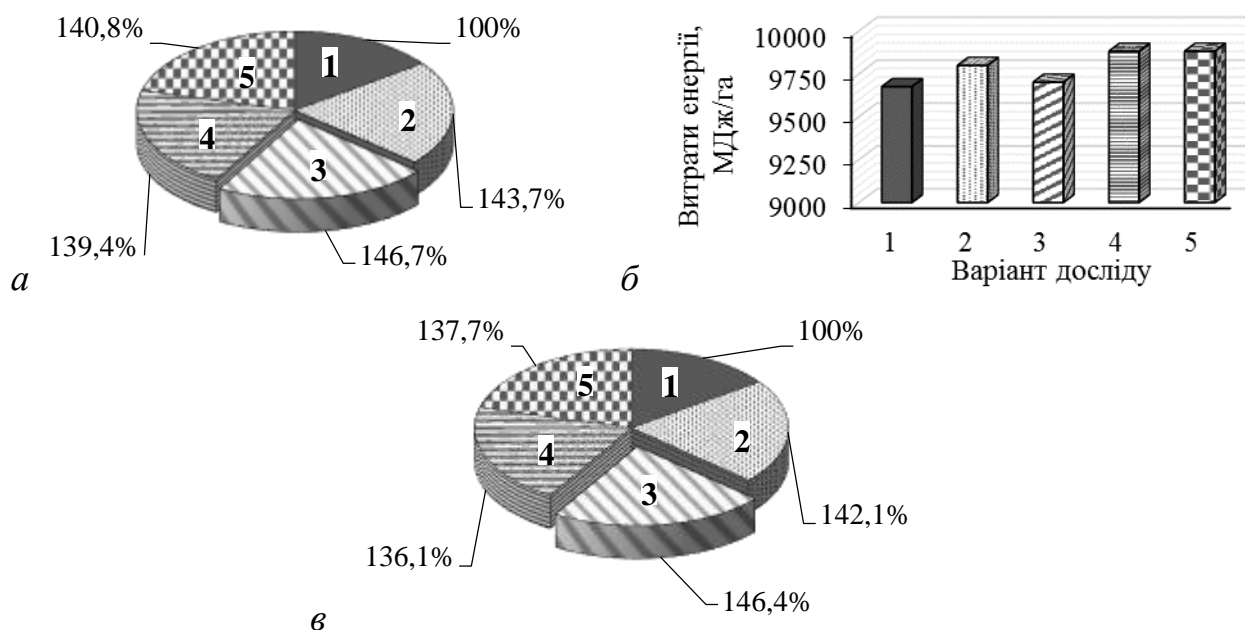


Рис. 13. Енергетична ефективність вирощування пшениці озимої за дії КД: (а) – отримано енергії з урожаєм, (б) – витрати енергії, (в) – коефіцієнт енергетичної ефективності: 1 – обробка водою (контроль), 2– Фізіоживлін, 3 – Брексіл Мікс, 4 – Мастер, 5 – Плантафол (2010–2012 рр.).

Таким чином, найкращі показники економічної ефективності встановлено за дії КД Брексіл Мікс, Мастер і Плантафол, разом із вищим показником додаткового приходу енергії відповідно.

ВИСНОВКИ

У дисертації наведено нове вирішення наукового завдання, яке полягає у фізіологічному обґрунтуванні застосування комплексних добрив (Брексіл Мікс, Мастер, Плантафол, Cu+V, Zn+V, Нутривант плюс зерновий, Фізіоживлін, Енерджен фулхум плюс) у посівах пшениці озимої і встановленні економічної та енергетичної ефективності їх використання.

1. Виявлена активність окремих компонентів системи мембранного транспорту клітин коренів, що змінювалася в залежності від їх збалансованості: за обробки двокомпонентними мікродобривами Cu+V і Zn+V фериціанідвідновлювальна активність знижувалась на 28 і 23% при зростанні виходу протонів, тоді як за обробки Фізіоживліном фериціанідвідновлювальна активність збільшувалася на 13,4% за зниження виходу протонів разом із зростанням співвідношення Ca:K при поглинанні і надходженні цих елементів до тканин коренів.

2. Встановлено, що дія комплексних добрив Фізіоживлін і Енерджен фулхум плюс сприяє кращому розвитку активної поглинальної поверхні кореневої системи, що на 27% та у 2,3 рази більше відповідно, тоді як за дії комплексного добрива Нутривант плюс зерновий активна площа поверхні зменшувалася на 26% за наростання загальної площі поверхні.

3. З'ясовано, що позакоренева обробка рослин пшениці озимої комплексними добривами Фізіоживлін, Брексіл Мікс, Мастер і Плантафол сприяє зростанню мембранного редокс-потенціалу в 3,0; 2,3; 2,3 і 2,5 рази відповідно та супроводжується підвищенням АТФазної активності на 19; 24; 8,0 і 3,0%, пероксидазної активності тканин коренів – на 33, 43, 73, 33% відповідно і каталазної – в 4 рази за дії Фізіоживліну та в 3 рази за дії Плантафолу і Брексіл Міксу, що сприяє розвитку стійкості рослин та підтриманню високого рівня потенційної поглинальної здатності й енергетичного балансу рослинного організму.

4. Встановлено, що позакоренева підживлення комплексним добривами Фізіоживліном, Брексіл Міксом, Мастером, Плантафолом стимулює наростання маси кореневої системи на 21,2; 3,5; 6,2 й 5,3% відповідно та сирій загальної маси 14-добових рослин пшениці озимої з найбільшим ефектом від обробки Фізіоживліном (на 0,54 г) і Мастером (на 0,27 г).

5. Застосування комплексного добрива Фізіоживлін і двокомпонентних мікродобрив $Cu+V$ і $Zn+V$ у підживленні рослин пшениці озимої стимулювало мікробіологічну активність ґрунту, збільшуючи чисельність діазотрофів й олігонітрофілів на 29, 32 та 94% відповідно, прототрофних азотфіксувальних мікроорганізмів – на 77, 59 і 214% відповідно.

6. Виявлено, що за передпосівної обробки насіння пшениці озимої комплексним добривом Фізіоживлін змінюється співвідношення рістактивуючого і інгібуючого гормонів – ІОК/АБК в коренях – 6,9:1 проти 3,3:1 – у контрольних рослинах. У листках це співвідношення зростало більш суттєво і становило 10,4:1 проти 2,2:1 в контролі, тобто збільшувалося у 4,7 рази, чим пояснюється активування ростових процесів і накопичення рослинами фітомаси.

7. Встановлено суттєве зростання інтенсивності транспірації листків пшениці озимої за дії передпосівної обробки насіння і позакореневого підживлення комплексним добривом Фізіоживлін – на 12,8% та в 1,8 разів відповідно, а за позакореневої обробки Енерджен фулхум плюс – на 59% окремо й на 65% – у баковій суміші із фунгіцидом Амістар Екстра 280 SC на відміну від її зниження за дії двокомпонентних добрив $Cu+V$ і $Zn+V$ разом із одночасним підвищенням фотосинтетичної активності листків за дії цих добрив – на 20, 45, 33 і 28% відповідно і зростання темного дихання.

8. Виявлено, що позакоренева обробка рослин пшениці м'якої озимої у фазу виходу в трубку комплексними добривами (Фізіоживлін, Брексіл Мікс, Мастер, Плантафол, Енерджен фулхум плюс) сприяє збільшенню вмісту в листках активного хлорофілу, що поліпшує ефективність залучення енергії квантів світла у темних фотохімічних процесах асиміляції вуглецю. Ефективність цього активування залежить від складу комплексних добрив і збалансованості за мікро- та макроелементами, зокрема – вмістом азоту, фосфору і калію.

9. Застосування комплексного добрива Фізіоживлін поліпшує ефективність використання рослинами азоту на 13,4–25%, кальцію і калію – на 12,5–25%, фосфору – на 8,1–19,7%.

10. Показано, що застосування комплексних добрив (Фізіоживлін, Брексіл Мікс, Мастер, Плантафол) поліпшує структурні показники урожаю: довжину колосу, кількість колосків та зерен в колосі, масу 1000 зерен і забезпечує

підвищення зернової продуктивності пшениці м'якої озимої на 0,54–0,64 т/га або на 12–14% за покращених показників якості зерна.

11. Підвищення зернової продуктивності пшениці озимої за дії комплексних добрив забезпечує зростання економічної та енергетичної ефективності: умовний чистий прибуток зростає на 430,4–1036,6 грн/га за коефіцієнта енергетичної ефективності 3,2–3,3.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

З метою підвищення урожайності пшениці м'якої озимої в умовах Правобережного Лісостепу України на сірих лісових ґрунтах на фоні внесення $N_{90}P_{90}K_{90}$ необхідно проводити двократне позакореневе підживлення рослин Брексілом Мікс у нормі 0,5 кг/га, Мастером у нормі 4,0 кг/га, Плантафолом у нормі 4,0 кг/га.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у фахових виданнях

1. Ткачук К. С. Са-залежна фотосинтетична активність листків озимої пшениці / К. С. Ткачук, Т. В. Жукова, **М. М. Богдан**, Д. А. Кірізій // Физиология и биохимия культурных растений. – 2003. – Т. 35, № 1. – С. 17–21. (Виконання експериментальних досліджень, здійснення обробки даних).
2. Ткачук К. С. Специфічність реакції клітин коренів рослин озимої пшениці на дефіцит і надлишок калію та кальцію // К. С. Ткачук, Т. В. Жукова, **М. М. Богдан** // Физиология и биохимия культурных растений. – 2003. – Т. 35, № 3. – С. 248–251. (Проведення лабораторних досліджень, аналіз даних, підготовка статті до друку).
3. Ткачук К. С. Вплив позакореневого підживлення на чисельність несимбіотичних азотфіксаторів у ґрунті та виділення H^+ -іонів клітинами коренів озимої пшениці / К. С. Ткачук, **М. М. Богдан**, С. Я. Коць, Л. В. Титова // Физиология и биохимия культурных растений. – 2007. – Т. 39, № 3. – С. 220–224. (Виконання польових і лабораторних досліджень, інтерпретація одержаних даних, підготовка статті до друку).
4. Ткачук К. С. Вплив добрива Фізіоживлін на функціональну активність органів озимої пшениці / К. С. Ткачук, А. І. Дем'яненко, **М. М. Богдан**, А. Б. Карлова // Вісник аграрної науки. – 2009. – 9. – С. 27–29. (Проведення експерименту, визначення вмісту фітогормонів, підготовка статті до друку).
5. Ткачук К. С. Вплив передпосівної обробки насіння пшениці озимої на вміст фітогормонів / К. С. Ткачук, А. І. Дем'яненко, **М. М. Богдан**, А. Б. Карлова // Вісник аграрної науки. – 2010. – 9. – С. 22–24. (Виконання досліджень, аналіз одержаних даних, підготовка статті до друку).
6. **Богдан М. М.** Вплив комплексних хелатних добрив на функціональну активність тканин коренів і зернову продуктивність рослин пшениці м'якої озимої / М. М. Богдан, В. П. Карпенко, Г. Б. Гуляєва. // Вісник Уманського національного університету садівництва. – 2015. – № 1. – С. 37–42.

(Проведення польових і лабораторних досліджень, інтерпретація отриманих результатів, написання статті).

7. **Богдан М. М.** Економічна і енергетична ефективність вирощування пшениці м'якої озимої за позакореневого підживлення комплексними мікродобривами / М. М. Богдан, Г. Б. Гуляєва, В. П. Карпенко // Збалансоване природокористування. – 2016. – № 1. – С. 72–75. (Проведення польових досліджень, обробка даних, написання статті).
8. **Богдан М. М.** Специфічність реакції клітин коренів рослин озимої пшениці за дії передпосівної обробки насіння мікроелементами / М. М. Богдан // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Біологія. – 2006. – Вип. 18. – С. 35–36.
9. Ткачук К. С. Поглинання K^+ і Ca^{2+} та інтенсивність транспірації і фотосинтезу листків озимої пшениці / К. С. Ткачук, Т. В. Жукова, **М. М. Богдан**, Д. А. Кірізій // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. – 2002. – № 3 (18). – С. 39–42. (Проведення експерименту, аналіз результатів).
10. **Богдан М. М.** Влияние комплексных удобрений на показатели структурного анализа озимой пшеницы / М. М. Богдан // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. – Серия «Биология, химия». – 2012. – Т. 25 (64), № 3. – С. 11–15.

Науково-методичні рекомендації

11. Комплексні хелатовані добрива у посівах пшениці: науково-методичні рекомендації / [**М. М. Богдан**, В. П. Карпенко, Г. Б. Гуляєва, В. П. Патица, К. С. Ткачук]. – К.: ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ», 2016. – 32 с.

Статті в інших наукових виданнях

12. Жукова Т. В. Інтенсивність фотосинтезу листків озимої пшениці і цукрового буряка за різних умов живлення / Т. В. Жукова, **М. М. Богдан**, А. Б. Карлова, К. С. Ткачук // Матеріали Междунар. науч.-практ. конф. [“Приемы повышения урожайности растений: от продуктивности фотосинтеза к современным биотехнологиям”], (Киев, 22–23 мая 2003 г.) – К.: НАУ, 2003. – С. 7–10.
13. Ткачук К. С. Мікробіологічна активність ґрунту та ефективність використання добрив рослинами озимої пшениці за дії мікродобрив / К. С. Ткачук, **М. М. Богдан** // Матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. [“Фосфор і калій у землеробстві: проблеми мікробіологічної мобілізації”], (Чернігів, 12–14 липня 2004 р.) – Чернігів, 2004. – С. 140–146.
14. Ткачук К. С. Вплив макро- і мікродобрив на врожайність і якість зерна за вирощуванням озимої пшениці на сірому лісовому ґрунті / К. С. Ткачук, Т. В. Жукова, **М. М. Богдан**, А. І. Шубенко // Збірник наукових праць Інституту землеробства Української академії аграрних наук. – 2005. – Вип. 3. – С. 22–27.
15. **Богдан М. М.** Поглинання і компартментація іонів K^+ і Ca^{2+} в клітинах коренів рослин озимої пшениці за різних способів внесення мікродобрив / М. М. Богдан // Живлення рослин: теорія і практика. – К.: Логос, 2005. – С. 309–315.
16. **Богдан М. М.** Взгляд на проблему: исследование роли макро- и микроэлементов в метаболизме растительных организмов / М. М. Богдан –

[Электронный ресурс] // Исследования в области естественных наук. – 2012. – № 8. – Режим доступа к журн.: <http://science.snauka.ru/2012/08/1020>.

17. Гуляева Г. Б. Вплив обробки біологічно активними речовинами на ферментативну активність компонентів антиоксидантної системи рослин озимої пшениці / Г. Б. Гуляева, **М. М. Богдан** // Фактори експериментальної еволюції організмів. – 2013. – Т. 12. – С. 207–211.
18. **Богдан М. М.** Вплив позакореневого підживлення комплексним мікродобривом на фотосинтетичний апарат і зернову продуктивність рослин пшениці м'якої / М. М. Богдан, Г. Б. Гуляева // Сборник науч. докл. Междунар. науч.-практ. конф. [“Современные тенденции в науке и образовании”], (Ольштын, 27–28 февраля, 2014 г.). – Ольштын, 2014. – С. 10–15.

Тези доповідей на наукових конференціях

19. **Богдан М. М.** Окисно-відновна активність коренів і урожай озимої пшениці за дії позакореневого підживлення / М. М. Богдан // Тези доп. VIII конф. молодих вчених [“Сучасні напрямки у фізіології та генетиці рослин”], (Київ, 23–25 жовтня 2002 р.). – К., 2002. – С. 17.
20. Tkachuk K. S. Photosynthetic activity of the leaves depends on both K^+ , Ca^{2+} correlation of uptake and localization in the plant root cells / K. S. Tkachuk, T. V. Zhukova, **M. M. Bohdan**, D. A. Kiriziy // International Conference [“Photosynthesis and Crop Production”], (Kyiv, 7–11 October 2002). – Kyiv, 2002. – P. 102.
21. **Богдан М. М.** Активність H^+ -екструзії і редокс-системи клітин коренів озимої пшениці за дії мікроелементів / М. М. Богдан // Тези доп. IX конф. молодих дослідників [“Актуальні проблеми фізіології, генетики та біотехнології рослин і ґрунтових мікроорганізмів”], (Київ, 24–25 лютого 2005 р.). – К., 2005. – С. 7.
22. **Богдан М. М.** Вплив передпосівної обробки насіння мікродобривами на інтенсивність фотосинтезу і продуктивність рослин озимої пшениці / М. М. Богдан // Тези доп. наук. конф. молодих учених [“Сучасні проблеми фізіології рослин і біотехнології”], (Ужгород, 1–3 грудня 2005 р.) – Ужгород, 2005. – С. 16.
23. Ткачук Е. С. Редокс зависимое выделение H^+ клетками корней и соотношение ИУК/АБК в органах озимой пшеницы / Е. С. Ткачук, **М. М. Богдан**, А. Б. Карлова, А. И. Демьяненко // Материалы. Междунар. конф. [“Современная физиология растений: от молекул до экосистем”], (Сыктывкар, 18–24 июня 2007 г.). – Сыктывкар, 2007. – С. 386–388.
24. **Богдан М. М.** Вміст фітогормонів в органах озимої пшениці і фериціанідвідновлювальна активність клітин коренів за дії рідкого комплексного добрива / М. М. Богдан, Г. Б. Карлова, К. С. Ткачук // Матеріали Міжнар. наук. конф. [“Регуляція росту і розвитку рослин: фізіолого-біохімічні і генетичні аспекти”], (Харків, 13–15 жовтня 2008 р.). – Харків. – 2008. – С. 121–122.
25. **Богдан М. М.** Влияние регулятора роста и удобрений на изменение биометрических показателей озимой пшеницы / М. М. Богдан // Матеріали XII конф. молодих вчених [“Наукові, прикладні та освітні аспекти фізіології, генетики, біотехнології рослин і мікроорганізмів”], (Київ, 15–16 листопада,

- 2012 р.). – К., 2012. – С. 24–25.
26. Гуляєва Г. Б. Вплив обробки фізіологічно активними речовинами і елементами живлення на показники активності антиоксидантної системи / Г. Б. Гуляєва, **М. М. Богдан** // Матеріали XII конф. молодих вчених [“Наукові, прикладні та освітні аспекти фізіології, генетики, біотехнології рослин і мікроорганізмів”], (Київ, 15–16 листопада, 2012 р.). – К., 2012. – С. 49–51.
 27. **Богдан М. М.** Вплив сумісної дії комплексного добрива та фунгіциду на фотосинтетичний апарат і зернову продуктивність рослин пшениці м'якої / М. М. Богдан, Г. Б. Гуляєва // Збірник наук. праць V Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів [“Біологічні дослідження – 2014”], (Житомир, 4–5 березня 2014 р.). – Житомир, 2014. – С. 23–26.
 28. **Богдан М. М.** Вплив комплексних добрив на основі хелатів мікроелементів на антиоксидантну активність коренів і зернову продуктивність рослин пшениці м'якої озимої / М. М. Богдан // Матеріали Всеукр. наук. конф. молодих учених, приуроченої 140-річній від дня народження видатного вченого плодovoда П. Г. Шитта, (Умань, 6 травня 2015 р.) – Умань, 2015. – С. 14–15.

Богдан М. М. Фізіологічне обґрунтування застосування комплексних добрив у посівах пшениці озимої. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 03.00.12 – фізіологія рослин. – Уманський національний університет садівництва, Умань, 2016.

Дисертація присвячена дослідженню фізіологічних особливостей дії комплексних добрив (Фізіоживлін, Брексіл Мікс, Мастер, Плантафол, Cu+B, Zn+B, Нутривант плюс зерновий, Енерджен фулхум плюс) на формування зернової продуктивності посівів пшениці м'якої озимої, що обумовлено регуляторним впливом комплексу макро- і мікроелементів у їх складі на різні функціональні ланки рослинного організму, починаючи зі змін активності клітин кореневих волосків, зокрема окремих компонентів системи мембранного транспорту: редокс-потенціалу і активності виходу протонів та опосередковується зростанням вмісту ІОК в листках і коренях й збільшенням площі кореневої системи, що стимулює ріст фітомаси рослин пшениці. Обробка рослин комплексними добривами сприяє збільшенню вмісту фотохімічно активного хлорофілу, що поліпшує ефективність залучення енергії квантів світла у темнових фотохімічних процесах асиміляції вуглецю, яке підтверджується зростанням газообміну CO₂ листків. Разом із тим, збільшення активності антиоксидантних ферментів сприяє підвищенню стійкості рослин до абіотичних факторів.

Обробка комплексними добривами (Фізіоживлін, Брексіл Мікс, Мастер, Плантафол) поліпшує структурні показники урожаю та забезпечує підвищення зернової продуктивності пшениці озимої.

Застосування комплексних добрив у посівах пшениці озимої забезпечує зростання економічної і енергетичної ефективності її вирощування.

Ключові слова: фізіологічне обґрунтування, комплексні добрива, озима пшениця, феррицианідвдновлювальна активність, вихід протонів, каталаза, пероксидаза, площа кореневої системи, фітогормони, фотосинтез, продуктивність.

Богдан М. М. Физиологическое обоснование применения комплексных удобрений в посевах пшеницы озимой. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 03.00.12 – физиология растений. – Уманский национальный университет садоводства, Умань, 2016.

Диссертация посвящена исследованию физиологических особенностей действия комплексных удобрений (Физиоживлин, Брексил Микс, Мастер, Пантафол, Cu+B, Zn+B, Нутривант плюс зерновой, Энерджи фулхум плюс) на формирование зерновой продуктивности посевов пшеницы озимой мягкой, которое обусловлено регуляторным влиянием комплекса макро- и микроэлементов на различные функциональные звенья растительного организма, начиная с изменения активности клеток корневых волосков, в частности отдельных компонентов системы мембранного транспорта: феррицианидвосстанавливающей активности и кинетики выхода протонов и опосредованно повышением содержания ИУК в листьях и корнях, что способствует увеличению площади корневой системы и стимулирует рост фитомассы растений пшеницы. Обработка растений комплексными удобрениями способствует увеличению содержания фотохимически активного хлорофилла, улучшая эффективность использования энергии квантов света в темновых фотохимических процессах ассимиляции углерода, которое подтверждается усилением газообмена CO₂ листьев. Вместе с тем, увеличение активности антиоксидантных ферментов способствует повышению устойчивости растений к абиотическим факторам.

Обработка комплексными удобрениями (Физиоживлин, Брексил Микс, Мастер, Пантафол) улучшает структурные показатели урожая и обеспечивает повышение зерновой продуктивности пшеницы озимой.

Применение комплексных удобрений в посевах пшеницы озимой обеспечивает рост экономической и энергетической эффективности урожая.

Ключевые слова: физиологическое обоснование, комплексные удобрения, пшеница озимая, феррицианидвосстанавливающая активность, выход протонов, каталаза, пероксидаза, фитогормоны, площадь корневой системы, фотосинтез, продуктивность.

Bogdan M. M. Physiological substantiation of complex fertilizers application in winter wheat crops. - Manuscript.

Thesis for a Phd degree in Agricultural sciences, specialty 03.00.12 – Plant Physiology. – Uman National University of Horticulture, Uman, 2016.

This research focuses on the physiological characteristics of complex fertilizers (Phiziozhyvlin, Brexil Mix, Master, Plantafol, Cu+B, Zn+B, Nutrivant Plus Cereals, Energen Fulhum Plus) with influence on the formation of grain productivity, which, due to their regulatory effects on different functional parts of the plant organism such as the changes in the root hairs cells activity, including some components of membrane transport,

redox potential and protons yield activity which is mediated by IAA growth in leaves and roots and improvements in the density of roots, stimulating the growth of wheat plant biomass.

It has been shown that plant treatment by complex fertilizers increases the content of photochemically active chlorophyll, which both transmits excitation energy to the reaction centers and activates the electron transfer to the electron transport chain, improving the efficiency of light quanta energy attraction on dark photochemical processes of carbon assimilation, which corresponds with growth of photosynthetic CO₂ assimilation. It was been shown that the increase of antioxidant enzymes activity enhances the resistance of plants to abiotic factors.

The treatment of soft wheat plant by complex fertilizers Phiziozhyvlin unlike two-component micronutrients Cu+B and Zn+B affects the activity of the individual components of membrane transport in roots cells, helping to increase the redox potential while reducing protons yield activity and increasing Ca:K ratio with their absorption and flow of these items to the tissues of roots together with the increase in the total and active surface roots.

It was found that foliar application of complex fertilizers to plants revitalizes the soil, improving its microbiological activity of prototrophs as well as increasing the content of nitrogen-fixing microorganisms, diazotrophs and oligonitrofills.

The efficiency of PS II activation depends on the composition and balance macro and micro elements in fertilizer, particularly nitrogen, phosphorus and potassium.

It was found that foliar feeding by complex fertilizers enhances photosynthetic activity and photo- and dark respiration of leaves as well as improves the efficiency of wheat plants uptake of main nutrients such as nitrogen, phosphorus, potassium and calcium.

It is shown that the application of complex fertilizers of different composition: Phiziozhyvlin, Brexil Mix, Master, Plantafol improves structural indicators of harvest, ear length, number of spikelet's and grains per ear, mass of 1000 grains contributing to the increase in soft wheat grain productivity by 0,54–0,64 t/ha or 12–14%.

The application of complex fertilizers leads to the growth of the economic and energy efficiency of the crop in various ways.

Keywords: Physiological substantiation, complex fertilizers, winter wheat, redox potential, protons yield activity, catalase, peroxidase, plant hormones, the density of roots, photosynthesis, productivity.