

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ФІЗІОЛОГІЇ РОСЛИН І ГЕНЕТИКИ  
ІНСТИТУТ МІКРОБІОЛОГІЇ І ВІРУСОЛОГІЇ  
ІМ. Д. К. ЗАБОЛОТНОГО**

**На правах рукопису**

**БОГДАН МИХАЙЛО МИХАЙЛОВИЧ**

**УДК 581.1:631.816:633.11**

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

**03.00.12 – фізіологія рослин**

**Дисертація  
на здобуття наукового ступеня  
кандидата сільськогосподарських наук**

**Науковий керівник:  
Карпенко Віктор Петрович  
доктор сільськогосподарських наук,  
професор**

**КИЇВ – 2016**

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І ПОЗНАЧЕНЬ**

- АБК – абсцизова кислота  
АТФ – аденозинтрифосфат  
АТФаза – аденозинтрифосфатаза  
ДМ – двокомпонентне мікродобриво  
ЕДТА – етилендіамінтетраоцтова кислота  
 $\bar{e}$  – електрон  
З – зеатин  
ЗР – зеатинрибозид  
ІОК – індолілоцтова кислота  
ІФХ – індукція флуоресценції хлорофілу  
 $H^+$  – іон водню  
КД – комплексне добриво  
МКФ – монокалій фосфат  
МП – мембранний потенціал  
МТ – мембранний транспорт  
НАДФ – нікотинамідаденіндинуклеотидфосфат  
нг – нанограм  
нМ – наномоль  
ПМ – плазматична мембрана  
ПР – поживний розчин  
ПС Х–А – поживна суміш Хогленда–Арнона  
СЗК – світлозбиральні комплекси  
т/га – тонна/гектар  
ФВА – фериціанідвідновлювальна активність  
ФЦК – фериціанід калію

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І ПОЗНАЧЕНЬ</b> .....	2
<b>ВСТУП</b> .....	5
<b>РОЗДІЛ 1. ОСНОВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ДОСЛІДЖЕНЬ З ПИТАННЯ ЖИВЛЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ТА ЗАСТОСУВАННЯ КОМПЛЕКСНИХ ДОБРИВ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)</b> .....	11
1.1. Сучасний стан родючості ґрунтів України.....	11
1.2. Комплексні добрива, способи їх внесення та ефективність використання рослинами.....	13
1.3. Фізіологічна роль макро- і мікроелементів у рослині .....	20
1.4. Електрогенний транспорт на рівні рослинного організму і механізми його регуляції.....	32
<b>РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ</b> .....	40
2.1. Ґрунтово-кліматичні умови проведення досліджень.....	40
2.2. Схеми дослідів і методика проведення досліджень.....	45
<b>РОЗДІЛ 3. ФІЗІОЛОГІЧНІ ЗМІНИ В РОСЛИНАХ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ ЗА ДІЇ КОМПЛЕКСНИХ ДОБРИВ</b> .....	61
3.1. Фериціанідвідновлювальна активність і кінетика виходу протонів із клітин коренів.....	61
3.2. Ферментативна активність компонентів антиоксидантної системи.....	69
3.3. Вміст фітогормонів у рослинах пшениці озимої за обробки комплексними добривами.....	77
3.4. Коренебезпеченість рослин пшениці озимої за дії комплексних добрив.....	82
3.5. Інтенсивність транспірації та поглинання і вмісту іонів $K^+$ і $Ca^{2+}$ в клітинних компартментах рослин пшениці озимої.....	86

3.6. Мікробіологічна активність ґрунту за дії позакореневого підживлення комплексними добривами.....	102
<b>РОЗДІЛ 4. СТАН І АКТИВНІСТЬ ФОТОСИНТЕТИЧНОГО АПАРАТУ РОСЛИН ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ ЗА ДІЇ КОМПЛЕКСНИХ ДОБРИВ.....</b>	<b>105</b>
4.1. Фотосинтетична активність листків пшениці озимої за дії передпосівної обробки насіння комплексними добривами.....	105
4.2. Фотосинтетична активність листків за дії позакореневого підживлення рослин пшениці комплексними добривами.....	110
4.3. Фотохімічна активність листків пшениці м'якої за дії комплексних добрив.....	117
<b>РОЗДІЛ 5. ЗЕРНОВА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ ЗА ДІЇ КОМПЛЕКСНИХ ДОБРИВ.....</b>	<b>123</b>
5.1. Урожай і якість зерна.....	123
5.2. Елементи продуктивності.....	129
5.3. Ефективність використання рослинами пшениці озимої макроелементів.....	138
<b>РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІЧНА І ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ КОМПЛЕКСНИХ ДОБРИВ.....</b>	<b>142</b>
6.1. Економічна ефективність.....	142
6.2. Енергетична ефективність.....	145
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>148</b>
<b>РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....</b>	<b>150</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>151</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>185</b>

## ВСТУП

**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 [7, 183, 188, 211]. Головною перевагою застосування комплексних хелатних добрив є їх біологічна доступність і малі дози внесення [169].

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 [12, 39, 98, 169]. 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  $\text{CO}_2$  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 кущіння 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 К і Са, 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 “Регуляція росту 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 плодовода 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).

## РОЗДІЛ 1

### ОСНОВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ДОСЛІДЖЕНЬ З ПИТАННЯ ЖИВЛЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ТА ЗАСТОСУВАННЯ КОМПЛЕКСНИХ ДОБРИВ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

#### 1.1. Сучасний стан родючості ґрунтів України

Відомо, що урожай сільськогосподарських рослин залежить не тільки від типу ґрунту, а й від його родючості. В той же час протягом останніх 20 років у сільськогосподарському виробництві України домінувала незбалансована і дефіцитна система землеробства, яка зумовила втрату ґрунтами України 0,5% гумусу (дані «Центрдержродючості», нині «Держґрунтохорона»). Врожаї останніх років в основному формувалися за рахунок вичерпування природної родючості ґрунту, що призводило до поступового збіднення її потенційної частини. Навіть удобрення сільськогосподарських культур малими дозами гною і туків не забезпечувало відтворення родючості ґрунтів.

Тривале застосування інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур у господарствах України призвело до поступового зниження родючості ґрунтів через їх переущільнення, а саме до втрати грудкувато-зернистої структури, водопроникності і аераційної здатності з усіма екологічними наслідками. За останні роки через техногенне забруднення посилюється процес деградації ґрунтового покриву України. Але найбільш небезпечним для навколишнього природного середовища стало забруднення ґрунтів важкими металами, радіонуклідами та збудниками хвороб [135, 147, 212].

Результати останнього агрохімічного обстеження показали, що найбільші втрати гумусу в Україні простежується в зоні Полісся – 0,05% [135, 148].

Дані агрохімічного обстеження свідчать, що площі з низьким і середнім вмістом рухомого фосфору та обмінного калію у ґрунтах збільшуються, а площі ґрунтів з підвищеним та високим вмістом фосфору та калію зменшуються [135].

Забезпеченість ґрунтів України вмістом обмінного калію складає 33,8%. Переважно це ґрунти піщаного та супіщаного гранулометричного складу. У першу чергу покращення калійного режиму потребують дерново-підзолисті ґрунти Полісся і опідзолені ґрунти Лісостепу. Ґрунти південної частини Лісостепу і практично всі ґрунти Степу характеризуються підвищеним та високим вмістом обмінного калію.

Згідно матеріалів агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення 3,7 млн. га потребують першочергового вапнування і 4,1 млн. га – підтримуючого [135].

Таким чином, у структурі земельного фонду України значні площі займають ґрунти з незадовільними показниками (деградовані та інші малородючі ґрунти). За даними регіональних центрів «Облдержродючість», таких земель нараховується майже 16 млн. га, у тому числі 12,9 млн. га – ріллі [135].

Згідно даних агрохімічного обстеження ґрунтів сільськогосподарських угідь «Держґрунтохороною» протягом 2006–2010 рр. у Київській області налічувалось 168,16 тис. га кислих ґрунтів – 21,14%, більшу частину площ займали землі з близькою до нейтральної – 214,94% і нейтральною – 312,06% реакцією ґрунтового розчину [214]. За результатами 9-го туру агрохімічної паспортизації земель, порівняно з 8-им туром, середньозважений показник вмісту рухомого фосфору збільшився на 19, а вміст обмінного калію – на 9 мг/кг. Найбільше зростання рухомого фосфору та обмінного калію спостерігалось в ґрунтах лісостепових районів області з інтенсивним веденням землеробства [135, 214].

У зв'язку зі зменшенням внесення мінеральних добрив різко знизилася забезпеченість ґрунтів Полісся мікроелементами. В порівнянні з попереднім туром агрохімічного обстеження земель середньозважений показник вмісту гумусу в 9-му турі залишається незмінним, але в поліських районах та перехідних до Лісостепу має місце тенденція до зниження вмісту гумусу в ґрунтах. Для бездефіцитного балансу гумусу в землеробстві області необхідно

збільшити внесення органічних добрив, органо-мінеральних добрив нового покоління, розширити площі під багаторічними бобовими травами [16, 214].

Отже, стан використання та охорони ґрунтових ресурсів характеризується як незадовільний і має тенденцію до погіршення, що потребує нових наукоємних підходів до ведення господарювання.

## **1.2. Комплексні добрива, способи їх внесення та ефективність використання рослинами**

Один з найефективніших ресурсних засобів підвищення продуктивності сільськогосподарського виробництва та збереження родючості ґрунтів є мінеральні добрива. Світовий досвід застосування цих добрив переконливо свідчить про їх 40–50% дольову участь у формуванні врожаю [135, 175, 214].

Урожай сільськогосподарських культур в Україні вже майже 20 років, як формується за рахунок природної родючості, що в свою чергу, призводить до виснаження ґрунтів. Зокрема, для формування однієї тони зерна пшениці озимої (разом із соломою) потрібно 26,7 кг азоту, 9,5 кг фосфору й 21,1 кг калію, а також певна кількість інших макро- та мікроелементів. Для рівня врожайності сільськогосподарських культур останніх трьох років винос елементів живлення рослинами пшениці становив 193 кг/га (NPK), кукурудзи на зерно – 284 кг/га, соняшника – 264 кг/га, ріпаку – 318 кг/га. Щороку ставиться завдання збільшення виробництва зерна та іншої сільськогосподарської продукції, а внесенню добрив приділяється недостатня увага. Так, за даними Мінагрополітики, у 2009 році мінеральних добрив в середньому по Україні було внесено 48 кг, в 2010 р. – 54 кг, в 2011 р. – 68 кг, в 2012 р. – 72 кг, в 2013 р. – 78 кг/га діючої речовини. У той же час використання мінеральних добрив у розвинених країнах постійно збільшується, урожай сільськогосподарських культур у цих країнах формується за рахунок поживних речовин, внесених з мінеральними та органічними добривами (табл. 1.1) [135].

**Внесення мінеральних добрив на гектар ріллі під зернові культури (у розрахунку на 100% поживних речовин) (дані ФАО – 2000 рік, по Україні – 2009 рік, по Білорусії – 2008 рік) [135]**

Країна	Кількість добрив, кг	Країна	Кількість добрив, кг
Україна	48	Єгипет	416
Малайзія	836	Бельгія	367
Коста-Ріка	768	Ізраїль	356
Ірландія	651	Великобританія	346
Нідерланди	520	В'єтнам	336
Корея	513	Японія	319
Словенія	460	Колумбія	286
Нова Зеландія	430	Білорусь	280

Використання обмежених кількостей добрив вимагає найбільш раціональної технології їх застосування, насамперед – локального внесення добрив на підставі даних агрохімічного паспорту земельної ділянки, що забезпечує високу окупність їх врожайми, а відтак – і значний економічний ефект.

Тому невід'ємною складовою заходів збереження родючості ґрунтів та підвищення урожайності сільськогосподарських культур є використання комплексних добрив.

Як відомо, добрива поділяються на прості, до складу яких входить один із дефіцитних елементів живлення рослин, і комплексні, що містять два або три і більше таких елементів [82, 83, 211]. Серед простих добрив найбільш відомим є суперфосфат, до складу якого входить окис фосфору  $P_2O_5$ , та синтетичні: аміачна селітра ( $NH_4NO_3$ ), сечовина, рідкий аміак і аміачна вода, які містять іони амонію ( $NH_4$ ), а також хлористий калій (KCl). Проте такий поділ добрив є досить умовним, оскільки до складу природного суперфосфату, наприклад, входять

кальцій, сірка та інші домішки, зокрема, такі, як натрій та хлор. Комплексні добрива у свою чергу поділяються на місцеві органічні та промислові [82, 83]. Найбільш відомим серед органічних добрив є гній і зола. Проте необхідно відмітити, що при використанні тільки гною рослини потерпають від нестачі фосфору і особливо азоту, який вивітрюється у вигляді аміаку у повітря. Тому для забезпечення всіма необхідними елементами рослина потребує додаткової мінералізації органічних добрив. Особливо важливе значення при цьому надається забезпеченню рослин мікроелементами [211].

У комплексних добривах елементи живлення знаходяться переважно у водорозчинній легкодоступній для рослин формі. Промисловість випускає повні комплексні добрива – такі, що містять NPK: нітрофоска, нітроамофоска та неповні, що містять два поживних елементи – переважно N і P: амофос, нітрофос, нітроамофос, а також рідкі комплексні добрива, які можуть бути як повними, так і неповними, а також пресовані – найчастіше фосфорно-калійні [83]. Часто на основі простих добрив виготовляють так звані змішані добрива, які являють собою суміші деяких простих добрив, що можна змішувати без шкоди для рослин і ефективності їх дії. Для виготовлення таких добрив розроблені схеми змішувань.

Залежно від способу отримання комплексні добрива бувають складними і складнозмішаними. Складні добрива містять кілька поживних елементів у складі однієї хімічної сполуки: амофос ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ), діамофос  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ , калійна селітра ( $\text{KNO}_3$ ) та інші. Зокрема, амофос ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ) – складне неповне комплексне добриво, яке містить 10–11% азоту і 47–48,5% фосфору, переважно у водорозчинній формі, що випускається у гранульованому вигляді. Завдяки присутності азоту, за ефективністю воно переважає суперфосфат [211]. До складнозмішаних або комбінованих добрив відносять комплексні добрива, які отримують в єдиному технологічному циклі і які містять два або три основних елементи живлення в одній гранулі: нітрофос, нітрофоска, нітроамофос, нітроамофоска, пресовані фосфорно-калійні добрива, рідкі комплексні добрива та інші [83, 211].

Зокрема, нітрофоска – складне мінеральне азотно-фосфорно-калійне добриво зі співвідношенням поживних речовин  $N:P_2O_5:K_2O = 1:1:1$ . Являє собою суміш різних солей: хлористого амонію ( $NH_4Cl$ ), аміачної селітри ( $NH_4NO_3$ ), амофосу ( $NH_4H_2PO_4$  і  $(NH_4)_2HPO_4$ ), суперфосфату ( $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$  і  $CaSO_4$ ), преципітату ( $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$ ), калійної селітри ( $KNO_3$ ), хлористого калію ( $KCl$ ), гіпсу ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ) та різних домішок. Масова частка загального азоту – щонайменше 11%, засвоюваних фосфатів – 10%, водорозчинних фосфатів – 6%, калію – щонайменше 11%. В залежності від методу отримання розрізняють сірчанокислу, сульфатну і фосфоритну нітрофоски. Нітрофоску застосовують під основне й припосівне внесення на всіх сільськогосподарських культурах [83, 211].

Але найбільш ефективним є використання комплексних добрив, які збагачені мікроелементами [26, 131, 208, 211]. Також варто відмітити, що комплексні добрива доцільніше вносити під передпосівні роботи, під час сівби та шляхом підживлення [131]. Важливим чинником при використанні добрив є комплексний підхід до вирішення питання збагачення ґрунту поживними речовинами. Це можливо за рахунок використання комплексних мінеральних добрив (тукосумішей). Перевагою тукосумішей є можливість їх приготування із різноманітним співвідношенням NPK, відповідно до особливостей сільськогосподарської культури та агрохімічного аналізу ґрунту. В залежності від призначення тукосуміші, виготовляються більше 70 формул сумішей NPK, які використовуються для весняного та осіннього внесення. Суміші є висококонцентрованими комплексними добривами, які містять елементи живлення у легкодоступній формі, добре розчиняються у ґрунті і можуть використовуватись на будь-яких етапах розвитку рослин. За рахунок внесення змішаних комплексних добрив у порівнянні з простими, витрати на внесення зменшуються майже у 2 рази [83]. Необхідно відмітити зменшення шкідливого впливу на атмосферу за рахунок виготовлення тукосумішей у порівнянні із виробництвом складних добрив хімічним шляхом. Доведено, що для нормального розвитку рослинного організму, крім макроелементів, потрібні



мікроелементи, значення яких у живленні рослин багатогранна. Зокрема, мідь, молібден, марганець, кобальт, цинк, бор та інші підвищують активність багатьох ферментних систем в рослинному організмі і покращують використання рослинами поживних речовин з ґрунту та добрив. Тому мікроелементи не можна замінити іншими речовинами, а їх нестача обов'язково повинна бути поповнена [135].

Науковими дослідженнями, проведеними останніми роками, встановлено, що для рослин мікроелементи найбільш ефективні у формі комплексонатів (хелатів) металів. Уперше в Україні виробництво мікродобрив на хелатній основі організовано в Науково-дослідному центрі – Реаком (м. Дніпропетровськ). Асортимент мікродобрив Реаком – це більше 15 комбінацій, залежно від потреб різних культур і ґрунтів. Мікродобрива Реаком використовують для обробки насіння та позакореневого підживлення рослин. До сучасних видів мікродобрив належать також Тенсо Коктейль, Кристалон, Нітрабор, Брексіл, Квантум та інші [7, 13, 14, 83, 211].

Необхідно відмітити, що на сучасному етапі розвитку досліджень з проблеми вдосконалення якісного складу і підвищення ефективності використання добрив є використання сумішей макро- і мікроелементів.

Проте особливу увагу заслуговують роботи зі створення водорозчинних і рідких комплексних добрив, які містять основні макро- і мікроелементи. Їх створення стало можливим у наш час завдяки розвитку теоретичних досліджень з проблеми мікроелементів [7, 8, 130, 131].

Відомо, що мікродобрива забезпечують приріст урожаїв в середньому на 10–12% і поліпшують його якість. Разом із тим надлишкове використання мікродобрив може призвести до накопичення мікроелементів у ґрунтах і сільськогосподарській продукції, викликати негативні екологічні наслідки. З цих позицій найбільш економічними і екологічно безпечними способами використання мікроелементів є передпосівна обробка насіння та позакореневе підживлення рослин завдяки невеликим витратам водорозчинних солей [82, 83].

Серед способів застосування макро- і мікроелементів виділяють: передпосівну обробку насіння, внесення під основний обробіток ґрунту, позакореневе підживлення рослин.

Передпосівна обробка насіння сільськогосподарських культур є одним з найважливіших агротехнічних засобів, які забезпечують збільшення врожайності та покращення якості продукції рослинництва. В сучасних технологіях вирощування сільськогосподарських культур передпосівна обробка насіння озимих зернових мікродобривами разом із протруйниками є необхідною умовою для посіву насіння пшениці. Найкращим способом використання мікроелементів є введення їх до складу звичайних та комплексних мінеральних добрив [211].

Ефективність позакореневого підживлення пшениці озимої визначається можливістю усунення дефіциту мікроелементів у критичні фази розвитку рослин – у період максимального росту і диференціації тканин [13]. Застосування цього агрозаходу в період відновлення весняної вегетації (фази кушіння) зберігається до кінця вегетації та особливо відображається на ростових процесах, фотосинтезі і продуктивності рослин. Чим пізніше проведено підживлення (у період від початку фази колосіння до наливу зерна) – тим менший вплив макро- і мікроелементів на врожайність і більший на його якість [7, 12, 29, 60, 82, 116, 151, 210, 261, 273].

Передпосівна обробка насіння є більш дієвою, ніж просто внесення мікроелементів у ґрунт. Доцільно його проведення одночасно з протруєнням чи бактеризацією [81, 208].

Позакореневе підживлення має проводитись у чіткій відповідності до встановлених рекомендацій, щоб не нашкодити рослині. Об'єм робочого розчину має бути не менше 200–300 л/га, а норми внесення мікродобрив доцільно знизити до мінімально рекомендованих. Обробку потрібно проводити в похмуру, нежарку погоду з температурою до 20°C та достатньою вологістю ґрунту, рано зранку або під вечір. Наявність роси не впливає на ефективність цього заходу. За сприятливих умов через 2–3 години листки всмоктують до 50%

мікродобрив. Необхідно враховувати, що в дощові дні листки більш чутливі до опіків. Це стосується і молодих листків і тих, які більш чутливі до концентрацій робочого розчину, але мають і більший коефіцієнт засвоєння поживних речовин [82, 83, 211].

Встановлено, що за різних способів внесення мікроелементів (у ґрунт у складі основного добрива та у позакореневе підживлення) у посівах кукурудзи на зерно і пшениці ярої на лучно-чорноземному карбонатному ґрунті їх хелатна форма мала значні переваги порівняно з неорганічними солями за внесення як у ґрунт, так і в позакореневому підживленні [117].

Доведено, що позакореневе підживлення комплексним добривом на хелатній основі значно покращує фізіологічні показники, що відповідають за формування кращого фотосинтетичного потенціалу рослин тритикале ярого [164].

За рахунок збалансованого та вчасного проведення позакорневих підживлень в технології вирощування є можливість поліпшити ріст і розвиток сільськогосподарських рослин, підвищити їх продуктивність [54, 244]. Дослідженнями В. І. Оничко показано, що застосування комплексних добрив за подвійної обробки рослин пшениці озимої у фазу початку виходу в трубку і у фазу формування зернівки водорозчинними добривами Нутривант Плюс зерновий і Альфа Гроу-зерновий на фоні  $N_{30}P_{30}K_{30}$  сприяло отриманню додатково 0,15–0,39 т/га урожаю зерна [143]. Я. Т. Скрипник встановив, що локальне внесення перед сівбою  $N_{60}P_{60}K_{60}$  та позакореневе підживлення рослин кукурудзи в фазі 3–5 та 6–7 листків комплексним мікродобривом Реаком Плюс в дозі 4,0 л/га забезпечують підвищення продуктивності культури на 0,5–0,6 т/га [171].

За дослідженнями О. І. Худякова обприскування посівів рідким комплексним добривом Оазис підвищувало врожайність зерна кукурудзи на 1,66–2,97 т/га до контролю та збільшувало вміст у зерні білка [202].

Л. Д. Глущенко [55] показав, що застосування позакореневого підживлення комплексними водорозчинними добривами в умовах

Лівобережного Лісостепу України за нестабільного зволоження дає можливість підвищити продуктивність пшениці озимої на 25,8%, кукурудзи зернової на 12,7%, буряків цукрових на 15,7% і суттєво поліпшити якість продукції.

Таким чином, застосування комплексних добрив за передпосівної обробки чи позакореневого підживлення для підвищення врожайності і якості урожаю сільськогосподарських рослин, зокрема пшениці, є ефективним ресурсоощадним заходом у сільськогосподарському виробництві.

### 1.3. Фізіологічна роль макро- і мікроелементів у рослині

Нині відомо, що у рослинних і тваринних організмах знаходиться більше 70 хімічних елементів. Одинадцять з них – макроелементи (C, H, O<sub>2</sub>, N, S, P, Ca, Mg, K, Na) і один мікроелемент (Se), що складають 99,95% біомаси, тоді як лише 0,05% припадає на долю мікроелементів, які відіграють надзвичайно важливу фізіологічну роль [205].

Відомо, що концентрація у ґрунті і рослинах основних елементів живлення – азоту, фосфору, калію визначає інтенсивність вибіркового поглинання поживних речовин, що виявляється в обміні речовин і зумовлює формування врожаю певної якості. Але, незважаючи на відмінності в кількісній потребі, функції кожного необхідного макро- і мікроелемента в рослинах дуже специфічні, тому жоден поживний елемент не може бути замінений іншим. Дефіцит будь-якого макро- або мікроелемента призводить до порушення обміну речовин і фізіологічних процесів у рослин, погіршення їх росту і розвитку, зниження врожаю та його якості [161, 162].

**Азот** входить до складу всіх амінокислот, нуклеїнових кислот, хлорофілу, вітамінів, ферментів. Рослини засвоюють його з ґрунту у вигляді аніонів NO<sup>-3</sup> та катіонів NH<sup>+4</sup>. Амонійний азот, що надходить у рослину внаслідок реакції амінування й переамінування, вступає в білковий синтез. Нітратна форма азоту в рослині піддається ферментативному перетворенню в аміачну, що, з одного боку, активує синтез білка, а з другого – знижує концентрацію нітратів [121].

Дефіцит і надлишок фосфору негативно впливає на поглинання азоту в органах. Найбільш значна акумуляція азоту в органах спостерігається за умов його зниження в поживній суміші до  $-0,25$  мМ і підвищення – до  $1$  мМ дози фосфору, коли рослини характеризуються різким зростанням нітратвідновної активності коренів та інтенсивності наростання фітомаси органів [183, 184].

**Фосфор** відіграє важливу роль у процесах обміну енергії, диханні і фотосинтезі. Він підвищує біологічну активність ґрунту, сприяючи розвитку ґрунтових мікроорганізмів [72, 75]. Під впливом фосфорних добрив нагромаджується більша кількість захисних речовин, особливо цукрів, що підвищує концентрацію клітинного соку і позитивно позначається на формуванні морозостійкості і зимостійкості рослин. Фосфор збільшує енергію кушіння, густоту продуктивного стеблостою, число колосків і зерен у колосі та його довжину. Цей елемент має здатність поліпшувати якість зерна. Дослідженнями показано, що обробка рослин пшениці озимої фунгіцидом і 3%- м розчином монокалійфосфату окремо та в суміші сприяє підвищенню зернової продуктивності та вмісту білків, а також спричинює позитивний вплив на коефіцієнт виносу азоту та ефективність його використання рослинами пшениці озимої [76].

**Калій** бере участь у процесах синтезу і відтоку вуглеводів в рослинах, обумовлює водоутримуючу здатність клітин і тканин, впливає на стійкість рослин до несприятливих умов навколишнього середовища і ураженість культур хворобами. Калій активізує роботу низки ферментів, з допомогою яких синтезуються білкові речовини і нагромаджуються цукри, що в свою чергу підвищує морозостійкість і стійкість рослин до грибних захворювань.

Головна функція калію в клітині – стимуляція АТФази плазмалемі. Робота цієї протонної помпи залежить від концентрації  $K^+$  в зовнішньому середовищі, так як  $K^+$  зменшує електричний градієнт на мембрані, чим полегшує транспорт  $H^+$  в апопласт із цитозоля, у свою чергу підкислення апопласту послаблює клітинну стінку і активує ріст. Зниження вмісту калію в поживному розчині від  $3$  до  $1,5$  ммоль/л пригнічує ацидофікуючу активність коренів, але сприяє

інтенсивному поглинанню азоту і наростанню маси органів, зростанню нітратвідновної активності коренів і редокс-потенціалу плазмалемі [185, 188].

**Кальцій** відіграє важливу роль у фотосинтезі [187] і пересуванні вуглеводів, у процесах засвоєння азоту рослинами. Він бере участь у формуванні клітинних оболонок, обумовлює обводненість і підтримку структури клітинних органел. Кальцій посилює обмін речовин, відіграє важливу роль у нагромадженні вуглеводів, позитивно впливає на ріст надземних органів. Кальцій легко утворює комплекси з мембранними білками, стабілізує їх і контролює пасивний транспорт крізь канали мембран. Кальцій регулює водний баланс клітин, збільшує в'язкість цитоплазми, а також захищає її від кислот, утворюючи з ними нерозчинні солі. Кальцій включає важливі клітинні функції, що залежать від його концентрації в цитоплазмі: іонний баланс, експресія генів, мітоз, обмін вуглеводів, секрецію [188].

**Магній** входить до складу хлорофілу, бере участь у пересуванні фосфору в рослинах і вуглеводному обміні, впливає на активність окислювально-відновних процесів. При нестачі магнію знижується вміст хлорофілу в зелених частинах рослин і розвивається хлороз між жилками листка. Магній входить до складу хлорофілу, бере активну участь у процесі фотосинтезу. Хлорофіл містить 15–30% усього магнію, що засвоюється рослинами. Він активує ферменти, які забезпечують білковий і вуглеводний обміни. Магній особливо важливий для засвоєння NPK у великих кількостях при вирощуванні за інтенсивною технологією [82].

**Сірка** в рослинах знаходиться у складі білків та інших органічних сполук. Вона бере участь в азотному, вуглеводному обміні рослин, синтезі жирів і процесі дихання. Сірка входить до складу майже всіх білків, вітамінів. Вона бере участь у деяких окисно-відновних процесах та істотно впливає на білковий обмін. За дефіциту сірки в живильному середовищі припиняється відновлення та асиміляція азоту рослинами. Якщо співвідношення N:S у зерні пшениці озимої перевищує 15, то спостерігається нестача сірки і затримується процес утворення

білків. [59], що затримує ріст і розвиток рослин та призводить до зменшення урожайності і погіршення якості зерна.

За рівнем засвоєння рослинами сірка посідає четверте місце після азоту, калію і фосфору. Рослини засвоюють сірку впродовж вегетації, а найбільше – до фази цвітіння [201]. Через те що вноситься менше сірковмісних добрив, показники балансу сірки мають від'ємні значення. У Лісостепу надходження її з мінеральними добривами коливається в межах 17,9–23,6, а з органічними – 3,0–4,3 кг/га [35].

**Залізо** за кількісним вмістом можна віднести до макроелементів, а за його функціями – до мікроелементів [82]. Залізо входить до складу окислювально-відновлюваних ферментів рослин і бере участь у синтезі хлорофілу, процесах дихання та обміну речовин. Залізо споживається рослинами у найбільшій кількості й виноситься – від 0,6 до 9,0 кг/га. Нестача заліза призводить до зменшення інтенсивності фотосинтезу.

Аналіз літературних джерел свідчить про те, що у розвитку вчення про макро- і мікроелементи величезну роль зіграли два відкриття. Перше – важливим для розуміння фізіологічної ролі макро- і мікроелементів, було виявлення того факту, що вони входять до складу ферментів і, активуючи їх, відіграють надзвичайно важливу роль у обміні речовин. На сьогодні відомо, що близько 200 ферментів, тобто  $\frac{1}{3}$  від їх відомої кількості, активується мікроелементами. Відомо, що мідь і залізо є компонентами таких ензимів, як бутирил-СоА-дегідрогеназа, ДПН-цитохром-с-редуктаза, дегідрогеназа фумарової кислоти, сукциндегідрогеназа, нітритредуктаза (*Escherichia coli*), дегідрогеназа (*Azotobacter vinelandii*), нітритредуктаза і гіпонітритредуктаза (*Neurospora crassa*), нітритредуктаза і нітриоксидаза (*Pseudomas stutzeri*), молібден-нітратредуктаза (*Escherichia coli*, *Neurospora crassa*), а марганець є компонентом гідроксиламінредуктази і дегідрогенази [205]. Крім того, марганець і магній активують ензими вуглеводного обміну (галактокіназу, фруктокіназу, глюкокіназу, гексозокіназу, фосфоглюкомутазу, кіназу фосфогліцеринової кислоти, енолазу) та ензими циклу лимонної кислоти (піровиноградну

карбоксілазу і оксидазу, щавелевооцтову декарбоксілазу, ізолимонну і янтарну дегідрогеназу,  $\alpha$ -кетоглутарову оксидазу), а також різноманітні реакції фосфорилування.

Другим, не менш важливим відкриттям у розвитку вчення про мікроелементи, було виявлення їх здатності утворювати з органічними сполуками органо-мінеральні комплекси (хелати), які відіграють важливу роль у процесах внутрішньоклітинного обміну. Показано, що у комплексних сполуках активність мікроелементів зростає у сотні, тисячі та навіть – у мільйони разів у порівнянні з їх іонною формою. Відбувається це завдяки утворенню хімічних зв'язків між іонами мікроелементів та окремими групами молекул білків або при виникненні по сусідству з іоном електростатичних полів, що супроводжується частіше за все зміною конфігурацій білкових молекул та властивостей іонів. Різні мікроелементи утворюють хелати неоднакової стійкості. Згідно з даними Г. Я. Рінкіса [161] за здатністю утворювати хелати, метали розташовуються у наступному порядку (по спадаючій величині):  $\text{Cu} > \text{Ni} > \text{Co} > \text{Zn} > \text{Cd} > \text{Fe} > \text{Mn} > \text{Mg}$ . Але найбільш вивченими є сполуки бору, міді, заліза і молібдену з органічними речовинами. Показано, що борна кислота легко утворює хелати по типу ефірного зв'язку зі спиртами, вуглеводами, оксикислотами та низкою інших внутрішньоклітинних сполук. Бор вступає навіть у хімічний зв'язок з АТФ.

На сьогодні відомо, що важливою комплексною хелатоутворюючою сполукою є етилендіамінтетраоцтова кислота (ЕДТА), яка утворює комплекси майже з усіма металами [2, 14]. Найбільш важливими із них є Fe-ЕДТА, який використовується для боротьби з хлорозами при нестачі заліза, а також Na-ЕДТА, Cu-ЕДТА, Zn-ЕДТА, Mn-ЕДТА, Mo-ЕДТА, які застосовуються як мікродобрива для позакореневих підживлень. Важливим хелатоутворювачем, який використовується в сільськогосподарській практиці для боротьби з хлорозом винограду і плодових дерев є також диетилентриамінпентаоцтова кислота (ДТПА). Встановлено, що такі сполуки, як хлорофіл, геміни (складові



частини гемоглобіну) і ферменти, які містять Fe, Cu, Mg, Co також є хелатами. Як відомо до залізовмісних ферментів відносяться – пероксидаза, каталаза разом із групою цитохромів та такі, що містять Cu – поліфенолоксидаза і аскорбіноксидаза [48].

**Марганець**, як залізо, мідь та молібден, має змінну валентність. Спочатку вивчали його локалізацію в клітинних структурах листків, передбачаючи, що із цим пов'язана важлива роль Mn у фотосинтетичних реакціях. За даними П. А. Власюка, основна маса марганцю знаходиться в цитозолі і хлоропластах, а при розрахунку на суху речовину – в хлоропластах і мітохондріях [46]. В його дослідженнях показано, що в гомогенатах тканин марганець перебуває переважно в іонному стані, а в живих тканинах – у структурно зв'язаній формі [49]. При дефіциті марганцю водночас із пригніченням інтенсивності транспірації і ростових процесів спостерігається зменшення вмісту нуклеїнових кислот у рослинних клітинах [103]. При цьому відмічено зменшення вмісту аскорбінової кислоти в листках і зростання інтенсивності виділення стресового етилену [258]. За цих умов змінюється також гетерогенність основної генетичної субстанції рослин – хроматину. При надлишку цього елемента в поживній суміші спостерігається порушення двохспіральної структури ДНК та зменшення її оптичної густини. Виявлено, що надлишок марганцю є одним із стресових факторів для рослин, які вирощувались на кислих ґрунтах [3, 253]. Збільшення його вмісту у поживному розчині від 0,1 до 1,0 мМ викликає зменшення вмісту у листках фотосинтетичних пігментів [249] та інтенсивності фотосинтезу в листках чутливих до його вмісту сортів рослин [253].

Вивчення впливу марганцю на продуктивність сільськогосподарських культур показало, що позитивна його дія у певних концентраціях зумовлена зростанням інтенсивності фотосинтезу [46]. Доведено, що внесення марганцю в польовій сівозміні на опідзоленому чорноземі сприяло підвищенню врожаю зерна пшениці озимої на 11%, а вмісту білка і клейковини в ньому – на 1,4% і 2,7% відповідно [194]. Оптимальна доза марганцю при внесенні його в ґрунт є 5,0 кг/га, а при позакореновому підживленні – 1,0 кг/га [224].

Експериментально доведена позитивна дія **бору** на  $\text{CO}_2$ -газообмін, вміст хлорофілу *a*, ступінь відкриття продихів, транспірацію та акумуляцію в листках азоту, проліну, цукрів і крохмалю [246, 279, 282]. Показано, що бор сприяє збільшенню кількості та розмірів хлоропластів. Велике значення для пізнання фізіологічної ролі бору мають дослідження, виконані під керівництвом О. П. Кибаленко [99]. В результаті проведених досліджень встановлено нерівномірний розподіл бору в коренях і надземних органах цукрових буряків. Показано, що в листках його вміст завжди вищий, ніж у коренях. Дефіцит бору призводить до пригнічення поглинання клітинами коренів глюкози [257] та зменшення вмісту  $\text{Ca}^{2+}$ , зв'язаного з плазматичною мембраною. При цьому спостерігалось збільшення кількості вільного калію і кальцію в апопласті [260].

Найбільш важливими відомими функціями бору в рослинах є його участь у транспорті цукрів, синтезі клітинних стінок і їх лігніфікації, вуглеводному і РНК-обміні, метаболізмі ІОК і фенолів, процесах дихання та формування і підтримці функцій клітинних мембран, тканин і органів рослин [236, 252, 280].

Бор, як і молібден, позитивно впливає на активність нітратредуктази у листках цукрових буряків, олійного ріпаку та сої [178, 281].

Показано, що в клітинах рослин бор знаходиться у водорозчинній і нерозчинній формах [217]. Водорозчинний, як і нерозчинний бор, що зв'язаний із двома молекулами борату, локалізований не у протоплазмі, а у клітинних стінках [259]. Значна кількість бору виявлена у ксилемі, що вказує на його зв'язок з транспіраційним током. Обмеженим є вміст бору у флоемі [280].

За даними D. G. Blevins, більша частина бору (до 90%) знаходиться у клітинних стінках у складі боратових ефірів з ОН-групами, вуглеводів або глюкопротеїдів. Він бере участь в утворенні полімерів з рибозою, манозою, фруктозою [220]. Вміст бору в клітинах тісно корелює з пектином. Борвмісний пектиновий полісахаридний комплекс  $\beta$ -рамінгалактурон є екскмозивним полісахаридом, що знаходиться у клітинних стінках. В мембранах клітин бор стимулює активність АТФази і НАДН-оксидази, посилює гіперполяризацію

мембран [260]. Передбачається, що бор, посилюючи поглинання калію, активує  $H^+$ -АТФазу, що і призводить до гіперполяризації мембран клітин коренів [276].

Поглинання бору рослинами відбувається пасивно – при достатньому його забезпеченні і активно – при його низькому вмісті в поживній суміші [233, 251].

Важливими є дані про те, що дефіцит бору викликає порушення мембранних структур і цим самим призводить до зростання інтенсивності витікання калію з клітин та пригнічення виділення протонів [291]. Припускається, що бор може контролювати зв'язування ауксину з мембраною або впливати на сигнальну трансдукцію [239]. Показано, що зниження вмісту аскорбінової кислоти в апопласті при зростанні у 4–10 разів заліза в кінчиках коренів за дефіциту бору пов'язано зі зниженням відновлювального потенціалу апопласту [221].

Передбачається, що участь бору як сильного комплексоутворювача в обміні речовин необхідно розглядати у зв'язку з його впливом на кальцієвий метаболізм [124, 237].

Встановлено, що у рослинах і ґрунті бор знаходиться у вільному, напіввільному і зв'язаному стані зі сполуками, які містять гідроксильну групу, а саме – пентозами, гексозами, органічними кислотами (яблучна, лимонна, винна) і фенольними кислотами (галова, протокатехова, кавова) [235].

Під впливом підвищеного надходження бору знижується швидкість поглинання і накопичення основних мікроелементів [262, 292].

У зв'язку з тим, що більшість ґрунтів України характеризуються низьким вмістом бору, важливими є дослідження впливу способів внесення необхідних доз цього мікроелементу на формування продуктивності сільськогосподарських культур. Аналіз літературних джерел свідчить про суперечливість результатів дослідження різних авторів щодо вирішення цієї проблеми. Встановлено, що передпосівна обробка насіння мікродобривами є основним способом їх застосування. Але, для вирощування високих урожаїв цукрових буряків на легкосуглинному ґрунті з вмістом бору 0,12–0,23 мг/кг рекомендовано вносити

бор у ґрунт [204]. Із трьох доз – 1,2 і 4,0 кг/га самий високий урожай було отримано при нормі внесення  $N_{160}P_{100}K_{300}+B_4$  [223].

**Мідь** займає особливе місце у життєдіяльності рослин. Зокрема, вона входить до складу найважливіших окиснювальних ферментів – поліфенолоксидази, аскорбіноксидази, лактази, дегідрогенази, цитохромоксидази, супероксиддисмутази та інших. Всі ферменти, до складу яких входить мідь, здійснюють реакції окиснення переносом електронів із субстрату до молекулярного кисню, який є їх акцептором. У зв'язку з цим валентність міді в окисно-відновних реакціях змінюється від двохвалентного до одновалентного стану і навпаки [7, 80].

Різні сільськогосподарські культури відрізняються за чутливістю до дефіциту міді. Рослини, які сильно реагують на дефіцит міді можна розмістити наступним чином: пшениця > ячмінь > овес > кукурудза > морква > буряк > цибуля > шпинат > люцерна > білокачанна капуста. Середньою чутливістю до дефіциту міді характеризуються картопля, помідори, конюшина червона, квасоля, соя [7].

Мідь відіграє важливу роль у фотосинтезі. Вона входить до складу білка пластоціану – донора електронів ФС I, а також ферментів тирозинази і лакази, які окислюють рослинні феноли. Вміст міді у листках значно вищий, ніж у коренях [256]. У листках мідь знаходиться головним чином у хлоропластах [265]. Показано, що за дії міді спостерігалось зростання активності пероксидази, синтезу білків, вуглеводів і жирів [145], а також вмісту хлорофілу у листках рису [283] і дині [93], реакції Хіла, інтенсивності фотосинтезу і транспірації рослин сафлору [266]. Показано, що передпосівне замочування насіння дині у розчинах міді, як і цинку та марганцю, сприяло підвищенню інтенсивності дихання проростків [93]. Суперечливими є дані про вплив різних доз міді на інтенсивність досліджуваних фізіологічних процесів. Так, при вивченні впливу різних доз міді на флуоресценцію хлорофілу листків смілки і талабана встановлено зростання фотохімічної активності хлоропластів при дозі міді 8 мкМ та сильне її пригнічення при підвищенні дози до 160 мкМ [263]. При дослідженні ж дії міді

на виділення кисню і флуоресценцію хлорофілу у дослідах з хлоропластами гороху показано, що інгібування досліджуваних процесів відбувається при підвищенні концентрації міді у поживному розчині в межах від 5 до 20 мкМ [265]. Однак при концентрації 160 мкМ міді спостерігається інгібування фотосинтезу і зниження вмісту хлорофілу і кальцію [264]. Надлишок міді впливає на рівновагу між фотоінгібуванням і відновленням, викликаючи зниження стабільної концентрації активних центрів ФС II освітлених листків [267]. В той же час при низькій забезпеченості міддю зменшується вага всієї рослини і вміст в листках хлорофілу, послаблюється активність ферментів поліфенолоксидази і підвищується активність рибонуклеази і пероксидази [230].

Показано вплив різних концентрацій міді на вміст вуглеводів і білків у кореневій витяжці. Також показано, що обробка рослин розчином міді (1,0 і 10,0 мг/л) призводить до різкого збільшення вмісту білка у зерні [200].

Важливими є дані, що свідчать про зв'язок між поглинанням міді і зміною активності Cu-хелатредуктази (AMXP), а також дії міді на відновлення хелатів заліза [218]. Виявлено, що додавання міді у поживний розчин активує редокс-систему плазматичної мембрани клітин коренів ячменю, полегшуючи тим самим відновлення хелатів міді і заліза. При збільшенні міді в поживному розчині від 0,05 до 0,1; 0,2; 0,4 і 0,8 мкМ спостерігалось зниження концентрації цинку і азоту в листках огірків [243]. Дослідженням розподілу міді в органах рослин показано, що її висока концентрація знаходиться у коренях, а мінімальна – в зернівках [100].

Мідь слабо впливає на поглинання  $K^+$  рослинами при низькій його концентрації в поживному розчині, але пригнічує цей процес при високих його концентраціях, блокуючи транспортну систему на поверхні розділу симпласт – ксилема [227]. Мідні добрива підвищують вміст суми незамінних амінокислот [105]. Обробка рослин ячменю міддю специфічно впливає на активність пірофосфатази протонної помпи [219]. Низькі концентрації міді збільшують, а високі – зменшують активність  $\beta$ -глюкозидази [215].

**Цинк**, який є компонентом 800 ферментів, впливає на білковий, вуглеводний і фосфорний обмін рослин. Він входить до складу таких ферментів, як протеази, амінопептидази, карбоксипептидази, дегідрогенази, ізомерази, альдолази, РНК- та ДНК-полімерази, а в хлоропластах цинк активує карбоангідразу, що каталізує гідрування діоксиду вуглецю в бікарбонат.

Дослідженнями П. А Власюка, Е. В. Рудакової та інших показано, що серед органів рослин найбільшим вмістом цинку відрізняються старі листки, стебла і насіння, а серед клітинних структур – оболонки [197, 268]. Проте відомо, що більш висока концентрація цинку, як і марганцю, знаходиться в коренях, ніж у листках [269]. А серед клітинних структур найбільш значною концентрацією цинку відрізняються вакуолі і незначний вміст його виявлено у клітинних стінках [289]. Здатність цинку утворювати ліганди з органічними кислотами, зокрема – цитрамону, розглядається як основний механізм зниження його активності у вакуолі [290].

Встановлено наступний розподіл цинку в тканинах листків: 400 Мм – у клітинах епідермісу, 100 Мм – у мезофілі і 365 Мм – у вакуолях [250].

Виявлено, що при наявності цинку у середовищі спостерігається пригнічення активності  $K^+$ - каналів, тобто цинк блокує їх функцію [245].

Відомі дані, що вміст цинку у зерні злакових становить 7,9–8,0 мг/кг [238]. При застосуванні ж цинкових добрив вміст цинку в насінні ячменю може зростати від 10 до 20 і 30 мг/кг [248].

Показано чутливість пшениці ярої до передпосівної обробки насіння. Внесення цинку збільшує продуктивність рослин [81]. Обробіток насінин пектином і мікроелементами значно підвищував енергію проростання. Хелати цинку і кобальту сприяли активізації росту і підвищенню врожаю пшениці озимої і сої на 4,0–5,0 ц/га [85]. Культури, вирощені із насіння з підвищеним вмістом цинку, давали високі врожаї при вирощуванні на ґрунтах з низькою його забезпеченістю [270]. Внесення органічного добрива і 25 кг/га  $ZnSO_4$  позитивно впливало на врожай сільськогосподарських культур [229].

Чисельні дослідження свідчать про негативний вплив дефіциту цинку на процеси росту і урожай рослин [238, 248]. Миттєву реакцію рослин на його дефіцит (0,12 мкМ проти 77 мкМ у поживній суміші) було встановлено при вивченні ростових процесів кукурудзи [275]. Пригнічення росту стебла і інших органів кукурудзи було відмічено на сьому добу проростання. Виявлено, що зменшення концентрації цинку в органах рослин негативно впливає на вміст ІОК. Крім того, у цинк-дефіцитних рослин томатів відмічено також зниження вмісту ГК і АБК в листках. Цинк у культуральному середовищі прискорював індуковане ІОК коренеутворення [285].

При дефіциті цинку спостерігалось зниження вмісту хлорофілу і каротиноїдів у листках пшениці і кукурудзи [274, 275], пригнічення інтенсивності фотосинтезу та активності карбоксилюючих ферментів і карбоангідрази [159, 228]. Показано, що оптимальним вмістом цинку у поживному середовищі є концентрація 0,5–0,8 мкМ [278], а серед злакових культур найбільш чутливими до дефіциту цинку є рослини пшениці твердої [269].

**Молібден** бере участь у процесах фіксації молекулярного азоту бобовими в симбіозі з бульбочковими бактеріями і відновленні нітратів у рослинах. Він також бере участь у синтезі амінокислот і білків, регулює процес трансформації азоту в рослині, активізує проходження окисно-відновних процесів у рослинах, бере участь у вуглеводному обміні та в обміні фосфорних сполук, синтезі вітамінів. Молібден сприяє засвоєнню азоту і фосфору, поліпшує живлення рослин кальцієм, покращує засвоєння заліза та підвищує вміст білка у рослинній продукції [82].

**Літій** відіграє позитивну роль в регуляції деяких процесів білково-нуклеїнового обміну, сприяє збільшенню вмісту азотистих сполук. Показано, що при внесенні у ґрунт та позакореневій обробці літєм, зростає вміст інгібітора трипсину, що розглядається як фактор опосередкованої дії літію у підвищенні вмісту білка у зерні пшениці озимої [183].

Таким чином, макро- і мікроелементи відіграють важливу фізіологічну роль у рослинному організмі, а тому дефіцит будь-якого з них призводить до порушення обміну речовин рослини, погіршення її росту і розвитку, зниження врожаю та його якості.

#### **1.4. Електрогенний транспорт на рівні рослинного організму і механізми його регуляції**

Вивченню механізмів регуляції електрогенного транспорту в рослинах присвячено низку робіт [118, 140, 141, 144, 160, 225, 247, 271, 272]. Окисно-відновні (редокс) реакції в клітинах живих організмів відбуваються, коли електрон ( $e^-$ ) переноситься від донорних субстратів до акцепторних. Протягом останніх десятиліть дослідники редокс-реакцій сфокусували свою увагу на мітохондріях, хлоропластах і ендоплазматичному ретикуліумі. Проте транспорт  $e^-$  відбувається також на плазматичній мембрані (ПМ) як в рослинних, так і в тваринних клітинах. Вони припускали, що поглинання аніонів і супутня стимуляція дихання контролюються ланцюгом цитохромів на мембрані. Дослідження вчених у напрямі аніон-зв'язаного дихання висвітлили важливі аспекти локалізації і значення ПМ редокс-активності [272]. Більшість з них привернули увагу до розвитку систем аналізу редокс-активностей на ПМ, очищення і визначення компонентів, що відповідають за цю активність.

Відомо, що активний транспорт  $H^+$  в плазмалемі рослинних клітин може здійснюватися  $H^+$ -АТФазою або редокс-системами. Дослідженнями було показано, що у ролі електрогенного протонного насоса плазмалеми, окрім  $H^+$ -АТФази, може виступати редокс-ланцюг плазмалеми [140, 141, 144, 208, 209], складовими компонентами якого у фракціях плазматичних мембран є флавіни, цитохроми *b* і *c* та виділений білковий комплекс, що має НАДН-оксидазну активність. Також виявлені редокс-реакції в плазмалемі, як в фотосинтезуючих, так і гетеротрофних клітинах [141]. На рахунок участі редокс-ланцюгу в роботі електрогенного  $H^+$ -насоса плазмалеми і формування мембранного потенціалу



клітин єдиної думки у дослідників немає. Результати дослідів, що моделюють роботу редокс-ланцюгу плазмалеми рослин *in vitro*, показали, що додавання НАДН<sub>2</sub> в середовище викликає у мембранних везикулах клітин колеоптілей кукурудзи генерацію мембранних потенціалів («плюс» усередині везикул), по знаку і величині з АТФ-залежним потенціалом на тих же везикулах [144].

Деполаризація плазмалеми в ході фериціанідредуктазної реакції дає підстави вважати, що фериціанід, конкуруючи з редокс-ланцюгом за електрони, перешкоджає виконанню даною системою функції електрогенного протонного насоса. Оскільки відновлення фериціаніда відбувається позаклітинно, воно повинно приводити до порушення трансмембранного розділення  $\bar{e}$  і  $H^+$  [240]. Отже, вихід  $H^+$  з клітини супроводжується лише закисненням зовнішнього середовища. Дослідники припускали, що відновлення фериціаніда і підкислення середовища, яке спостерігається при цьому, обумовлено двома різними механізмами: первинним транспортом тільки  $\bar{e}$  до фериціаніду, що приводить до деполаризації мембрани (за рахунок збільшення концентрації  $H^+$  у цитоплазмі) і подальшим виходом  $H^+$ , здійснюваним  $H^+$ -АТФазою, яка активується внутрішньоклітинним підкисненням і деполаризацією. Це підтверджують, зокрема, результати дослідів з інгібітором  $H^+$ -АТФазної активності еритрозином В [240].

В. А. Опрітов із співавт. [144], узагальнюючи результати попередніх досліджень, відмічали, що у первинних гіпотезах електронного транспорту  $H^+$ -АТФаза вважалася єдиною електрогенною системою плазмалеми. Нині ж достовірно відомо, що протон-рушійна сила – градієнт електрохімічних потенціалів  $H^+$  іонів утворюється не лише завдяки функціонуванню протонної  $H^+$ -АТФази, а й редокс-системи, вихідною ланкою електрогенного транспорту іонів в якій є відновлені піридиннуклеотиди НАДН<sub>2</sub> і НАДФН<sub>2</sub> та цитохроми *b* і *c*. Крім того, передбачається існування цілої низки окремих редокс-активностей з різною специфічністю до піридиннуклеотидів.

Результатами чисельних досліджень показано існування адитивної дії ауксину і органічних кислот на виділення  $H^+$  і рістрозтягуванням [122, 240]. Тому

дослідження залежності процесів росту і виділення протонів клітинами рослин продовжуються. Цьому сприяє поява нових методів дослідження електрогенезу рослин та зміна уявлень про значення АТФаз у секреції протонів.

Нині важливими є результати, які отримані при з'ясуванні значення іонних каналів у трансдукції ауксинового сигналу. Встановлено, що ІОК стимулює вихід протонів не прямо, а через послідовну активацію аніонних, кальцієвих і Са-залежних  $K_{out}$ -каналів [122]. Показано, що збільшення вмісту  $Ca^{2+}$  в цитоплазмі активує Са-залежні  $K_{out}$ -канали і вихід  $K^+$  із клітин, що у свою чергу сприяє зростанню активності  $H^+$ -АТФази і гіперполяризації плазмалеми.

Згідно даних А. Ф. Терещенко [176, 177], ІОК – індукований ріст і вихід  $H^+$  із клітин при зниженні рН необхідно розглядати у зв'язку зі зміною інтенсивності і напрямку метаболічних процесів.

Отже, питання про залежність між електрогенним транспортом  $H^+$  іонів і ростом клітин потребує подальшого дослідження.

У природних умовах, коли рослини отримують необхідні мінеральні речовини з ґрунту, їх корені знаходяться у складній системі біологічних і фізико-хімічних взаємовідносин із ґрунтовими часточками, ґрунтовим розчином та ґрунтовими мікроорганізмами і грибами. Іони мінеральних солей можуть надходити до клітин коренів як із ґрунтового розчину, так і в результаті контактного обміну з ґрунтовими частинками.

Іонообмінні властивості клітин коренів, обумовлені наявністю у їх складі целюлози, геміцелюлози і пектинових речовин, які містять негативно заряджені карбоксильні групи. В результаті цього клітинні стінки притягують позитивно заряджені катіони. Встановлено, що надходження катіонів і аніонів крізь клітинну стінку ризодерми пов'язане зі здатністю плазмалеми у симпорті і антипорті обмінювати  $H^+$  на катіони зовнішнього середовища, а також аніони  $HCO_3^-$  ( $OH^-$ ) або аніони органічних кислот на аніони мінеральних речовин. Тісний контакт між клітинними стінками ризодерми і ґрунтовими частинками відбувається завдяки відсутності у ризодермі захисних покривних утворень, зокрема кутикули, так і виділенню волосками слизу [130, 152, 154, 211].

Першим найбільш швидким етапом поглинання елементів живлення вважається обмінна адсорбція іонів у клітинних стінках. Здатність рослин до обмінної адсорбції і контактного іонообміну визначається обмінною ємністю коренів і залежить від хімічного складу кореневих виділень й клітинних оболонок та підтримується безперервним синтезом нових речовин і їх транспортом крізь цитоплазматичну мембрану [130].

Завдяки тісному контакту між оболонками сусідніх клітин формується єдина система клітинних стінок, що називається апопластом, завдяки якому відбувається ближній транспорт речовин між клітинами. Крім того, в рослинах функціонує єдина цитоплазматична система: клітина – тканина – орган, яка називається симпластом. Функціонування цієї системи обумовлено існуванням у клітинних оболонках пор діаметром до 1 мкм, що пронизані тяжами-плазмодесмами, які дозволяють контакт між клітинами. Міжмолекулярний простір у клітинних стінках, де здійснюються процеси дифузії та іонної адсорбції разом з поверхнею плазмалемми отримав назву водного вільного простору (ВВП), який займає 5–10% від об'єму рослинних тканин і відіграє важливу роль у поглинанні і транспорті іонів [130, 152].

Вважається, що надходження іонів до вільного простору апопласта відбувається завдяки масовому потоку, дифузії і адсорбції. [130, 209, 211].

Вміст мінеральних речовин у клітинах не відповідає концентрації їх у зовнішньому середовищі, оскільки одні іони поглинаються коренями у більшій, а інші – у меншій кількості в залежності від потреб рослинного організму [211]. З цієї причини в різних органах рослин накопичується неоднакова кількість макро- і мікроелементів. Так, концентрація фосфору у тканинах може перевищувати його вміст у поживному розчині ґрунту у 1–10 тисяч разів, калію і азоту – у 80 і 170 разів, а кальцію і магнію – у 56 і 7 разів відповідно [152]. Методом радіоактивних ізотопів і емісійного спектрального аналізу була встановлена здатність рослини накопичувати в органах окремі мікроелементи у великих кількостях при незначному їх вмісті у ґрунті. У плодах огірків,

наприклад, виявлено високий вміст срібла, у помідорах – цирконію, у капусті – йоду і молібдену, у часнику – ванадію, а у зерні кукурудзи – золота [47].

Вибіркове поглинання і накопичення іонів в клітинах і органах свідчить про те, що мінеральне живлення рослин в цілому – це складний ланцюг біофізичних, біохімічних і фізіологічних процесів зі своїми прямими і зворотними зв'язками, а також системами регуляції, багато із яких на сьогодні вивчено недостатньо [130].

Пасивний транспорт речовин через плазмалему здійснюється шляхом дифузії за електричним і концентраційним градієнтами і відбувається тоді, коли концентрація їх у зовнішньому середовищі вища, ніж у рослинах. Активний транспорт здійснюється проти електрохімічного градієнта із затратою метаболічної енергії за участю електрогенних  $H^+$ -насосів ( $H^+$ -АТФаза,  $Na^+$ -,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ -АТФази і аніонні АТФази) і редокс-ланцюгів, які створюють електричний і хімічний градієнти іонів  $H^+$  ( $\Delta pH$ ). Електричний потенціал іонів  $H^+$  (мембранний потенціал) витрачається на транспорт катіонів і аніонів по електрохімічному градієнту проти концентраційного [9, 130, 152, 208, 234].

У роботах деяких дослідників наведено узагальнення літературних і експериментальних даних щодо механізмів поглинання, транспорту і акумуляції іонів в органах рослин (рис. 1.1.) [130]. Автори відмічають, що у поглинанні, транспорті і метаболізмі мікроелементів, як і макроелементів, можна виділити наступні етапи:

- збагачення іонами апопласту, яке проходить за рахунок обмінної адсорбції, дифузії та пасивної фізико-хімічної адсорбції;
- активне подолання іонами мембранного бар'єру і їх надходження у симпласт;
- радіальне переміщення іонів по тканинам кореня і судинно-волокнистим пучкам;
- вертикальне переміщення іонів по стеблах, черешках і жилках листків;
- надходження іонів із зовні і їх включення у метаболізм фотосинтезуючих клітин, їх утилізація і реутилізація та відтік у репродуктивні органи;

– транспорт іонів і асимілятів вниз по флоемі в корені.

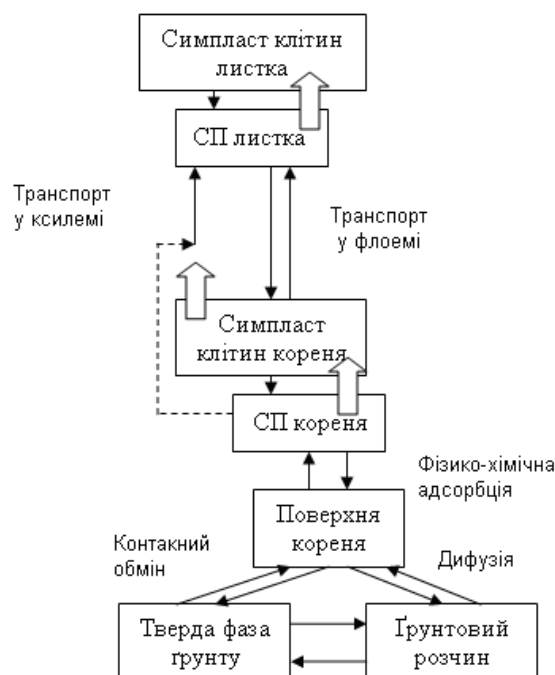


Рис. 1.1. Загальна схема надходження і транспорту іонів у рослині [130].

Одне із важливих питань, якому приділяють увагу дослідники, є виділення мікроелементів клітинами коренів назовні [130]. Досліджено, що виділення макроелементів (азоту, фосфору і калію), як і їх поглинання клітинами коренів, залежить від факторів довкілля. Виявлена добова ритмічність поглинання і виділення клітинами коренів огірка основних макроелементів [106]. Встановлено, що інтенсивність поглинання і виділення у зовнішнє середовище азоту, фосфору і калію залежить від їх концентрації у поживному розчині [106]. При вивченні виділення бору у зовнішнє середовище за різної забезпеченості ним рослин рису показано, що його інтенсивне виділення спостерігається за високого рівня цього елементу у поживній суміші [233].

На сьогодні дослідження питання радіального транспорту іонів продовжується, оскільки недостатньо з'ясованими залишаються фізіолого-біохімічні особливості транспорту іонів до ксилеми та її завантаження [152]. Хоча добре відомо, що шляхом дифузії і обмінної адсорбції іони надходять до клітинних стінок ризодерми і після – через корову паренхіму по апопласту і

симпласту – до провідних пучків. Рух іонів по апопласту шляхом дифузії і обмінних процесів, який прискорюється потоком води, припиняється в ендодермі. Єдиним подальшим шляхом транспорту речовин через ендодерму стає симпласт, де забезпечується метаболічний контроль їх надходження. Найбільш активної мобілізації зазнають речовини, які містять азот, вуглець, фосфор і в меншій мірі – сірку, кальцій, хлор. Інші іони метаболічного контролю практично не зазнають [152, 209, 211].

Актуальними є також дослідження значення у симпластному транспорті вмісту вакуолей, які в певній мірі конкурують із судинами ксилеми за поглинання речовин. Передбачається, що регуляторна функція вакуолей може залежати від міри насичення їх розчинними речовинами. Крім того, вакуолі розглядаються як запасний фонд поживних речовин при зниженні їх концентрації [152, 209].

Відомо, що електрохімічний градієнт протонів по обидва боки плазмалеми є суттєвим складником протон-рушійної сили, що бере участь у підтриманні гомеостазу як на рівні клітини, так і на рівні цілого рослинного організму. Обмін поживними речовинами між клітинами корневих волосків і ґрунтовим розчином досить складний і багатогранний процес, що залежить від багатьох чинників суттєвими серед яких є окисно-відновні процеси, що протікають на мембранах клітин [209]. Багатьма дослідниками встановлено, що функціонування цих механізмів відбувається також за рахунок окисно-відновної активності редокс-ланцюгів, які складаються з НАД·Н, НАДФ·Н та цитохромів *b* і *c* [152, 209].

Регуляція гомеостазу рослинним організмом – активний процес, оскільки рослини підтримують концентраційний баланс вмісту іонів у цитоплазмі, незважаючи на значні коливання іонного складу ґрунту на всіх рівнях рослинної організації: від клітинного до організмового. Відомо, що першочерговим механізмом, що підтримує гомеостаз на клітинному рівні є регулювання вакуолярного вмісту та перенос крізь плазматичну мембрану. В зв'язку із цим зміни вакуолярного і цитоплазматичного вмісту іонів поживних речовин

служать сигналом для координації процесів активного поглинання і транспорту речовин у донорно-акцепторній системі рослини. Координація процесів активного транспорту на різних рівнях організації рослинного організму відрізняється високою комплексністю [211].

Відомо, що фітогормони відіграють регуляторну роль, координуючи іонний транспорт й розподіл елементів живлення між органами. З цього приводу цікаві дослідження стосовно впливу ІОК на секрецію  $H^+$ -іонів відрізками колеоптилів, що підтверджувались інгібіторним аналізом з використанням ортованадату і діетилстильбестролу, який показав зниження закислення інкубаційного розчину ІОК на 60% та електропозитивізацію біоелектричного потенціалу і ріст відрізків як таких. Також відомо, що ауксин зв'язується з рецепторами на поверхні плазмалемі та індукує відкриття  $Ca^{2+}$  каналів, що знижували ауксинзалежну біоелектричну реакцію, що також було підтверджено даними інгібіторного аналізу [152].

Таким чином, аналіз літературних даних свідчить про значний вплив макро- і мікроелементів на активність ферментних систем, інтенсивність фотосинтетичних процесів, органогенез і продуктивність рослин [24]. Проте в меншій мірі вивчено їх дію на активність процесів, які протікають у кореневій системі та майже зовсім відсутні дані про їх дію на електрогенез і протон-рушійну силу ( $\Delta\mu_{H^+}$ ) клітин коренів. Зважаючи на це, важливим є подальші дослідження дії комплексних добрив на окремі складові мембранного транспорту: ферицианідвідновлювальну активність і вихід протонів з клітин коренів, інтенсивність поглинання катіонів  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ , активність компонентів антиоксидантної системи – каталази й пероксидази, баланс фітогормонів (ІОК, АБК, зеатин і зеатин-рибозид) та стан і активність фотосинтетичного апарату, ефективність використання N, P, K, Ca в польових умовах у зв'язку із формуванням продуктивності рослин пшениці м'якої озимої. Саме ці завдання й визначили сутність даної дисертаційної роботи.

## РОЗДІЛ 2

### УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1. Ґрунтово-кліматичні умови проведення досліджень

Експериментальні дослідження виконувались впродовж 2001–2015 років у відділі фізіології живлення рослин Інституту фізіології рослин і генетики НАН України, на базі дослідного сільськогосподарського виробництва Інституту фізіології рослин і генетики НАН України (сmt. Глеваха, Васильківського району, Київської області) та Інституту мікробіології і вірусології імені Д. К. Заболотного НАН України.

Опис ґрунтово-кліматичних умов району проведення польових досліджень виконано за літературними даними [43, 155, 157].

Ґрунти на яких проводились дослідження розташовані в Центральній лісостеповій області субреального поясу, Лісостеповій зоні чорноземів типових і сірих лісових ґрунтів, Правобережній центральній високій провінції, Північній підпровінції ґрунтово-географічного районування. Характерним типом ґрунтів, на яких проводилися польові дослідження, були сірі лісові ґрунти на лесовидних суглинках. Сірі лісові ґрунти сформовані переважно на лесах і лесовидних суглинках різного механічного складу – від легких до важких суглинків, яким характерна карбонатність. У профілі сірих лісових ґрунтів виділяють горизонти HE – гумусо-елювіальний (потужність 25–35 см), Ph – ілювіальний помітно гумусовий (15–20 см), I – ілювіальний та P – материнська порода з глибини 100–150 см. За ступенем зволоження ці ґрунти розподіляються на автоморфні і поверхнево-перезволожені

У сірих лісових ґрунтів суцільного елювіального горизонту немає, тут він замаскований гумусом і має бурувато-сіре забарвлення, темніший, ніж у ясно-сірих. Порівняно з іншими підтипами сірі лісові ґрунти найпоширеніші у Лісостепу. Темно-сірі лісові ґрунти відрізняються від перших двох підтипів



більш глибоким заляганням гумусного горизонту і слабшим опідзоленням. Вбирний комплекс сірих лісових ґрунтів насичений Са, Mg і Н. Увібраний водень становить 20–25% загальної кількості увібраних основ. Сума увібраних основ становить: у сірих – 9–15, темно-сірих – 12–22 мг-екв на 100 г ґрунту. Реакція ґрунтового розчину кисла: рН сольової витяжки сірих ґрунтів – 5–6,1, темно-сірих – 5,5 – 6,5. Вміст гумусу збільшується від ясно-сірих до темно-сірих ґрунтів (від 4% у ясно-сірих до 6–10% у темно-сірих). Сірі лісові ґрунти мають середній і високий ступінь забезпеченості рухомими формами поживних речовин.

Ґрунт дослідного поля сірий лісовий на лесовидних суглинках – вміст гумусу (за Тюрінім) – 1,75%; гідролітична кислотність (за Каппеном) – 1,6–1,8 мг-екв/100 г ґрунту; рН (за методом ЦІНАО) – 5,5; легкогідролізованого азоту (за Тюрінім-Кононовою) – 80 мг/кг; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (за Чириковим) – 96 мг/кг; K<sub>2</sub>O (за Масловою) – 140 мг/кг ґрунту; вміст валового азоту – 0,2–0,5%; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,15–0,30%; K<sub>2</sub>O – 2,0–2,5%; вміст мікроелементів: міді – 4,8–6,0 мг/кг, цинку – 8,0–10,6 мг/кг, бору – 0,18 мг/кг ґрунту [88].

Ґрунтово-кліматичні умови зони сприятливі для вирощування зернових, культур. Основними заходами поліпшення родючості ґрунтів Лісостепової зони є боротьба з водною ерозією завдяки регулюванню водного режиму і вапнування ділянок кислих ґрунтів. В результаті багатовікової експлуатації ґрунти Лісостепу значною мірою виснажені на гумус і поживні елементи, мають зруйновану структуру. Тому вони потребують внесення високих доз органічних і мінеральних добрив.

Клімат зони – помірно-континентальний з теплим вологим літом і м'якою хмарною зимою. Сумарна сонячна радіація досягає 380–450 кДж/см<sup>2</sup>, а величина радіаційного балансу за рік складає 167–176 кДж/см<sup>2</sup>. Середня річна температура – 5–7°C, сума активних температур вище 10°C за рік – 2400–2800°C, а кількість днів з температурою вище 10°C – 140–170. Середні температури самого холодного місяця (січня) є низькими – від -2 до -7,6°C, а самого теплого (липня) – високими – від 18 до 22°C. Річна кількість опадів – 550–650 мм, більшість із них випадає в теплий період року. Ступінь зволоження території визначається

також рівнем відносної вологості повітря. В середньому за рік відносна вологість повітря складає 63–70%, влітку – 55–60% [102, 115].

Погодні умови у роки проведення досліджень в основному були сприятливими для росту і розвитку пшениці озимої, однак в окремі періоди, по роках, спостерігались суттєві відхилення від середніх багаторічних показників, що відповідним чином позначилось на формуванні продуктивності посівів.

Аналізуючи температурний режим у роки проведення досліджень можна зазначити, 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) (табл. 2.1). Починаючи з березня, середньодобові температури повітря підвищувались, а з серпня по листопад – поступово знижувались. Однак найбільша контрастність температурного режиму спостерігалась по роках у період вегетації пшениці – з квітня по кінець червня. Зокрема, у квітні 2002, 2004, 2006, 2007 і 2015 рр. середньомісячна температура була у межах середньобагаторічної величини, у 2000, 2001, 2005 і 2008–2015 рр. – перевищувала її в середньому на 1,5–4,0°C, а в 2003 – була нижче норми на 1,7°C. У травні, в період активної вегетації рослин пшениці озимої, середня температура повітря в усі роки досліджень була в межах середньобагаторічної величини. Виключенням можуть бути лише 2003, 2007, 2010, 2012 і 2013 рр., в які середня температура травня була вищою за ці показники на 2,1 і 4,2°C відповідно, що відобразилось на ростових процесах пшениці озимої. У червні середні температури повітря перевищували норму лише в 2007, 2009, 2010, 2011, 2013 і 2015 рр., що складало 2,2; 2,2; 3,8; 2,9; 3,4 і 2,2°C відповідно. Середні ж температури липня, починаючи з 2000 по 2015 р., перевищували норму на 1,6 і 5,3°C середніх багаторічних показників.

Найбільш важливим і лімітуючим показником у формуванні продуктивності посівів пшениці озимої є опади, розподіл яких упродовж років був досить нерівномірним (табл. 2.2).

**Температура повітря**  
**(за даними Українського гідрометеорологічного центру м. Києва), °С**

Рік	Місяць												За рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2000	-4,1	0,0	1,7	12,7	15,4	17,9	19,1	20,6	12,3	9,5	4,5	1,3	9,2
2001	-1,0	-2,5	2,7	11,2	14,2	16,7	24,6	21,0	13,8	9,3	2,3	-7,3	8,8
2002	-2,6	3,7	5,5	9,9	16,3	18,4	23,9	20,1	13,9	7,0	3,9	-8,4	9,3
2003	-3,8	-6,4	0,1	7,0	19,4	18,0	21,2	19,3	14,1	6,8	3,4	-0,6	8,2
2004	-4,3	-2,6	3,8	9,1	13,2	17,7	20,5	20,7	14,2	9,3	2,9	0,1	8,7
2005	-0,6	-5,1	-1,6	10,3	16,4	17,3	21,4	20,0	16,3	9,0	2,2	-1,0	8,7
2006	-7,5	-6,1	0,0	9,7	14,4	18,4	20,9	19,9	15,5	9,7	3,4	2,4	8,4
2007	2,1	-4,2	6,3	9,0	18,4	20,4	21,3	21,5	14,8	9,4	0,6	-0,9	9,9
2008	-3,0	0,6	4,6	10,7	14,3	18,8	20,8	21,6	13,5	10,7	3,5	-0,6	9,6
2009	-3,3	-1,7	2,3	11,1	15,1	20,4	21,7	19,2	17,3	9,1	4,7	-3,2	9,4
2010	-8,8	-3,2	1,4	10,3	17,3	22,0	24,4	24,6	14,9	6,3	8,0	-4,2	9,4
2011	-2,4	-6,1	1,5	10,2	16,7	21,1	21,7	19,3	15,8	7,7	2,4	2,2	9,2
2012	-4,0	-10,0	2,5	11,8	18,1	20,0	23,6	20,4	16,2	10,1	4,6	-5,0	9,0
2013	-4,3	-0,6	-1,7	10,3	18,9	21,6	20,8	19,9	12,4	9,7	6,4	-0,2	9,4
2014	-4,8	-0,5	6,8	10,3	16,9	18,2	22,1	21,3	15,3	7,7	1,7	-2,1	9,4
2015	-0,7	-0,7	5,1	9,7	16,0	20,4	21,9	22,6	17,8	7,3	4,7	1,9	10,5
Середньо-багаторічна	-5,6	-4,2	0,7	8,7	15,2	18,2	19,3	18,6	13,9	8,1	2,1	-2,3	7,7

Таблиця 2.2

**Сума опадів**  
**(за даними Українського гідрометеорологічного центру м. Києва), мм**

Рік	Місяць												За рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2000	31	37	34	28	73	65	82	20	141	0	44	24	579
2001	33	54	89	65	33	152	6	16	53	23	70	39	633
2002	22	38	17	40	65	190	14	101	76	74	50	11	698
2003	37	18	26	24	49	26	61	87	52	110	31	32	553
2004	55	45	21	21	53	7	113	130	79	31	4	15	574
2005	50	63	52	69	41	77	29	86	8	78	40	78	671
2006	17	33	60	29	130	119	68	52	35	38	25	11	617
2007	48	61	15	9	49	85	110	96	30	23	86	22	634
2008	33	14	36	123	38	100	84	27	151	17	41	77	741
2009	34	45	55	2	35	63	38	16	16	27	31	88	450
2010	54	62	20	42	55	25	104	25	51	35	72	58	603
2011	23	33	7	23	27	132	153	53	18	77	5	29	580
2012	57	33	37	82	42	91	36	115	32	50	36	133	744
2013	56	79	113	33	40	89	18	51	211	15	83	17	805
2014	40	12	16	29	172	93	75	42	45	21	13	28	586
2015	56	35	50	5	79	13	52	3	25	40	69	25	452
Середньо-багаторічна	48	46	39	49	53	73	88	69	47	35	51	52	650

Так, у початковий період вегетації пшениці озимої найбільш забезпеченим вологою виявився квітень 2001, 2005, 2008 і 2012 років, що складало відповідно 65, 69, 123 і 82 мм при середньобагаторічному показникові 49 мм. Менш забезпеченими за кількістю опадів у даний період були 2002 (40 мм) і 2010 (41 мм) роки. Мінімальна кількість опадів у квітні була зафіксована у 2003, 2004, 2007, 2009, 2011 і 2015 рр., що було нижче норми відповідно на 25, 28, 40, 47, 26 і 44 мм. У травні забезпеченість рослин пшениці озимої вологою була оптимальною у 2003, 2004, 2007, 2010 і 2012 роках, що відповідало 49, 53, 49, 55 і 42 мм при середньобагаторічному показникові – 53 мм. А у 2000, 2002, 2006, 2014 і 2015 рр. опадів випало значно більше середньобагаторічної величини на 20, 12, 77, 119 і 26 мм відповідно. У 2001, 2009 і 2011 роках у травні опадів випало значно менше середньобагаторічної величини відповідно на 20, 18 і 26 мм. Найбільш критичним за вологозабезпеченням рослин пшениці виявився травень 2011 р. У червні розподіл опадів за роками був теж досить нерівномірним. Більше норми опадів випало у червні 2001, 2002, 2006, 2007, 2008, 2011, 2012, 2013, і 2014 рр. зокрема перевищення становило 79, 117, 46, 12, 27, 59, 18, 16 і 20 мм. У червні 2000, 2003, 2009 і 2010 рр. середня сума опадів була нижчою від середньобагаторічної величини відповідно на 8, 47, 10 і 48 мм. Найбільш екстремальним за вологозабезпеченням виявився 2004 і 2015 рр.

Отже, вищенаведений аналіз ґрунтово-кліматичних і погодних умов регіону, в якому проводились польові дослідження свідчить, що для вирощування пшениці озимої та одержання стабільних урожаїв цієї культури в роки проведення досліджень складались задовільні умови. Виключення становили лише поодинокі роки, де лімітуючим чинником формування високої продуктивності посівів пшениці озимої були опади. Це відповідним чином знайшло своє відображення в одержаних експериментальних даних.

## **2.2. Схеми дослідів і методика проведення досліджень**

Основну експериментальну частину роботи виконували впродовж 2001–

2015 рр. у вегетаційних та лабораторних умовах – відділу фізіології живлення рослин Інституту фізіології рослин і генетики (ІФРГ) НАН України, вегетаційних – 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).

У дослідах вивчали дію комплексних добрив – Фізіоживлін, Брексіл Мікс, Мастер, Пантафол, Нутривант Плюс зерновий, Гербагрін, Енерджен фулхум плюс, двокомпонентних мікродобрив (ДМ):  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  і  $\text{H}_3\text{BO}_3$ , (Cu і B),  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  і  $\text{H}_3\text{BO}_3$  (Zn і B) та багатокомпонентних – МКФ+ $\text{MgSO}_4$ + $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

Комплексне добриво (КД) Фізіоживлін – (N – 19,1%,  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 0–16,0%,  $\text{K}_2\text{O}$  – 16,5%, CaO – 8%, MgO – 4,0%,  $\text{SO}_3$  – 6,0–8,8%, B – 0,02%, Mn – 0,1%, Zn – 0,01%, Cu – 0,05%, Fe – 0,3%, Mo – 0,01%, Li – 0,005% – мікроелементи в хелатній формі ЕДТА)). Виробник ІФРГ НАНУ, Україна. Застосування – на посівах зернових (пшениця озима) для позакореневого підживлення у нормі 6,0 л/га.

КД Брексіл Мікс – (лігнін – 60%, мікроелементи в хелатній формі: B – 0–5%, MgO – 0–8,5%, Fe – 0–10%, Mo – 0–1,0%, Mn – 0–10%, Zn – 0–10%, CaO – 0–20%, S – 0–10%, Cu – 0–1%). Виробник – ф. «Валагро», Італія. Занесене до переліку пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні [77]. У нормі 0,3–1,0 кг/га рекомендовано до використання на посівах зернових колосових (пшениця озима і яра).

КД Мастер – (N – 3,0–30,0%,  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 5,0–40,0%,  $\text{K}_2\text{O}$  – 6,0–45,0%, MgO – 0–4,0%, Fe – 0,07%, Zn – 0,01%, Cu – 0,005%, Mn – 0,03% B – 0,02% (мікроелементи в хелатній формі ЕДТА)) – (18-18-18). Виробник – ф. «Валагро», Італія. Занесено до переліку пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні [77]. У нормі 2,5–7,5 кг/га рекомендовано до використання на посівах зернових колосових (пшениця озима і яра).

КД Пантафол – (N – 0–30,0%,  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 10,0–54,0%,  $\text{K}_2\text{O}$  – 10,0–50,0% B – 0,02%, Fe – 0,1%, Mn – 0,05%, Zn – 0,05%, Cu – 0,05% (мікроелементи в хелатній

формі ЕДТА)) – (5-15-45; 20-20-20; 30-10-10). Виробник – ф. «Валагро», Італія. Занесено до переліку пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні [77]. У нормі 3,0–10,0 кг/га рекомендований до використання на посівах зернових колосових (пшениця озима і яра).

КД Нутривант Плюс зерновий (загальний N – NO<sub>3</sub> – 6%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 23%, K<sub>2</sub>O – 5%, MgO – 1%, S – 1,5%, B – 0,1%, Mn – 0,2%, Zn – 0,2%, Cu – 0,2%, Fe – 0,05%, Mo – 0,002% з прилипачем Фертивант. Виробник «Фертілайзер енд Кемікалз Лтд», Ізраїль. Застосування – позакореневе підживлення на посівах зернових (пшениця озима і яра) у нормі 3,0–10,0 кг/га.

КД Енерджен фулхум плюс – водний розчин гумінових кислот, фульвокислот і їх солей), який містить екстракт з морських водоростей (*Ascophyllum nodosum*), адаптогени та інші речовини, що підтримують утворення кореневої системи – виробник ООО ЕГТ система, Чехія. Застосування на посівах пшениці у нормі 0,5–2,0 л/га.

КД Гербагрін основний – (CaO – 35,9%, MgO – 1,9%, SiO<sub>2</sub> – 18,1%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,28%, K<sub>2</sub>O – 0,1%, S – 0,52%). Виробник – Сановіта ГмбХ, Німеччина. Застосування на зернових (пшениця).

Монокалій фосфат (МКФ) – (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 52%, K<sub>2</sub>O – 34%).

Трьохкомпонентне добриво – МКФ+MgSO<sub>4</sub>+CuSO<sub>4</sub> (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 52%, K<sub>2</sub>O – 34%, MgO – 2%, S – 3%, Cu – 0,05%).

Двохкомпонентне мікродобриво (ДМ): CuSO<sub>4</sub> і H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (Cu – 25,3%, B – 17,7%) і ZnSO<sub>4</sub> і H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (Zn – 22,6%, B – 17,7%).

Дослідження дії комплексних добрив виконували з використанням рослин пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) – однодольний вид рослин з обмеженим типом вегетативного росту та з переважно білковим типом метаболізму відноситься до роду *Triticum* L., однорічних трав'янистих рослин родини Злакових (*Gramineae*) або Тонконогових (*Poaceae*). Рід пшениці поліморфний за видовим складом. За морфологічними особливостями види пшениці об'єднують у дві групи: пшениці справжні, або голозерні і полб'яні, або плівчасті. Пшениця в середньому утворює 3–5 стебел, відзначаючись підвищеною кущистістю. Плід

пшениці – зернівка. Це однонасінний плід, у якому оплодень і насінна шкірка зрослись. Будова насінини у злаків характерна: ендосперм у ній прилягає до зародку з боку, безпосередньо до єдиної сім'ядолі – так званого щитка. Майже на чверть ендосперм зерна пшениці складається з білка, що називається клейковиною [133].

Досліджувані сорти: Ятрань 60 (2001–2004 рр.), Хуторянка (2006–2008 рр.), Перлина Лісостепу і Панна (2006 р.), Подолянка (2006, 2010 р.), Смуглянка (2009–2013 рр.), Фаворитка (2012 р.), Зимоярка (2013–2015 рр.). Усі досліджувані сорти пшениці озимої генетично відносяться до різновиду *erythrospertum* та *lutescens* групи середньоранніх і середньостиглих [78, 104, 172, 195], (Додаток Б).

У вегетаційних дослідах рослини пшениці озимої вирощували з дотриманням вимог вегетаційного методу [91]. З цією метою використовували посудини місткістю 8 кг ґрунту. Для заповнення посудин використовували ґрунт сірий лісовий з агрохімічними показниками: 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 ґрунту; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (за Чириковим) – 96 мг/кг ґрунту; K<sub>2</sub>O (за Масловою) – 140 мг/кг ґрунту [88]. При набиванні посудин у ґрунт додавали N, P і K по 0,1 г/кг ґрунту у перерахунку NPK – (аміачна селітра – 34% (ДСТУ 7370:2013); гранульований суперфосфат – 19,5% (ГОСТ 5956–78) і калій хлористий – 60% (ГОСТ 4568–95). Для закладання дослідів ґрунт просівали через грохот з отворами 1 см<sup>2</sup> і ретельно перемішували. Після цього брали проби ґрунту для визначення вологості та вологоємності [207].

Веgetаційні досліді закладали згідно наступних схем:

**Дослід 1.** (2002–2003 рр.). Вивчення дії КД:

обробка насіння водою (контроль I); обробка насіння Фізіоживлін у нормі 3,0 л/т насіння; Cu+V у нормі 0,04 кг/т насіння; Zn+V у нормі 0,04 кг/т насіння; обробка водою (контроль II); позакоренева обробка Фізіоживлін у нормі 6,0 л/га; Cu+V у нормі 0,15 кг/га; Zn+V у нормі 0,15 кг/га.



**Дослід 2.** (2008 р.). Вивчення дії КД:

обробка водою (контроль); Фізіоживлін у нормі 6,0 л/га; Нутривант Плюс зерновий у нормі 3,0 кг/га.

**Дослід 3.** (2011 р.) Вивчення дії КД:

обробка водою (контроль); Гербагрін у нормі 0,6 кг/га та у нормі 1,5 кг/га.

**Дослід 4.** (2012 р.) Вивчення дії КД:

обробка водою (контроль); МКФ у нормі 9,0 кг/га; МКФ+MgSO<sub>4</sub>+CuSO<sub>4</sub> у нормі 4,0 кг/га.

**Дослід 5.** (2013 р.) Вивчення дії КД: обробка водою (контроль); Фізіоживлін у нормі 6,0 л/га; Фізіоживлін 6,0 л/га+Амістар Екстра 280 SC у нормі 0,5 л/га (д.р. азоксистробін 200 г/л+ципроконазол 80 г/л); Енерджен фулхум плюс у нормі 2,0 л/га; Енерджен фулхум плюс 2,0 л/га + Амістар Екстра 280 SC 0,5 л/га.

**Дослід 6.** (2014 р.). Вивчення дії КД і фунгіцидів:

Квадріс 250 SC (д.р. азоксистробін)+Скор 250 ЕС (д.р. дифеноконазол) у нормі 0,5 л/га (контроль I); Енерджен фулхум плюс у нормі 2,0 л/га+Квадріс 250 SC+Скор 250 ЕС у нормі 0,5 л/га; Енерджен фулхум плюс у нормі 2,0 л/га+Хорус 75WG (д.р. ципроніділ) у нормі 0,5 л/га; Фізіоживлін у нормі 6,0 л/га+ Квадріс 250 SC+Скор 250 ЕС у нормі 0,5 л/га; Фізіоживлін у нормі 6,0 л/га+Хорус 75WG у нормі 0,5 л/га.

**Дослід 7.** (2015 р.). Вивчення дії КД:

обробка водою (контроль); Фізіоживлін у нормі 6,0 л/га; МКФ у нормі 3,0 кг/га; Мастер у нормі 4,0 кг/га; Брексіл Мікс у нормі 0,5 кг/га; Плантафол у нормі 4,0 кг/га; Енерджен фулхум плюс у нормі 2,0 л/га.

У лабораторних дослідах пшеницю озиму вирощували методом водної культури при температурі 25–30°C і природному освітленні на 0,5 норми (н) та повній дозі поживної суміші (ПС) Хогленда–Арнона (Х–А) [66]: (Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> – 0,82 г/л, KNO<sub>3</sub> – 0,51 г/л, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> – 0,14 г/л, MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O – 0,24 г/л), (рН розчину 5–6) до 14–21 добового віку в фарфорових кюветах з робочим об'ємом 0,4 л.

Метод водної культури широко використовується для вивчення мінерального живлення, тому що дає змогу найбільш чітко контролювати вміст необхідних елементів живлення у поживному середовищі. Цей метод передбачає регулярну (1 раз на 7 днів) заміну розчину. Для поліпшення аерації коріння розчин продували гумовою грушою протягом 3–5 хвилин або додавали у розчин 2–3 краплини  $H_2O_2$  [94].

Суміші поживних розчинів виготовляли на дистильованій воді з хімічно чистих солей і заповнювали ними простерилізовані кювети, згідно схеми дослідів. Для поверхневої стерилізації насіння пшениці витримували у мильному розчині і протруювали 20 хвилин 16%-м  $H_2O_2$ , після чого ретельно промивали водопровідною і дистильованою водою [42]. Зернівки замочували у дистильованій воді при кімнатній температурі і розкладали на пластинки з органічного скла, покриваючи їх вологим фільтрувальним папером, по 90 штук на кювету. Зверху насіння накривали листом вологого фільтрувального паперу, щоб воно не пересихало і рівномірно зійшло.

При вирощуванні рослин методом водної культури схема дослідів була наступною:

**Дослід 1.** (2001–2002 рр.) Вивчення дії КД:

обробка насіння водою (контроль I); обробка насіння Фізіоживлін у нормі 3,0 л/т; обробка насіння  $Cu+V$  у нормі 0,04 кг/т; обробка насіння  $Zn+V$  у нормі 0,04 кг/т; обробка водою (контроль II); позакореневе підживлення Фізіоживлін у нормі 6,0 л/га; позакореневе підживлення  $Cu+V$  у нормі 0,15 кг/га; позакореневе підживлення  $Zn+V$  у нормі 0,15 кг/га.

**Дослід 2.** (2006 р.) Вивчення дії КД:

обробка насіння водою (контроль); обробка насіння Фізіоживлін у нормі 3 л/т насіння.

**Дослід 3.** (2008 р.) Вивчення дії КД:

обробка водою (контроль); Фізіоживлін у нормі 6,0 л/га; Нутривант плюс зерновий у нормі 3,0 кг/га.

**Дослід 4.** (2011 р.) Вивчення дії КД:

обробка водою (контроль); Гербагрін, у нормі 0,6 кг/га та у нормі 1,5 кг/га.

**Дослід 5.** (2012 р.) Вивчення дії КД:

обробка водою (контроль); МКФ у нормі 9,0 кг/га; МКФ+MgSO<sub>4</sub>+CuSO<sub>4</sub> у нормі 4,0 кг/га.

**Дослід 6.** (2013 р.) Вивчення дії КД:

обробка водою (контроль); Фізіоживлін у нормі 6,0 л/га; Брексіл Мікс у нормі 0,5 кг/га; Мастер у нормі 4,0 кг/га; Плантафол у нормі 4 кг/га; Енерджен фулхум плюс у нормі 2,0 л/га.

Дрібноділянкові дослідні заклади у відповідності до схеми:

**Дослід 1.** (2013 р.) Вивчення дії КД:

обробка водою (контроль); Енерджен фулхум плюс у нормі 2,0 л/га.

**Дослід 2.** (2014 р.) Вивчення дії КД:

Квадріс 250 SC (д.р. азоксістробін)+Скор 250 ЕС (д.р. дифеноконазол) у нормі 0,5 л/га (контроль I); Енерджен фулхум плюс у нормі 2 л/га+Хорус 75 WG (д.р. ципроніділ) у нормі 0,5 л/га; Енерджен фулхум плюс у нормі 2,0 л/га+Квадріс 250 SC+Скор 250 ЕС у нормі 0,5 л/га; Квадріс 250 SC+Скор 250 ЕС у нормі 0,5 л/га (контроль II); Фізіоживлін у нормі 6,0 л/га+Хорус 75 WG у нормі 0,5 л/га; Фізіоживлін у нормі 6 л/га+Квадріс 250 SC+Скор 250 ЕС у нормі 0,5 л/га.

Загальна площа дослідної ділянки 60 м<sup>2</sup>. Облікова 10 м<sup>2</sup> повторність чотирьохкратна. В ґрунт перед посівом вносили N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> (аміачна селітра – 34% (ДСТУ 7370:2013); гранул ьований суперфосфат – 19,5% (ГОСТ 5956–78) і калій хлористий – 60% (ГОСТ 4568–95).

Полеві дослідні заклади у відповідності з нижченаведеними схемами:

**Дослід 1.** (2001–2004 рр.). Вивчення дії КД Фізіоживлін, Cu+В, Zn+В:

обробка насіння водою (контроль I); обробка насіння Фізіоживлін у нормі 3,0 л/т; обробка насіння Cu+В у нормі 0,04 кг/т; обробка насіння Zn+В у нормі 0,04 кг/т; обробка водою (контроль II); позакореневе підживлення Фізіоживлін у нормі 6,0 л/га; Cu+В у нормі 0,15 кг/га, Zn+В у нормі 0,15 кг/га.

**Дослід 2.** (2006–2008 рр.) Вивчення дії КД Фізіоживлін:

обробка насіння водою (контроль I); обробка насіння Фізіоживлін у нормі

3,0 л/т; обробка водою (контроль II); позакореневе підживлення Фізіоживлін у нормі 6,0 л/га.

**Дослід 3.** (2010–2012 рр.). Вивчення дії КД:

обробка водою (контроль); Фізіоживлін у нормі 6,0 л/га; Брексіл Мікс у нормі 0,5 кг/га; Мастер у нормі 4,0 кг/га; Плантафол у нормі 4,0 кг/га.

Полеві досліді закладали у 8-пільній зерново-трав'яній сівозміні, де пшеницю висівали після гороху. Під зяблеву оранку вносили НРК 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).

Закладання дослідів виконували методом рендомізованих повторень та систематичним методом з використанням загальноприйнятих методик [84, 86, 146].

Загальна площа дослідних ділянок складала 100 м<sup>2</sup>, облікова – 50 м<sup>2</sup>. Повторність дослідів 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 дослідях вирощували за загальноприйнятою технологією з урахуванням заходів, які вивчалися [84]. В процесі вегетації використовували засоби захисту рослин від бур'янів, хвороб і шкідників. Захист рослин від шкідників та хвороб проводився інсектицидом Енжіо 247 SC к.с. та фунгіцидами типу Альто Супер 330 EC к.е., Амістар Екстра 280 SC к.с. Інсектицид Енжіо 247 SC к.с. – норма витрат препарату – 0,18 л/га. Альто Супер 330 EC к.е. – норма витрати – 0,4–0,5 л/га. Амістар Екстра 280 SC к.с. – сучасний клас стробілуринових фунгіцидів. Норма витрати – 0,5–0,75 л/га. Квадріс 250 SC; Скор 250 EC; Хорус 75 WG. Норма витрати – 0,5 л/га.

Експериментальні дослідження включали реалізацію трьох основних напрямків (рис 2.1):

1. Фізіолого-біохімічне обґрунтування дії комплексних добрив (Фізіоживлін, Брексіл, Мастер, Плантафол, Cu+B, Zn+B, Гербагрін, Нутриван плюс зерновий, МКФ, МКФ+MgSO<sub>4</sub>+CuSO<sub>4</sub>, Енерджен фулхум плюс) на: ФВА, вихід протонів H<sup>+</sup>, активність антиоксидантних ферментів, АТФази, інтенсивність фотосинтезу, вміст хлорофілу *a* і *b*, стан пігментного комплексу, фітогормональний статус рослин, структурно-морфологічні зміни за формування вегетативної маси і кореневої системи.

2. Мікробіологічне обґрунтування дії комплексних добрив у посівах пшениці озимої.

3. Економічне і енергетичне обґрунтування дії комплексних добрив у посівах пшениці озимої: формування врожайності, якості врожаю, розробка рекомендації виробництву.

Для з'ясування особливостей дії комплексних добрив на рослини і ґрунт використовували фізіолого-біохімічні, спектрометричні, газометричні, біофізичні, хроматографічні, мікробіологічні методи досліджень:

– фериціанідвідновлювальну активність (активність редокс-системи) клітин коренів визначали за методом В. А. Новака і Н. Г. Іванкіна [140, 141]. З цією метою брали наважку коренів вагою 2 г і занурювали її в стаканчики на 50 мл, у яких попередньо наливали по 8 мл дистильованої води і 1 мл CaCl<sub>2</sub>, так, щоб вони були повністю вкриті рідиною. Після додавання по 1 мл фериціаніду калію стаканчики розміщували у темному місці – експозиція 40 хв. Потім розчин зливали у відцентровані пробірки на 10 мл і центрифугували. Далі спостерігали за показниками на спектрофотометрі при 420 нм, порівнюючи їх з показниками калібрувальної шкали.



Рис. 2.1. Схема програми досліджень

Активність редокс-потенціалу (РП, нМ/г маси сирі речовини коренів) розраховували за формулою (фериціанідвідновлювальна активність, ФВА):

$$РП = \frac{(K - Д) \cdot 10^6}{M \cdot t}, [\text{нМ/хв} \cdot \text{г маси сирі речовини}] \quad (2.2.1)$$

де К – контроль; Д – варіант досліду; М – маса наважки (г); t – час експозиції;

– кінетику виходу протонів (ацидофікуюча активність, Н<sup>+</sup>- екструзія) реєстрували протягом 3,5 години після перенесення рослин на розчин, стимулюючий роботу Н<sup>+</sup>-насосів: 0,1 ммоль/л СаSO<sub>4</sub> + 1 ммоль/л КСІ за методом Д.Б. Вахмістрова і О Ен До [42]. Протягом досліду (3,5 год.) через певний інтервал часу реєстрували рН експериментального розчину за допомогою потенціометра. На основі вимірів рН інкубаційного розчину визначали кількість протонів, що виділилися коренями за кожний інтервал часу. Виділення Н<sup>+</sup> (В<sub>Н<sup>+</sup></sub>, мкмоль/г коренів) розраховували за формулою:

$$V_{H^+} = \frac{[H^+]_t - [H^+]_0}{M}, [\text{мкМ/Г коренів}] \quad (2.2.2)$$

де [H<sup>+</sup>]<sub>0</sub> і [H<sup>+</sup>]<sub>t</sub> – концентрація протонів у інкубаційному розчині до перенесення на нього проростків та через t хв. відповідно (мкМ); М – сира маса коріння проростків (г), що припадає на 1 л розчину;

– активність антиоксидантних ферментів у листках і коренях пшениці озимої визначали: каталази (КФ 1.11.1.6) – титрометричним методом і виражали у кількості О<sub>2</sub>, що утворюється у результаті дії ферменту за 1 хв на 1 г сирі речовини (мл О<sub>2</sub>·г<sup>-1</sup> хв<sup>-1</sup>), а пероксидази (КФ 1.11.1.7) – за методом Бояркіна [50, 52] і виражали в умовних одиницях на 1 г<sup>-1</sup>·с<sup>-1</sup> сирі речовини тканини [50];

– АТФазну активність у коренях пшениці озимої визначали за відповідною методикою [50], згідно якої готували ферментативну витяжку, після чого брали 2-3 мл ферментативної витяжки і доливали 1 мл 0,2 М трис-НСІ буфера (рН = 7,8) і витримували при температурі 25°C 15 хв. Потім доливали 0,5 мл 0,005 М розчину АТФ і 0,5 мл 0,005 М MgSO<sub>4</sub>. Пробірки ставили в термостат при температурі 37°C на 30 хв. Після виймання пробірок з термостату в кожную пробірку для осадження білків (інактивації ферменту) додавали по 1 мл 20%-го

розчину трихлороцтової кислоти (ТХО) і ставили на 30 хв до холодильнику. Зразки відфільтровували крізь скляні фільтри і фільтрат використовували для визначення фосфору за утворенням фосфорно-молібденового комплексу (модифікована методика Фіске-Суббароу) [170]. Надалі активність ферменту визначали за кількістю неорганічного фосфору, що був відщеплений АТФ-азою від аденозинтрифосфату. Активність ферменту виражали у  $\text{мкг P}\cdot\text{г}^{-1}$  сирової речовини $\cdot\text{год}^{-1}$ ;

– визначення вмісту макро- і мікроелементів у зразках ґрунту виконували за методикою Г. Я. Рінькіса та В. Ф. Нолендорфа [162];

– вміст елементів живлення визначали за методом атомно-абсорбційного аналізу шляхом порівняння показників приладу для стандартних (контрольних) та дослідних розчинів, роботу починали з приготування стандартних розчинів;

– фосфор визначали за модифікованою методикою Фіске-Суббароу [170];

– вміст загального азоту в листках, коренях, зерні і ґрунті – шляхом мокрого озолення зразків сірчаною кислотою із додаванням пероксиду водню та наступним фотоколориметруванням із реактивом Неслера [65, 158]. Згідно методики брали 5 мл підготовленої витяжки, яку готували шляхом мокрого озолення зразків рослинного матеріалу чи ґрунту [65]. З колби одного об'єму в мірну колбу на 100 мл доливали 2 мл 25% сегнетової солі і 75 мл дистильованої води до позначки. Після змішування, розчин у колбі нейтралізували кількома краплями 30% лугу, не допускаючи його надлишку. Додавали 2 мл реактиву Неслера, доводячи до позначки, знову змішували і збовтували. Через 5 хв калориметрували на ФЕК;

– концентрацію аніонів і катіонів в проростках пшениці озимої і поживному розчині визначали методом іонної хроматографії. Для аналізу використовували іонний хроматограф 881 Compact IC pro – Anion – MCS (Metrohm, Швейцарія) з кондуктометричним детектором 850 iDetector (діапазон роботи 0–15 000  $\text{мкСм/см}$ ). Визначення аніонів проводили на колонці Metrosep A Supp 5, довжиною 250 мм і діаметром 4,0 мм, заповненої хімічно інертним полівініловим спиртом (розмір гранул 5  $\mu\text{м}$ ) з ковалентно зв'язаними групами



четвертинного амонію. Як елюент використовували карбонатний буфер, який містить 3,2 мМ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  і 1 мМ  $\text{NaHCO}_3$ . Швидкість елюції 0,7 мл/хв. Для підготовки води з питомим опором 18,2 МОм/см і змістом загального органічного вуглецю (TOC) < 5 мкг/л використовували систему підготовки ультрачистої води Ultra Pure Water System (Human corporation, Korea lab). Іонний хроматограф калібрували за аналітичними стандартним розчином іонів «Fluka». Розрахунки проводили за допомогою програмного забезпечення MagIC Net 1.1 Compact;

– фотохімічну активність прапорцевих листків визначали біофізичним методом індукції флуоресценції хлорофілу (ІФХ) [110]. Виміри індукційних змін флуоресценції хлорофілу здійснювали за допомогою партативного флуориметра вітчизняного виробництва «Флоротест» [156]. Прилад оснащений рідиннокристалічним дисплеєм (128×64 пікселів) й виносним оптоелектронним сенсором із довжиною хвилі опромінення  $470 \pm 15$ , площею опромінення плями не менше  $15 \text{ мм}^2$  і освітленості в її межах не менше  $2,4 \text{ Вт/м}^2$ . Спектральний діапазон вимірювань інтенсивності флуоресценції в межах від 670 до 800 нм. Програмне забезпечення «Floratest», що йде у комплекті із приладом, виконує прийняття вимірюваних приладом даних через USB-порт комп'ютера та здійснює відображення цих даних у табличному або графічному вигляді [241]. Вимірювання ІФХ проводили через 7 діб після позакореневої обробки добривами. Отриманий масив цифрових даних представляли у графічному вигляді. Розраховували відповідні критичні параметри ІФХ, що є відображенням змін в функціональних ланках фотосинтетичної системи [68, 110, 241]. Параметри, що аналізувалися: фонові флуоресценція ( $F_0$ );  $F_v/F_m$  – квантова ефективність фотохімії; гасіння флуоресценції; кількість  $Q_B$ -невідновлювальних комплексів, що не беруть участі у лінійному транспорті електронів  $K_i$  – коефіцієнт індукції хлорофілу, що характеризує ефективність перебігу темнових біохімічних процесів і корелює із активністю рибульозобісфосфаткарбоксилази [110, 136];

– морфогенез коренів: загальну та активну поверхню і об'єм кореневої системи визначали за методикою Колосова [74];

– ефективність використання основних елементів живлення. Для його хімічного аналізу відбирали середні зразки і визначали за Г. Я. Рінькісом та В. Ф. Нолендорфом [162];

– вміст елементів живлення і елементний склад розчинів визначали на атомно-абсорбційному спектрофотометрі “Сатурн”. Стандартні розчини готували за А. І. Обуховим [142];

– вміст  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ - іонів в клітинних компартментах визначали за методом Н. М. Жирмунської та ін. [89]. Згідно методу корені рослин пшениці озимої, які вирощували методом водної культури, промивали дистильованою водою і відокремлювали від надземної частини, після чого по 2 г коренів кожного варіанту поміщали у вихідний розчин (дистильовану воду). Відбір проб з дослідних розчинів проводили протягом 24 годин. Вихід іонів із апопласту визначали за збільшенням їх у вихідному розчині через 60 хв., а із вакуолей – через 24 год;

– поглинання елементів рослинами із ПР визначали за різницею між їх початковим і кінцевим вмістом в ПР через добу після заміни ПР у кюветах з 14-добовими рослинами пшениці озимої;

– вихід поживних елементів азоту і фосфору з коренів визначали після перенесення 14-добових рослин пшениці озимої на 2 години на розчин 1 мМ  $CaCl$  + 0,1 мМ  $CaSO_4$ ;

– для визначення вмісту фітогормонів – ІОК, АБК, зеатину, зеатинрибозиду використовували метод кількісної спектроденситометричної тонкошарової хроматографії [167]. Відцентрифуговані екстракти випарювали під вакуумом при 40–45°C, сухий залишок розчиняли в 1–2 мл етанолу, переносили в мікропробірки і знову центрифугували. Попереднє очищення і концентрування фітогормонів проводили на пластинках із силікагелем марки “Silufol UV<sub>254</sub>” (“Chempol”, Чехія) у суміші розчинників, застосованих послідовно: хлороформ, 12,5%-й водний аміак, етилацетат: оцтова кислота

(20:1). Очищені таким чином екстракти індольних сполук, розділяли на пластинках з оксидом алюмінію та кремнію “Merck”, № 5554, F<sub>254</sub>. У першому випадку використовували суміш н-бутанол: аміак: вода (86:5:9), у другому – хлороформ: етилацетат: оцтова кислота (10:100:1). Кількісне детектування фітогормонів здійснювали за допомогою скануючого спектросенситометра «Camag”TLC Scanner” (Швейцарія);

– вміст хлорофілу в листках визначали спектрофотометричним методом [168], готуючи дослідні розчини шляхом екстракції пігментів з листових висічок диметилсульфоксидом [242];

– концентрацію хлорофілів розраховували за формулами:

$$\text{хл. } a = 12,7 \cdot E_{663} - 2,69 \cdot E_{645};$$

$$\text{хл. } b = 22,9 \cdot E_{645} - 4,68 \cdot E_{663};$$

$$\text{хл. } (a+b) = 8,02 \cdot E_{663} + 20,2 \cdot E_{645}.$$

– інтенсивність транспірації, фотосинтезу і дихання та опір продихів і мезофілу дифузії CO<sub>2</sub> вимірювали за контрольованих умов на установці, змонтованій на базі інфрачервоного оптико-акустичного газоаналізатора ГІАМ-5М. Невідокремлені від рослин листки розміщували у термостатованій листовій камері, яку освітлювали лампою розжарювання КГ–2000 через водяний фільтр. Освітленість у камері становила 400 Вт/м<sup>2</sup> ФАР, температура - 25°C. Через камеру продували повітря із природною концентрацією CO<sub>2</sub> зі швидкістю 1 л/хв. Вологість повітря до і після камери для визначення транспірації вимірювали термоелектричним мікропсихрометром. Розрахунки газообміну виконували за загальноприйнятою методикою Б. І. Гуляєва із співавт. [67];

– визначення мікроорганізмів у ризосферному шарі ґрунту проводили методом висіву ґрунтової суспензії відповідних розведень на живильні середовища. Посів ґрунтової суспензії прототрофів здійснювався на середовище Красильникова [113], діазотрофів та олігонітрофілів – на середовище Ешбі [125, 196]. Для цього 10 г ґрунту змішували з 90 мл стерильної водопровідної води і перемішували на качалці (120 об/хв) протягом 1 години. Відбирали 1 мл

грунтової суспензії і готували десятикратні розведення. Робочі розведення підбирали експериментально у попередніх дослідженнях таким чином, щоб на чашках Петрі виростало не більше 200 колоній. З кожного зразка ґрунту проводили посів на 6-ти чашках Петрі з агаризованим середовищем [113, 196];

– облік урожайності пшениці озимої виконували поділянково, шляхом збирання комбайном «Сампо»;

– визначення показників структури урожаю пшениці озимої проводили за декілька днів до збирання урожаю, відбираючи снопові зразки за Б.А. Доспєховим [86];

– якість зерна оцінювали за вимогами ДСТУ 3768:2010 [87], використовуючи для визначення окремих показників відповідні ГОСТи, зазначені в ДСТУ, зокрема вміст білка – за ГОСТ 10846–91, вміст клейковини – за ГОСТ 13586.1–68 [61, 62], а масу 1000 зерен визначали за ГОСТ 10842–89 [63];

– економічну ефективність застосування комплексних добрив розраховували згідно діючих нормативів [82, 127];

– енергетичний аналіз виконували згідно [15, 129, 173];

– статистичну обробку одержаних результатів виконували за Б. О. Доспєховим [86] та з використанням комп'ютерних програм (Microsoft Excel).

## РОЗДІЛ 3

### ФІЗІОЛОГІЧНІ ЗМІНИ В РОСЛИНАХ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ ЗА ДІЇ КОМПЛЕКСНИХ ДОБРИВ

#### 3.1. Феричіанідвідновлювальна активність і кінетика виходу протонів із клітин коренів

Редокс-регуляція клітин є основою регуляції клітинних процесів у прокариотичних і еукаріотичних організмів, зокрема фосфорилування білків (у тому числі регуляторних), зв'язування транскрипційних факторів з регуляторними сайтами ДНК, яка контролюється фізіологічним редокс-гомеостазом, особливо дисульфідним балансом [25, 27, 254, 255]. Вона визначається взаємодією редокс-систем, локалізованих в різних компартментах клітини. Між внутрішньоклітинними мембранами і плазмалемою здійснюється транспорт білків та інших макромолекул до різних акцепторів на внутрішній або зовнішній стороні клітини. Мембранний обмін необхідний для підтримки гомеостазу клітин, а також для специфічних потреб сприйняття сигналу і його трансдукції [9, 216, 225, 284].

Електрохімічна модель рослинних клітин, що лежить в основі регулювання іонного транспорту, розглядається як поєднання електрогенних  $H^+$ -насосів і каналів „витікання”, серед яких домінують  $K^+$ -канали. На сьогодні вважається, що калій є основним елементом, стимулюючим роботу  $H^+$ -насосів і секрецію протонів коренями та розглядається як інтегральний показник фізіологічного стану кореневої системи [51, 95, 183, 231].

Аналіз літературних даних свідчить про відсутність інформації щодо впливу комплексних добрив на активність як  $H^+$ -екструзії, так і редокс-системи, а також антиоксидантної системи клітин коренів.

Тому нами було проведено дослідження впливу комплексних добрив за обробки насіння і позакореневого підживлення на кінетику виділення  $H^+$ ,

активність редокс-системи клітин коренів та їх біомасу [17, 19, 21, 27, 180, 186, 189].

При дослідженні окисно-відновної активності клітин коренів пшениці м'якої озимої нами вперше показано, що за дії комплексних добрив відбувається зміна співвідношення активності двох електрогенних систем клітин коренів. Встановлено, що активність редокс-системи клітин коренів зростала за передпосівної обробки насіння КД Фізіоживлін на 13,4%. За передпосівної обробки насіння ДМ Cu+V та Zn+V величина її активності зменшувалася на 28 і 23% (рис. 3.1, *a*).

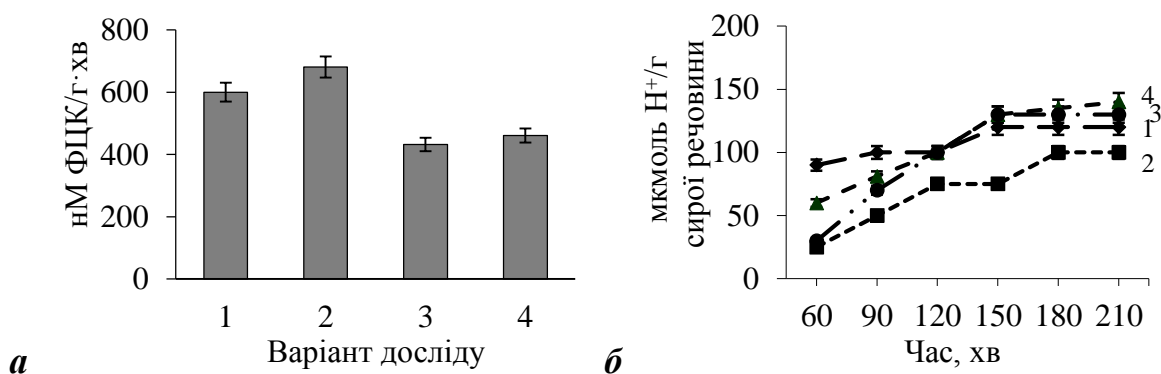


Рис. 3.1. ФВА (*a*) і кінетика виходу  $H^+$  (*b*) з клітин коренів за дії передпосівної обробки насіння КД: 1 – обробка водою (контроль); 2 – Фізіоживлін; 3 – Cu+V; 4 – Zn+V (лабораторний дослід, 14-добові рослини, 2001 р.).

Протилежна закономірність впливу досліджуваних форм добрив встановлена нами при вивченні активності виходу протонів з клітин коренів (рис. 3.1, *b*). Із наведених даних видно, що за передпосівної обробки насіння ДМ Cu+V активність виходу  $H^+$  з клітин коренів зростала, тоді як за дії КД Фізіоживлін, навпаки – зменшувалася. Разом із тим дослідження показали відсутність впливу передпосівної обробки насіння ДМ Zn+V на активність виходу  $H^+$  з клітин коренів.

Отже, в експерименті з рослинами пшениці м'якої озимої за передпосівної обробки хелатованим КД виявлені відмінності у функціональній активності кореневої системи. Показано, що ФВА зростала за умов пригнічення активності

виходу протонів з клітин коренів за дії КД. За дії ДМ навпаки – активність виходу протонів збільшувалась при зниженні ФВА.

Встановлений також ріст фітомаси 14-добових рослин пшениці озимої по відношенню до контрольних рослин, що виявлено за дії передпосівної обробки насіння як Фізіоживліном, так і Cu+V та Zn+V (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

**Наростання фітомаси 14-добових рослин пшениці озимої за дії передпосівної обробки насіння КД і ДМ (лабораторний дослід, 2001 р.)**

Варіант досліджу	Маса сирової речовини 10 рослин, г			
	листки	% до контролю	корені	% до контролю
обробка водою (контроль)	2,20±0,04	100	1,17±0,02	100
Фізіоживлін	2,40±0,05*	109	1,21±0,03	103
Cu+V	2,62±0,05*	119	1,24±0,02*	106
Zn+V	2,45±0,05*	111	1,22±0,03	104

Примітка: \* – різниця з контролем достовірна при  $P \leq 0,05$ .

Дослідження впливу передпосівної обробки насіння рослин пшениці озимої на наростання маси коренів у 14-добових рослин показало, що за дії добрив різного складу маса коренів зростала несуттєво: на 6 і 4% при застосуванні ДМ Cu+V і Zn+V відповідно, а за обробки КД Фізіоживлін – на 3,4% (див. табл. 3.1). В той же час, маса листків за дії обробки ДМ Zn+V накопичувалась інтенсивніше, збільшуючись на 11% й дещо менше за дії КД Фізіоживлін і ДМ Cu+V – на 9%.

Показано, що позакореневе підживлення добривами різного складу впливало на активність компонентів системи мембраного транспорту (МТ) протилежним чином. Позакореневе підживлення ДМ Cu+V та Zn+V знижувало ФВА на 14,2 і 46,6% відповідно, що є відображенням зниження протонного градієнту, а за дії КД Фізіоживлін підвищувало цей показник на 20,5%, що свідчить про зростання пулу протонів на мембрані клітин коренів та її потенційної поглинальної здатності (рис. 3.2, а).

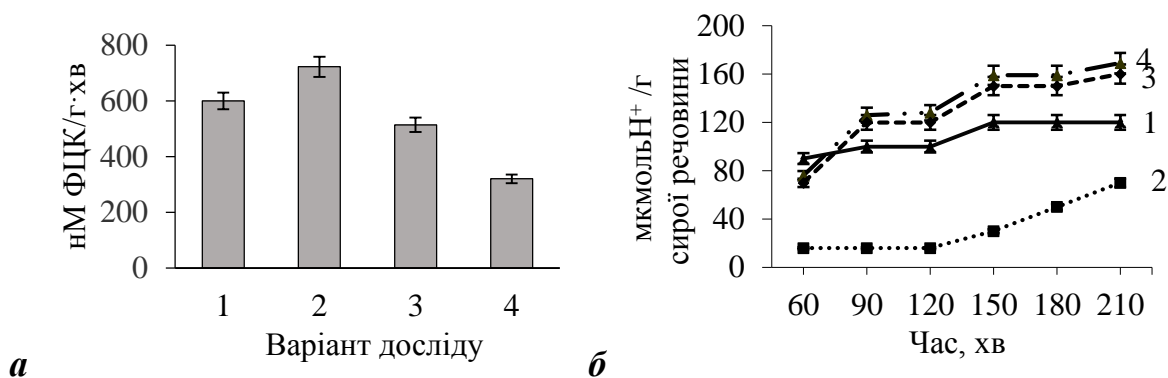


Рис 3.2. ФВА (*а*) і кінетика виходу  $H^+$  (*б*) з клітин коренів за дії позакореневого підживлення комплексними добривами: 1 – обробка водою (контроль), 2 – Фізіоживлін, 3 –  $Cu+B$ ; 4 –  $Zn+B$  (лабораторний дослід, 14-добові рослини, 2001 р.).

При вивченні дії КД на активність виходу  $H^+$  з клітин коренів за позакореневого підживлення рослин встановлено, що обробка рослин КД Фізіоживлін пригнічувала активність  $H^+$ -екструзії (рис. 3.2, *б*). Підживлення ж рослин ДМ  $CuSO_4+H_3BO_3$  і  $ZnSO_4+H_3BO_3$  діяло протилежним чином, стимулюючи активність виходу  $H^+$  з клітин коренів. Гіпотезою цього явища слугувало припущення, що обробка КД, порушуючи гомеостаз активно зростаючої рослини призводила до стимулювання механізмів, що його підтримують і, таким чином – до активування  $H^+$ -екструзії з клітин коренів. Обробка ж збалансованим КД, головним чином, спрямовувала метаболізм на активування біосинтетичних процесів, що підтверджується даними накопичення фітомаси листків (див. табл. 3.1), хоча лише ефект накопичення фітомаси не може в повній мірі пояснити складний взаємозв'язок метаболічних перетворень ювенільної рослини за дії комплексних добрив.

Варто відмітити, що зростання ФВА за збільшення редокс-потенціалу клітин коренів при застосуванні Фізіоживліну за позакореневого підживлення рослин супроводжувалося зниженням активності виходу протонів. Підживлення ж рослин ДМ міді і бору та цинку та бору, навпаки зменшувало ступінь відновлення редокс-системи, оскільки протони активно виходили назовні завдяки роботі  $H^+$ -помпи. Узагальнюючи вищесказане, необхідно відмітити, що



за дії позакореневого підживлення різними видами КД показано, що  $H^+$ -помпа і редокс-ланцюг є двома взаємопов'язаними компонентами системи МТ, що знаходяться у безпосередній взаємодії, регулюючи пул протонів (протонний градієнт) в клітинах корневих волосків.

Нашими дослідженнями встановлено, що позакореневе підживлення Фізіоживліном сприяло зростанню маси листків на 25%, а при позакореновому підживленні рослин ДМ  $Cu+V$  і  $Zn+V$  маса листків зростала на 27,3 і 13,6% відповідно (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

**Наростання фітомаси 14-добових рослин пшениці озимої за дії позакореневого підживлення КД і ДМ (лабораторний дослід, 2001 р.)**

Варіант досліджу	Маса сирової речовини 10 рослин, г			
	листки	% до контролю	корені	% до контролю
обробка водою (контроль)	2,2±0,04	100,0	1,17±0,02	100
Фізіоживлін	2,75±0,05*	125,0	1,34±0,03*	115
$Cu+V$	2,8±0,05*	127,3	1,27±0,02*	109
$Zn+V$	2,5±0,05*	113,6	1,24±0,03*	106

Примітка: \* – різниця з контролем достовірна при  $P \leq 0,05$ .

Нами показано також, що позакореневе підживлення рослин пшениці озимої позитивно впливало на початкові етапи наростання маси коренів (див. табл. 3.2). Підживлення КД Фізіоживлін сприяло наростанню маси коренів на 14,5%, а підживлення ДМ  $Cu+V$  і  $Zn+V$  – на 8,5 і 5,9% відповідно.

Дослідження окисно-відновної активності клітин коренів пшениці м'якої озимої за дії позакореневої обробки комплексними добривами показало зміни співвідношення активності двох електрогенних систем клітин коренів: редокс-залежної електрогенної системи і протонної  $H^+$ -АТФази. Із наведених даних (рис. 3.3, *a*) видно, що ФВА клітин коренів, що є показником мембраного потенціала (МП), зростала за позакореневої обробки рослин КД Фізіоживлін в 2

рази, а за обробки КД Брексіл Мікс, Мастер, Плантафол – в 1,3 і 1,6 рази відповідно.

Протилежна закономірність впливу досліджуваних КД була встановлена при вивченні кінетики виділення  $H^+$  коренями, яка зменшувалася за позакореневої обробки КД (рис. 3.3, б).

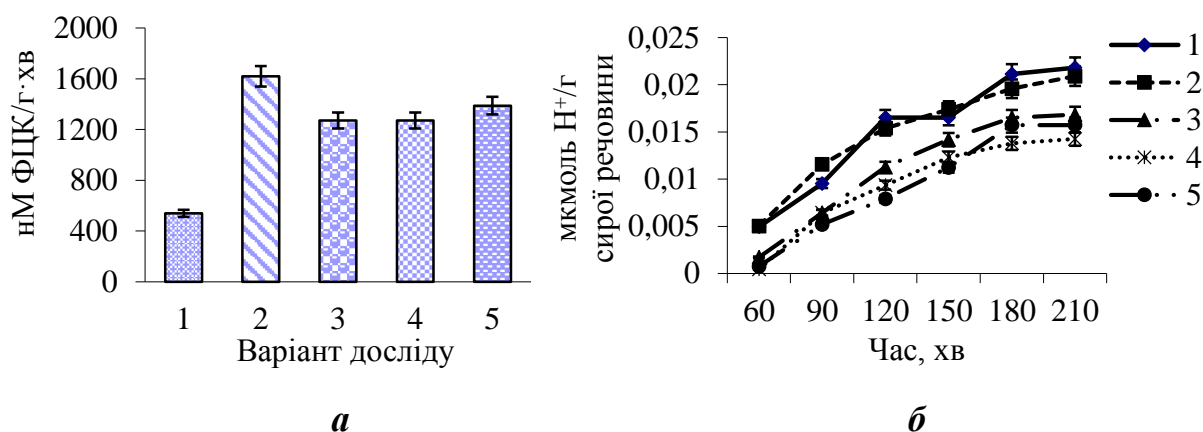


Рис. 3.3. ФВА (а) і вихід протонів  $H^+$  (б) з клітин коренів рослин пшениці озимої за дії позакореневого підживлення: 1 – обробка водою (контроль); 2 – Фізіоживлін; 3 – Брексіл Мікс; 4 – Мастер; 5 – Плантафол (лабораторний дослід, 14-добові рослини, 2013 р.).

За обробки КД Фізіоживлін суттєвих змін у кінетиці виходу протонів не спостерігалось. 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 цього параметра на 23, 35 і 28% відповідно до контрольних рослин [31].

Отже, обробка КД діє на функціональну активність тканин коренів, поповнюючи пул протонів та відновлюючи тим самим МП. Потрапляння поживних речовин з листків до клітин коренів сприяє, тим самим, відродженню відновлювальної здатності клітин коренів і підтриманню внутрішньоклітинного

pH й потенційної поглинальної здатності, створюючи високий енергетичний баланс рослинного організму.

У дослідах із застосуванням КД і фунгіцидів встановлено, що ФВА клітин коренів рослин пшениці м'якої у фазу колосіння-цвітіння за позакореневого підживлення КД Фізіоживлін зростало у 1,3 рази по відношенню до контролю та знижувалося при застосуванні фунгіциду Амістар Екстра 280 SC в 1,2 рази (рис. 3.4).

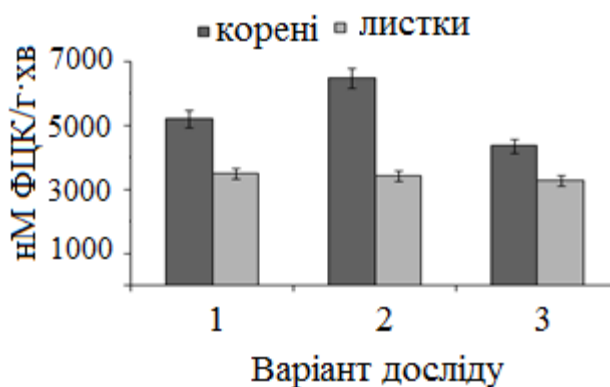


Рис. 3.4. ФВА листків і коренів пшениці м'якої сорту Зимоярка за дії позакореневого підживлення: 1 – обробка водою (контроль); 2 – Фізіоживлін; 3 – Фізіоживлін+Амістар Екстра 280 SC (вегетаційний дослід, фаза колосіння-цвітіння, 2013 р.).

ФВА листків за обробки Фізіоживліном залишалась на рівні контролю, а за дії фунгіциду Амістар Екстра 280 SC – знижувалась на 7%.

Разом із тим дослідження позакореневого підживлення КД Енерджен фулхум плюс разом із фунгіцидом Амістар Екстра 280 SC показало позитивний ефект, сприяючи збільшенню ФВА в клітинах коренів – у 13,7 рази, тоді як за дії лише КД Енерджен фулхум її величина збільшувалась – у 11,3 рази, а за дії фунгіциду Амістар Екстра 280 SC – в 2,3 рази. В листках ФВА також зростала: в 2,8, 1,4 та 1,4 рази відповідно (рис. 3.5).

За літературними даними відомо, що еквівалентність перенесення  $\bar{e}$  і  $H^+$  через мембрану рослинних клітин при відновленні фериціаніду може свідчити

про безпосередній зв'язок процесів відновлення фериціаніду і закислення поживного розчину.

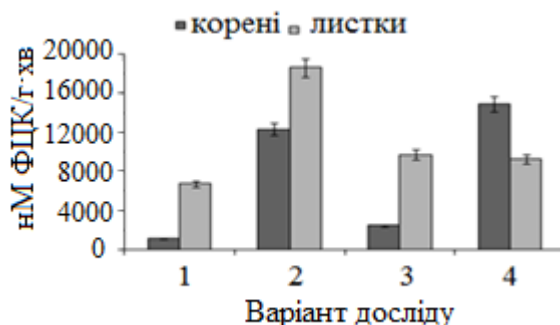


Рис. 3.5. ФВА клітин листків і коренів за дії позакореневої обробки КД Енерджен фулхум плюс + фунгіцид: 1 – обробка водою (контроль); 2 – Енерджен фулхум плюс; 3 – Амістар Екстра 280 SC; 4 – Енерджен фулхум плюс + Амістар Екстра 280 SC (вегетаційний дослід, фаза колосіння-цвітіння, 2013 р.).

Відомо, що у цьому процесі задіяний механізм трансмембранного відновлення фериціаніду НАД·Н<sub>2</sub>-дегідрогеназою [209].

Із наведених на рис. 3.6 даних видно, що позакоренево підживлення КД Фізіоживлін при вирощуванні рослин у вегетаційному досліді відмічена лише тенденція до зростання ФВА коренів на – 4,4%.

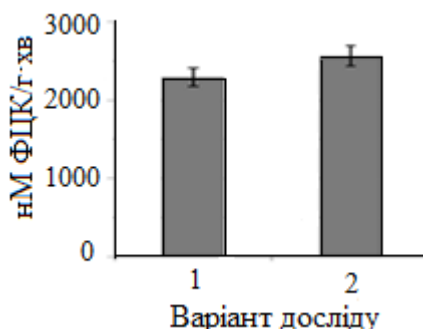


Рис 3.6 ФВА клітин коренів рослин пшениці озимої за дії позакореневого підживлення КД: 1 – обробка водою (контроль); 2 – Фізіоживлін (вегетаційний дослід, фаза колосіння цвітіння, 2008 р.).

Дослідження позакореневої обробки водорозчинним КД Гербагрін показало зниження ФВА клітин коренів пшениці озимої (рис. 3.7).

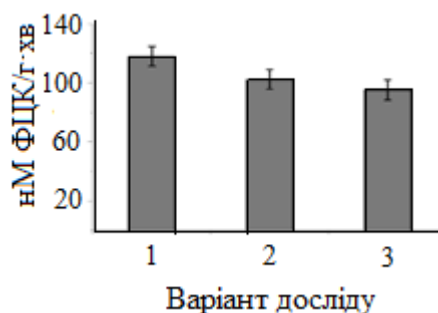


Рис. 3.7 ФВА клітин коренів пшениці озимої сорту Смуглянка за дії позакореневої обробки КД: 1 – обробка водою (контроль); 2 – Гербагрін (0,6 кг/га); 3 – Гербагрін (1,5 кг/га) (вегетаційний дослід, фаза колосіння-цвітіння, 2011 р.).

Так, при застосуванні КД Гербагрін (0,6 кг/га) ФВА знижувалась на 13%, а при обробці 1,5 кг/га цього добрива – на 19%. Оскільки ФВА відображає існуючий протонний градієнт в клітинах коренів, то його зниження може свідчити про збільшення частки аніонів та органічних кислот в клітинах за цих умов.

Отже, позакоренева обробка рослин пшениці КД впливала на функціональну активність тканин коренів, поповнюючи пул протонів та відновлюючи тим самим МП. Потрапляння поживних речовин 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.

### 3.2. Ферментативна активність компонентів антиоксидантної системи

За літературними даними, одним із основних механізмів системної фітостійкості вважається утворення АФК, в тому числі – пероксиду водню, що є субстратом для таких антиоксидантних ферментів, каталаза і пероксидаза [128, 222].

Проявом захисних реакцій рослинного організму є зростання активності термінальних оксидаз, що входять до складу антиоксидантної системи, зокрема, пероксидази, каталази та ін. [96, 137]. Так, каталаза відповідає за розкладання перекису та є фактором, що бере участь у регуляції змін фаз аеробних і анаеробних процесів, окислення перекисів в пероксисомах при фотодиханні [132]. Пероксидаза пов'язана з цілою низкою метаболічних перетворень у клітині. Відомо, що розчинні пероксидази представлені цитоплазматичною та слабо зв'язаною з клітинною стінкою ферментативними формами, що найбільш чутливі до стресових факторів [50, 53, 64, 79, 112].

Відомо, що за дії стресових чинників саме стійкіша рослина буде більш продуктивною [31, 33, 69–71].

Проведено низку досліджень, присвячених визначенню впливу різноманітних абіотичних факторів на пероксидазну активність рослин – кількість вологи, склад ґрунту, освітленість, температура навколишнього середовища, забруднення атмосферного повітря тощо [64, 79, 126, 128, 222]. Зважаючи на результати досліджень, в якості біоіндикаторів розвитку стійкості рослин використовуються зміни активності розчинних й слабо зв'язаних з клітинною стінкою форм пероксидаз [126].

Нами було проведено дослідження дії комплексними добривами на активність компонентів антиоксидантної системи, що показали певні відмінності.

У результаті досліджень встановлено зниження активності каталази на 25% за позакореневої обробки МКФ і в 1,7 рази – з 1,28 до 0,74 мл  $O_2 \cdot g^{-1} \cdot h^{-1}$  – за позакореневої обробки МКФ+Mg+Cu (табл. 3.3). Поряд з цим активність пероксидази в коренях дещо зросла – на 17,5% при обробці МКФ і майже вдвічі – при позакореневій обробці МКФ+Mg+Cu.

Визначення активності каталази і пероксидази в прапорцевих листках пшениці озимої у фазу колосіння-цвітіння в умовах вегетаційного дослідження мало подібну тенденцію (табл. 3.4). Активність ферменту каталази знизилася на 7,8%

– при позакореневій обробці МКФ + Амістар Екстра 280 SC і на 37% – тільки при обробці фунгіцидом.

Таблиця 3.3

**Активність каталази і пероксидази в тканинах коренів 14-добових рослин пшениці озимої за дії позакореневої обробки КД (лабораторний дослід, 2012 р.)**

Варіант досліджу		
Обробка водою (контроль)	МКФ	МКФ+Mg+Cu
активність каталази (КФ 1.11.1.6) (мл $O_2 \cdot \Gamma^{-1} \cdot \text{хв}^{-1}$ )		
1,28±0,06	0,96±0,05*	0,74±0,04*
активність пероксидази (КФ 1.11.1.7), $\Gamma^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$		
1,37±0,7	1,61±0,07*	2,92±0,1*

Примітка: \* – різниця з контролем достовірна при  $P \leq 0,05$ .

Обробка ж рослин пшениці озимої багатоконпонентною сумішшю знижувала каталазну активність на 26%.

Пероксидазна активність при цьому збільшувалася на  $0,082 \Gamma^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$  як при обробці МКФ, так і при додаванні до нього фунгіциду (див. табл. 3.4). В останньому варіанті, як і у випадку з каталазою, зміни активності були не настільки значні, тобто пероксидазна активність підвищувалася з  $0,115$  до  $0,124 \Gamma^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$  – на 7,8%.

Таблиця 3.4

**Ферментативна активність у листках рослин пшениці озимої за дії позакореневої обробки КД і фунгіциду (вегетаційний дослід, фаза колосіння-цвітіння, 2012 р.)**

Контроль	МКФ+Амістар Екстра 280 SC	Амістар Екстра 280 SC	МКФ+Mg+Cu + Амістар Екстра 280 SC
активність каталази (КФ 1.11.1.6) (мл $O_2 \cdot \Gamma^{-1} \cdot \text{хв}^{-1}$ )			
1,15±0,05	1,06±0,05	0,43±0,02*	0,85±0,05
активність пероксидази (КФ 1.11.1.7), $\Gamma^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$			
0,115±0,01	0,197±0,01*	0,198±0,01*	0,124±0,01

Примітка: \* – різниця з контролем достовірна при  $P \leq 0,05$ .

Але активні метаболічні процеси – поглинання й вихід речовин, підтримання гомеостазу, біосинтез органічних молекул і т.д. відбуваються із затратою енергії, що накопичена в макроергічних фосфатних зв'язках молекул АТФ, розщеплення яких відбувається за участі специфічних ферментів – АТФаз [112]. Визначення АТФазної активності в коренях у фазу колосіння-цвітіння показало підвищення активності ферменту при обробці Амістар Екстра 280 SC з 158,7 до 190,4 тобто на 31,7 мкг Р·г<sup>-1</sup> сирої речовини·год<sup>-1</sup>, при обробці сумішшю фунгіциду і МКФ – в 3,3 рази і при обробці сумішшю МКФ+Mg+Cu + Амістар Екстра 280 SC – в 3,8 разів (рис. 3.8).

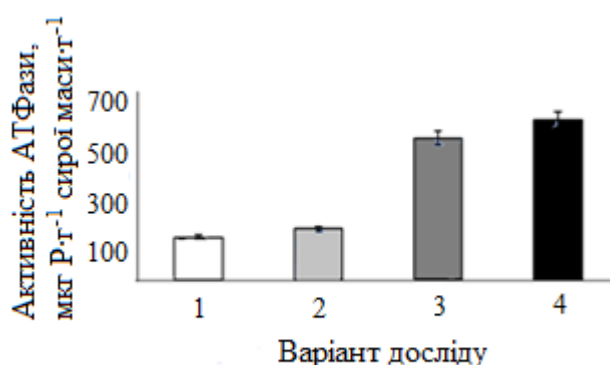


Рис. 3.8. АТФазна активність коренів пшениці озимої сорту Фаворитка за дії позакореневого підживлення КД і фунгіцидом: 1 – обробка водою (контроль); 2 – МКФ; 3 – Амістар Екстра 280 SC; 4 – МКФ+Mg+Cu (вегетаційний дослід, фаза колосіння-цвітіння, 2012 р.).

Отже, позакоренева обробка рослин фунгіцидом Амістар Екстра 280 SC окремо і в суміші з елементами живлення призводить до зміни активності ферментів антиоксидантних систем: збільшення активності пероксидази (КФ 1.11.1.7) та зниження активності каталази (КФ 1.11.1.6), що є показником розвитку стійкості рослин пшениці озимої до несприятливих чинників довкілля.

Нашими дослідженнями встановлено підвищення активності каталази за позакореневої обробки КД Фізіоживліном у 4 рази – на 0,25 мл О<sub>2</sub>·г<sup>-1</sup>·хв<sup>-1</sup> (рис. 3.9, *a*). Поряд з цим активність пероксидази в коренях зросла – на 32,5% відповідно (див. рис. 3.9, *b*).



Нами було показано, що активність ферменту каталази зростала при обробці Брексілом Мікс і Плантафолом у 3 рази – на  $0,17 \text{ мл O}_2 \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{хв}^{-1}$  і залишалась на рівні контрольних рослин при обробці Мастером. Пероксидазна активність при позакореневій обробці Брексілом Міксом і Плантафолом підвищилася на 42,6 і 32,5% відповідно, а Мастером – в 1,7 рази (див. рис. 3.9, *a*).

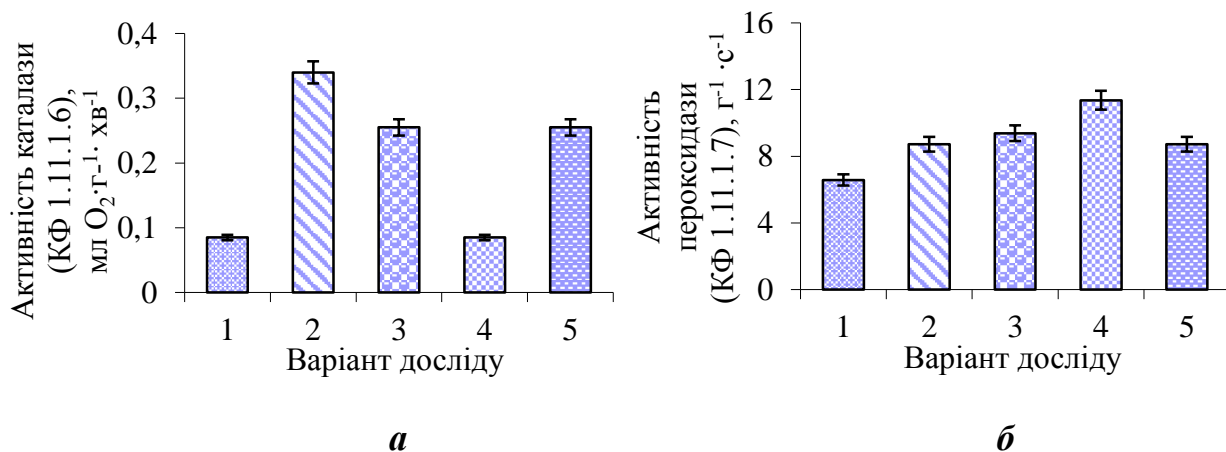


Рис. 3.9. Каталазна (*a*) і пероксидазна (*б*) активність клітин коренів рослин пшениці м'якої озимої за дії позакореневої обробки КД: 1 – обробка водою (контроль); 2 – Фізіоживлін; 3 – Брексіл Мікс; 4 – Мастер; 5 – Плантафол (лабораторний дослід, 14-добові рослини, 2013 р.).

Відомо, що мембранна Н-АТФаза, що активується фосфором, підтримує цитоплазматичний рН і регулює мембранний іонний транспорт, приймаючи безпосередню участь у створенні різниці потенціалів на мембрані, що важливо для протікання багатьох ферментативних процесів в рослинній клітині. Також встановлено існування тісного кореляційного зв'язку між АТФазною активністю та ефектом посилення аеробного дихання, що вважається одним із проявів захисних реакцій тканин [112, 193].

Визначення АТФазної активності в тканинах коренів показало підвищення активності ферменту при позакореневій обробці Фізіоживліном, Брексілом Міксом, Мастером і Плантафолом на 111; 142; 47 й 16  $\text{мкг P} \cdot \text{г}^{-1}$  сир. речовини  $\cdot \text{год}^{-1}$ , а отже на 19; 2; 8 і 3% відповідно (рис. 3.10).

Отже, підвищення АТФазної активності за обробки КД свідчить про активні метаболічні процеси в рослинних тканинах, зокрема – біосинтез органічних молекул, пов'язаний із активним накопиченням біомаси, що підтверджують наші попередні дані стосовно підвищення фітомаси рослин пшениці й у підсумку – їх господарської продуктивності.

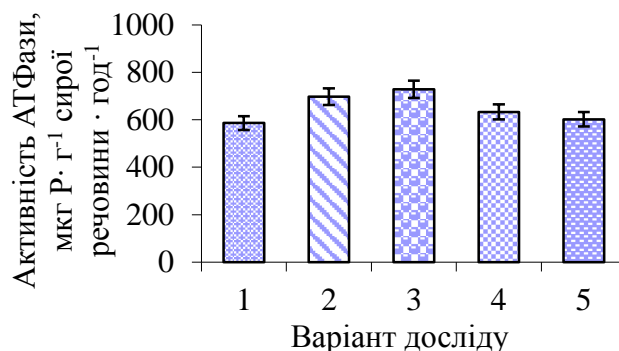


Рис. 3.10. АТФазна активність коренів пшениці озимої за дії позакореневої обробки КД: 1 – обробка водою (контроль); 2 – Фізіоживлін; 3 – Брексіл Мікс; 4 – Мастер; 5 – Плантафол (лабораторний дослід, 14-добові рослини, 2013 р.).

Позакоренева підживлення КД Фізіоживліном, Брексіл Міксом, Мастером, Плантафолом сприяло наростанню маси кореневої системи на 21,2; 3,5; 6,2 і 5,3% відповідно (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

**Наростання фітомаси 14-добових рослин пшениці м'якої озимої за дії позакореневого підживлення КД (лабораторний дослід, 2013 р.)**

Варіант дослід	Маса сирої речовини 10 рослин, г				
	листки	% до контролю	Корені	% до контролю	загальна маса
обробка водою (контроль)	1,63±0,04	–	1,13±0,02	–	2,76±0,11
Фізіоживлін	1,93±0,05*	118,4	1,37±0,03*	121,2	3,30±0,13*
Брексіл Мікс	1,67±0,05	102,4	1,17±0,02*	103,5	2,84±0,11
Мастер	1,83±0,05*	112,3	1,20±0,03*	106,2	3,03±0,12*
Плантафол	1,77±0,04*	108,5	1,19±0,02*	105,3	2,96±0,12*

Примітка: \* – різниця з контролем достовірна при  $P \leq 0,05$ .

Причому найбільший стимулюючий ефект на ріст кореневої системи зазнали рослини пшениці за обробки КД Фізіоживліном. За ступенем стимулюючої дії на ріст маси листків, добрива можна розташувати у наступній послідовності: Фізіоживлін > Плантафол > Брексіл Мікс > Мастер. В свою чергу, це сприяло зростанню загальної сирової маси рослин пшениці озимої з найбільшим ефектом від обробки Фізіоживліном на 0,54 г й Мастером – на 0,27 г [32, 33].

За даними В. С. Миколаївського [137] існує зв'язок між зростанням активності термінальних оксидаз та посиленням аеробного дихання. Тому зміна якості та активності антиоксидантних ферментів може слугувати як показником реакції рослинних клітин до несприятливих чинників середовища, так і для оцінки пристосування рослин. Отже, зміни в балансі активності досліджуваних окисно-відновних ферментів є показником підвищення адаптивних можливостей рослинного організму за сумісної дії фунгіцидів і фізіологічно активних речовин.

Визначення АТФазної активності в коренях (табл. 3.6) у фазу колосіння-цвітіння показало підвищення активності ферменту при обробці КД Фізіоживлін

Таблиця 3.6

**Активність АТФази тканин листків і коренів за позакореневої обробки рослин пшениці м'якої озимої сорту Зимоярка КД і фунгіцидами (дрібnodілянковий дослід, фаза колосіння – цвітіння, 2014 р.)**

Варіант досліджу	Активність АТФази, мкг Р·г <sup>-1</sup> сирової речовини·год <sup>-1</sup>	
	корені	листки
Контроль (Квадріс і Скор)	685,3±17,8	576,7±10,2
Фізіоживлін+(Квадріс і Скор)	887,5±17,7*	887,2±17,7*
Фізіоживлін+Хорус	710,0±14,2	769,2±15,4*

Примітка: \* – різниця з контролем достовірна при  $P \leq 0,05$ .

у суміші із фунгіцидами Хорус та Квадріс і Скор – на 24,7 мкг та 202,2 Р·г<sup>-1</sup> сир. речовини·год<sup>-1</sup> у коренях відповідно.

Таким чином, позакоренева обробка рослин фунгіцидом Амістар Екстра 280 SC окремо і в суміші з елементами живлення призводить до зміни активності ферментів антиоксидантної системи – збільшення активності пероксидази (КФ 1.11.1.7) та зниження активності каталази (КФ 1.11.1.6), що є показником розвитку стійкості рослин пшениці озимої до несприятливих чинників довкілля.

Ми передбачали, що фунгіциди й КД при сумісному застосуванні опосередковують свою дію, впливаючи не лише на пластичний, а й на енергетичний обмін рослин пшениці, одним із ключових ферментів якого є АТФаза.

За сумісного впливу фунгіцидів Квадріс та Скор і КД Енерджен фулхум плюс через три доби після обробки відмічено підвищення активності АТФази тканин листків і коренів (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

**Активність АТФази тканин листків і коренів за позакореневої обробки рослин пшениці м'якої озимої сорту Зимоярка КД і фунгіцидами (дрібnodілянковий дослід, фаза колосіння-цвітіння, 2014 р.)**

Варіант дослід	Активність АТФази, мкг Р·г <sup>-1</sup> сирі речовини·год <sup>-1</sup>	
	Корені	листки
Контроль (Квадріс і Скор)	473,3±18,5	236,7±9,3
Енерджен фулхум плюс + (Квадріс і Скор)	710,0±21,4*	295,8±11,6*
Енерджен фулхум плюс + Хорус	473,3±18,5	236,7±9,3

Примітка: \* – різниця з контролем достовірна при  $P \leq 0,05$ .

Отже, позакоренева обробка хелатними КД сприяє зростанню мембранного редокс-потенціалу та супроводжується підвищенням АТФазної та пероксидазної активності тканин коренів рослин пшениці озимої разом із збільшенням фітомаси рослин пшениці. Напевне, такий рістстимулюючий ефект викликаний дією КД на ферментативну активність й фітогормональний статус рослинного організму, що й сприяло поліпшенню поглинаючої здатності коренів і

функціонального стану фотосинтетичного апарату на початкових етапах росту рослин пшениці м'якої озимої.

Покращення ростових процесів сприяло поліпшенню морфогенезу і підвищенню стійкості рослин та спрямуванню потоку асимілятів на формування кращого урожаю порівняно із контрольними рослинами.

### **3.3. Вміст фітогормонів у рослинах пшениці озимої за обробки комплексними добривами**

Як відомо, процеси росту і розвитку рослин відбуваються завдяки тісній взаємодії різних регуляторних систем, зокрема – регуляції активності генів та гормональній, яка, відповідно, підлягає генетичному контролю. Відомо, що вплив певних чинників на фізіологічні процеси в рослинах, зокрема – пшениці опосередковуються змінами фітогормонального статусу: співвідношенням активуючих та інгібуючих фітогормонів. Зокрема, до гормонів стимулюючої природи, що регулюють ріст і морфогенез тканин відносяться ауксини і цитокініни. ІОК стимулює ріст розтягуванням, утворення додаткових коренів, регулює апікальну домінанту та виконує інші важливі функції. Відома участь цитокінінів у процесах росту, диференціації клітин, активації росту розтягненням ізольованих листків, регуляції азотного живлення, посиленні інтенсивності фосфорилування, синтезі АТФ, стимуляції синтезу Рубіско та активуванні фотосинтезу [163, 213]. АБК виконує роль інгібітора ростових процесів [165, 203].

У контрольованих умовах лабораторних дослідів нами встановлений вплив КД Фізіоживлін на наростання маси органів та фітогормональний статус рослин пшениці озимої за вмістом фітогормонів ІОК, АБК, З і ЗР [22, 181, 182, 288].

Показано, що збільшення маси коренів за передпосівної обробки насіння КД супроводжувалося зростанням вмісту в тканинах ендогенної ІОК (табл. 3.8).

**Маса коренів рослин пшениці озимої за передпосівної обробки насіння  
(лабораторний дослід, 14-добові рослини, 2006 р.)**

Варіант дослід	Маса коренів рослин, г	% до контролю
обробка водою (контроль)	3,90±0,08	100,0
Фізіоживлін	4,51±0,09*	115,6

Примітка: \* – різниця з контролем достовірна при  $P \leq 0,05$ .

Нашими дослідженнями показано, що вміст ІОК в тканинах коренів зростав на 21,9%, а в листках – в 4 рази (рис 3.11, *а*). В той же час вміст АБК в коренях суттєво зменшувався – на 31,5%, а в листках, де відбувається її синтез – зростав, але несуттєво – на 10,3% (рис. 3.11, *б*). В той же час, за цих умов знижувався вміст фітогормонів цитокінінової природи – З і ЗР у тканинах коренів (див. рис. 3.11, *а*).

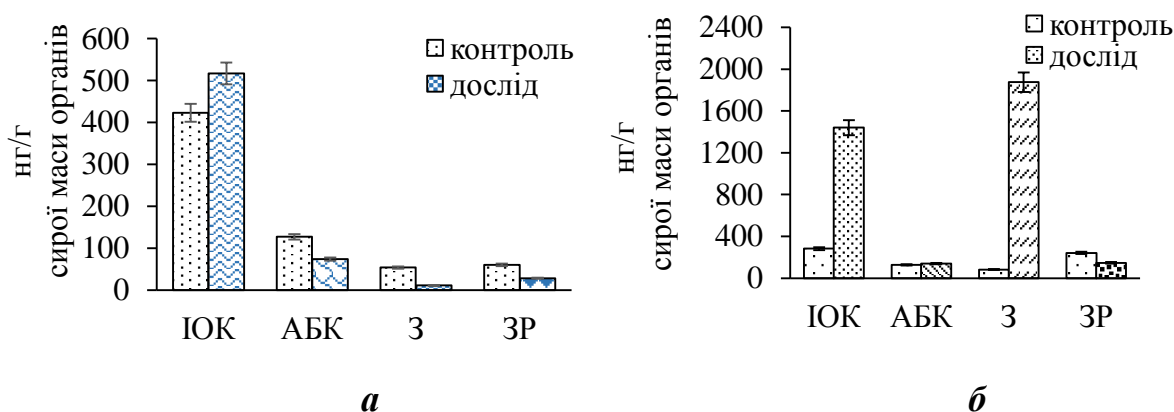


Рис. 3.11. Вміст фітогормонів в органах рослин (*а* – коренях, *б* – листках) пшениці озимої за дії передпосівної обробки насіння КД Фізіоживлін (лабораторний дослід, 14-добові рослини, 2006 р.).

Встановлено, що за передпосівної обробки насіння пшениці КД Фізіоживлін змінювалося співвідношення рiстактивуєчого i iнгiбуючого гормонiв – ІОК/АБК в коренях – 6,9:1 проти 3,3:1 – у контрольних рослинах. В листках це співвідношення зростало більш суттєво i становило 10,4:1 проти 2,2:1 в контролі, тобто збільшувалося у 4,7 рази (рис. 3.12).

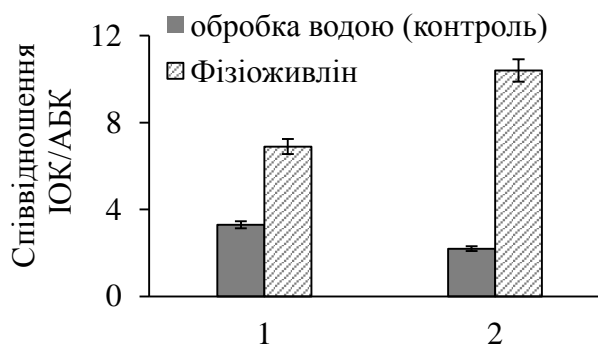


Рис. 3.12. Співвідношення ІОК/АБК в коренях і листках за дії передпосівної обробки насіння КД: 1 – корені; 2 – листки (лабораторний дослід, 14-добові рослини, 2006 р.).

Отже, передпосівна обробка насіння сприяла зростанню співвідношення фітогормонів ІОК/АБК завдяки збільшенню вмісту ІОК в листках і коренях, що призводило до стимулювання ростових процесів, яке корелювало із наростанням фітомаси рослин пшениці м'якої озимої.

Нами показано відмінності між сортами за вмістом фітогормонів-антагоністів – ІОК і АБК під впливом КД Фізіоживлін (передпосівна обробка) в листках надсильних і цінних сортів пшениці озимої (Панна, Подолянка і Перлина Лісостепу). Встановлено, що за вмістом АБК в листках контрольних рослин сорти розміщувалися в наступній послідовності: надсильні (Панна) > сильні (Подолянка) > цінні (Перлина лісостепу) (рис. 3.13, *a*). Із наведених даних видно див. рис. 3.13, що в контролі у листках рослин сорту Панна, яка відноситься до надсильних пшениць вміст АБК становив 278 нг/г сирової речовини листків проти 153 нг/г в листках сильної пшениці сорту Подолянка та 126 нг/г сирової маси в листках цінної пшениці сорту Перлина Лісостепу. В листках дослідних рослин сорту Панна її величина зростала майже у 18 разів, а в листках сортів Подолянка і Перлина Лісостепу – на 38,6 і 10,3% відповідно (див. рис. 3.13, *b*)

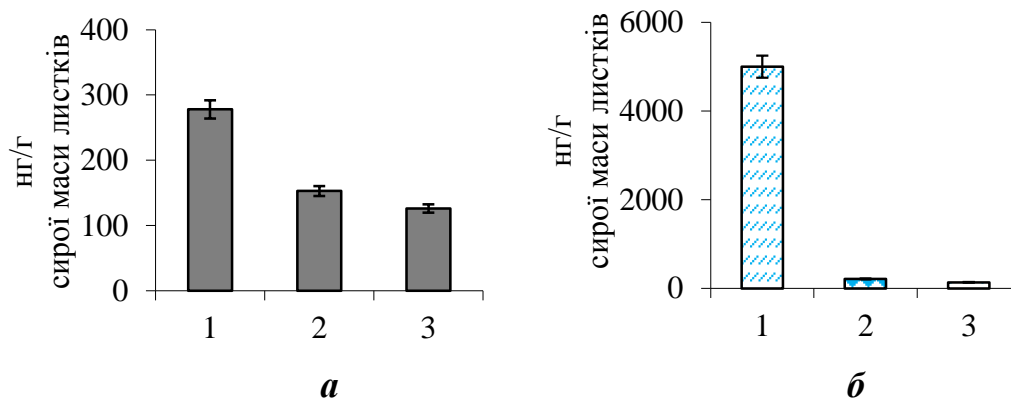


Рис. 3.13. Вміст АБК в листках (а) контрольних і (б) дослідних (передпосівної обробки КД Фізіоживліном) рослин пшениці озимої сортів: 1 – Панна; 2 – Подільянка; 3 – Перлина Лісостепу (лабораторний дослід, 14-добові рослини, 2006 р.).

Наведені на рис. 3.14. дані свідчать, що в контролі за вмістом ІОК в листках досліджуваних нами сорти розміщувалися в наступному порядку Подільянка > Панна > Перлина Лісостепу. У листках контрольних рослин сорту Подільянка вміст ІОК складав 945 нг/г проти 615 і 283 нг/г сирої речовини у сортів Панна та Перлина Лісостепу.

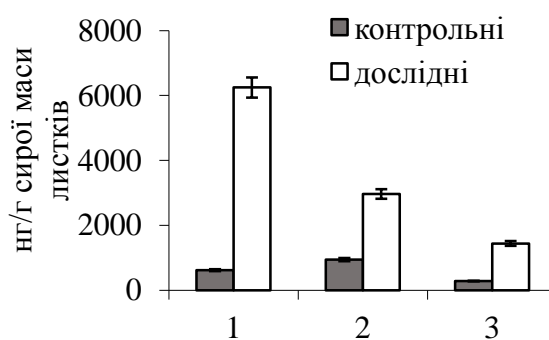


Рис. 3.14. Вміст ІОК в листках контрольних і дослідних (передпосівна обробка КД Фізіоживліном) рослин сортів: 1 – Панна; 2 – Подільянка; 3 – Перлина Лісостепу (лабораторний дослід, 14-добові рослини, 2006 р.).

Встановлено, що за передпосівної обробки насіння КД Фізіоживлін вміст ІОК у листках рослин досліджуваних сортів зростає у різному ступені. У листках рослин сорту Панна величина її зростала у 10,2 рази, а сортів Перлина Лісостепу



і Подолянка – у 5 і 3,1 рази відповідно. Цілком зрозуміло, що співвідношення між вмістом ІОК і АБК в листках досліджуваних сортів відрізнялось, що може свідчити про певну сортову специфічність (рис 3.15)

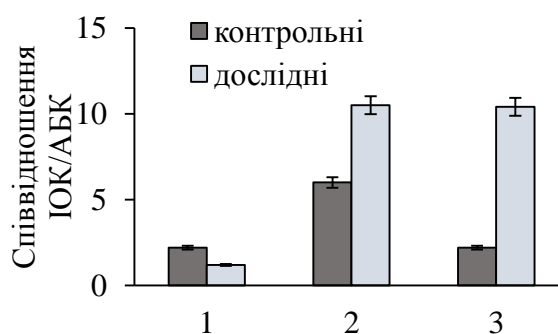


Рис. 3.15. Співвідношення вмісту ІОК/АБК в листках контрольних і дослідних рослин (передпосівна обробка Фізіоживліном): 1 – Панна, 2 – Подолянка, 3 – Перлина Лісостепу (лабораторний дослід, 14-добові рослини, 2006 р.).

Встановлено, що рослини сорту Перлина Лісостепу, який відноситься до цінних сортів, характеризувався найбільш значною зміною співвідношення вмісту ІОК/АБК в листках рослин за передпосівної обробки насіння розчином КД Фізіоживлін, збільшуючись майже в 5 разів. В той час як в листках сильного сорту Подолянки вона зростала – у 1,75 разів. Співвідношення ІОК/АБК у листках сорту Панна, що відноситься до надсильних сортів, змінювалося менше і становило 2,2 у листках контрольних рослин та 1,2 – у дослідних.

Таким чином, передпосівна обробка насіння Фізіоживліном сприяє суттєвому зростанню співвідношенню ІОК/АБК в листках різних сортів пшениці озимої. Найбільш значно ця дія проявляється у рослин надсильного сорту Панна, менш виражена вона у сильного сорту Подолянка, тоді як цінний сорт Перлина Лісостепу відрізнявся найнижчим вмістом фітогормонів.

Отже, рістстимулюючий ефект за дії КД Фізіоживлін, обумовлений змінами фітогормонального статусу у бік рістактивуючих гормонів та ферментативної активності, що стимулює процеси росту і морфогенезу рослин пшениці м'якої озимої.

### 3.4. Коренебезпеченість рослин пшениці озимої за дії комплексних добрив

Відомо, що активність корневих волосків у поглинанні води і мінеральних елементів із ґрунту на кілька порядків вище, ніж основної частини кореня, а маса на кілька порядків менша. Тому нашу увагу привернули дослідження таких показників, як площа загальної і робочої поверхні коренів (остання є поглинальною площею або площею корневих волосків). Дослідженнями було встановлено, що загальна площа кореневої системи пшениці м'якої за позакореневого підживлення КД Фізіоживліном збільшилась на 7,1%, а активна – на 6% відповідно до контрольних рослин (табл. 3.9). При обробці ж водорозчинним КД Нутривант плюс зерновий зростала загальна площа кореневої системи на 16,6%, а активна площа при цьому дещо знижувалася.

Таблиця 3.9

#### Наростання маси органів рослин пшениці і площі кореневої системи за дії КД Фізіоживлін і Нутривант плюс зерновий (вегетаційний дослід, фаза вихід в трубку, колосіння–цвітіння)

Варіант дослідів	Маса		Площа поверхні коренів, м <sup>2</sup>		
	стебел, г/рослину	коренів, г/рослину	загальна	активна	активна/ загальна
сорт Хуторянка, 2008 р.					
обробка водою (контроль)	10,2±0,3	3,3±0,1	4,2±0,1	1,90±0,05	0,45
Фізіоживлін	10,6±0,4	3,7±0,1*	4,5±0,1*	2,01±0,04	0,44
Нутривант плюс зерновий	10,1±0,3	2,5±0,08*	4,9±0,1*	1,40±0,04*	0,28
сорт Смуглянка, 2013 р.					
Обробка водою (контроль)	10,0±0,3	2,4±0,07	2,95±0,09	1,33±0,04	0,45
Фізіоживлін (фаза вихід в трубку)	10,6±0,3	3,0±0,09*	4,39±0,1*	1,69±0,05	0,38
Фізіоживлін (фаза колосіння)	14,3±0,4	3,4±0,1*	5,21±0,2*	2,4±0,07*	0,46

Примітка: \* – різниця з контролем достовірна при  $P \leq 0,05$ .

Нашими дослідженнями встановлено, що загальна площа кореневої системи пшениці м'якої, обробленої КД Фізіоживлін у фазу виходу в трубку, зросла в 1,8 разів, а активна – в 0,4 рази. Дослідженнями встановлено також, що загальна площа кореневої системи пшениці м'якої за позакореневого підживлення КД Фізіоживлін у фазу колосіння збільшувалася в 2,3 рази, а активна – в 1,1 рази. Відмічено тенденцію до збільшення співвідношення площі активної поверхні коренів до загальної – на 2,0%.

Нами показано, що маса коренів при позакореновому підживленні КД Фізіоживлін на початкових етапах розвитку зростала на 12,1%, а у фазу виходу в трубку вона підвищувалася більш суттєво – на 25%. Найбільше ж зростання маси коренів було відмічене у фазу колосіння – на 41,6% , що й не дивно, оскільки у цей час акцептором асимілятів для рослини пшениці виступає колос. Разом із тим при достатньому забезпеченні поживними елементами активно розвивається фотосинтетичний апарат, який стимулює зростання коренебезпечення рослин, що підтвердилось нашими дослідженнями.

Варто відмітити, що саме розвиток поглинальної частини кореневої системи за обробки КД Фізіоживлін і Нутривант плюс зерновий призвела до кращого розвитку кореневої системи.

Нами встановлено, що позакореневе підживлення дослідних рослин призводило до зростання маси і об'єму кореневої системи.

У дрібноділянкових дослідженнях нами показано вплив обробки природним КД Енерджент фулхум плюс в суміші із фунгіцидом Амістар Екстра 280 SC на морфогенез рослин пшениці м'якої озимої сорту Смуглянка. Дослідженнями встановлено збільшення площі прапорцевих листків рослин пшениці м'якої озимої у фазу колосіння через тиждень після обробки сумішшю майже у 1,5 рази – від 30,3 см<sup>2</sup> в контролі – до 45,2 см<sup>2</sup> у досліді (табл. 3.10).

Виявилось також, що загальна площа кореневої системи оброблених рослин зросла у 1,7 разів, а активна – в 2,3 рази, що призвело до збільшення співвідношення площі активної поверхні коренів до загальної – на 29%.

**Площа листків і коренів пшениці озимої сорту Смуглянка за дії КД  
Енерджен фулхум плюс (дрібnodілянковий дослід, фаза колосіння-цвітіння,  
2013 р.)**

Варіант досліджу	Площа листків, см <sup>2</sup>	Площа коренів, м <sup>2</sup>		
		загальна	активна	співвідношення активна/загальна
контроль	30,3±0,6	8,8±0,2	2,1±0,04	0,24±0,01
Енерджен фулхум плюс+ Амістар Екстра 280 SC	45,2±0,9*	15,3±0,3*	4,8±0,1*	0,31±0,01

Примітка: \* – різниця з контролем достовірна при  $P \leq 0,05$ .

Отже, саме розвиток поглинальної частини кореневої системи за обробки сумішшю природного КД і фунгіциду Амістар Екстра 280 SC, порівняно із обробкою лише фунгіцидом, сприяв кращому розвитку фотосинтетичного апарату рослин пшениці озимої.

Встановлено, що позакореневе підживлення КД Фізіоживлін призводило до зростання маси і об'єму кореневої системи (табл. 3.11).

Із наведених в таблиці 3.11 даних видно, що за позакореневого підживлення КД Фізіоживлін наростання маси коренів і їх поверхні було більш значним. За цих умов маса коренів збільшувалася на 41,6%. Загальна ж і робоча поверхня коренів зростала відповідно на 80,45%.

Таблиця 3.11

**Наростання кореневої системи рослин пшениці озимої сорту Смуглянка за дії КД Фізіоживлін (вегетаційний дослід, фаза колосіння, 2013 р.)**

Варіант досліджу	Маса коренів, г/рослину	% до контролю	Площа поверхні коренів, м <sup>2</sup>		
			загальна	активна	співвідношення активна/загальна
Обробка водою (контроль)	2,4±0,05	100	2,95±0,06	1,33±0,03	0,45
Фізіоживлін	3,4±0,07*	141,6	5,21±0,1*	2,4±0,05*	0,46

Примітка: \* – різниця з контролем достовірна при  $P \leq 0,05$ .

Нашими дослідженнями виявлений також рістрегулюючий вплив суміші фунгіцидів класу триазолів (Скор) і стробілуринів (Квадріс) при застосуванні разом із КД Фізіоживлін на рослини пшениці озимої сорту Зимоярка (табл. 3.12). Встановлено збільшення загальної площі листків і коренів на рослину (головний пагін) пшениці м'якої озимої (фаза колосіння) через тиждень після другої обробки сумішшю.

Таблиця 3.12

**Площа листків і коренів та загальна коренебезпеченість рослин пшениці м'якої сорту Зимоярка за дії КД і фунгіциду (дрібноділянковий дослід, фаза колосіння-цвітіння, 2014 р.)**

Варіант досліджу	Загальна площа		Робоча площа коренів, м <sup>2</sup> /рослину	Співвідношення робоча/загальна
	листоків, см <sup>2</sup> /рослину	коренів, м <sup>2</sup> /рослину		
Контроль (Квадріс і Скор)	60,5±2,42	3,8±0,15	1,54±0,06	0,40
Фізіоживлін + Квадріс і Скор (д.р. азоксістробін і дифеканозол)	72,4±4,1*	4,0±0,3	1,72±0,07*	0,43
Фізіоживлін + Хорус (д.р. ципродиніл)	61,2±3,7	4,0±0,3	1,66±0,06*	0,42

Примітка: \* – різниця з контролем достовірна при  $P \leq 0,05$ .

Якщо за обробки Енерджен фулхум плюс+фунгіциди (Квадріс і Скор) загальна площа листків зросла на 18,6%, то за обробки Енерджен фулхум плюс + фунгіцид Хорус – лише на 6,3% (табл. 3.13).

Загальна площа коренів на рослину також зростала – на 19% за позакореневої обробки КД Фізіоживлін + обробка ципродиніл (Хорус) та на 37% – за позакореневої обробки КД Енерджен фулхум плюс + обробка сумішшю азоксістробін і дифеканозол.

Також мала тенденцію до збільшення загальна коренебезпеченість листового апарату (в см<sup>2</sup> коренів/1 см<sup>2</sup> листка) – на 0,024 за дії КД Енерджен фулхум плюс + ципродиніл (Хорус) та на 0,025 – за дії КД Енерджен фулхум плюс + суміш азоксістробін і дифеканозол (Квадріс та Скор) проти 0,022 – у контрольних рослинах (див. табл. 3.13).

**Площа листків і коренів та загальна коренебезпеченість рослин пшениці м'якої сорту Зимоярка за дії КД і фунгіциду (дрібноділянковий дослід, фаза колосіння-цвітіння, 2014 р.)**

Варіант досліджу	Загальна площа		Загальна коренебезпеченість листкового апарату, ум. од. (см <sup>2</sup> коренів/1 см <sup>2</sup> листка)
	листоків, см <sup>2</sup> /рослину	коренів, м <sup>2</sup> /рослину	
контроль (Квадріс і Скор)	87,7±3,2	1,9±0,2	0,022
Енерджен фулхум плюс + фунгіциди Квадріс і Скор	104,0±4,1*	2,60±0,3*	0,025
Енерджен фулхум плюс + фунгіцид Хорус	93,2±3,7*	2,26±0,3	0,024

Примітка: \* – різниця з контролем достовірна при  $P \leq 0,05$ .

Таким чином, сумісне застосування фунгіциду й КД природного походження сприяє поліпшенню розвитку листкового апарату й кореневої системи, а також і загальній коренебезпеченості рослин пшениці озимої. Очевидно, що одним із багатьох чинників, які здатні призводити до покращення росту кореневої системи, було й поліпшення складу ґрунтової мікробіоти у ризосферному шарі за умов застосування мікродобрих.

### **3.5. Інтенсивність транспірації та поглинання і вмісту іонів $K^+$ і $Ca^{2+}$ в клітинних компартментах рослин пшениці озимої**

Відомо, що вода всмоктується крізь кореневі волоски завдяки осмосу і по апопласту потрапляє до ксилеми центрального осевого циліндру. Поживні ж елементи потрапляють до клітин завдяки пасивному чи активному трансмембранному транспорту.

Транспортування води по рослині вгору здійснюється у результаті спільної дії таких факторів, як кореневий тиск (нижній кінцевий двигун) та транспірація (верхній кінцевий двигун). Завдяки транспірації підтримується потік води у ксилемі.

Кореневий тиск – це всмоктувальна сила всіх корневих волосків, яка спричинює в рослині односторонній потік води з розчиненими речовинами незалежно від транспірації. Пересування води з розчинними в ній мінеральними елементами в клітинах кореня йде наступним чином: кореневі волоски, клітини корової паренхіми, ендодерму, перицикл, судини ксилеми осьового циліндра кореня [174]. Далі надходження елементів у надземні органи іде транспіраційним потоком через провідні тканини ксилеми – судини та трахеїди – шлях дальнього іонного транспорту.

За інтенсивної транспірації концентрація солей в ксилемі зростає і за законом осмосу сприяє руху в середину кореня. Згідно літературних даних [92], калій ксилемного соку на шляху висхідного руху частково переходить у флоему і повертається у корінь, де незначна його частина акумулюється клітинами кореня, а більша – знову потрапляє в ксилемний сік. Хоча насправді процес пересування води більш складний, оскільки включає також електростатичну і хімічну взаємодію між іонами [112, 128].

Нашими дослідженнями показано, що за передпосівної обробки насіння пшениці КД Фізіоживлін відбувається збільшення інтенсивності транспірації на 12,8% при зниженні її величини за дії ДМ Cu+V та Zn+V (рис. 3.16, *a*).

Показано збільшення інтенсивності транспірації в 1,8 разів за позакореневої обробки рослин пшениці м'якої сорту Зимоярка КД Фізіоживлін, тоді як суміш із фунгіцидом невілювала цей ефект (рис. 3.16, *б*).

Також спостерігалось збільшення інтенсивності транспірації пшениці сорту Зимоярка на третю добу після другої обробки КД Енерджен фулхум плюс, яка посилювалась при додаванні до суміші із добривом фунгіциду Амістар Екстра 280 SC (рис. 3.17, *a*).

Аналогічна закономірність дії на транспірацію спостерігалась за позакореневої обробки рослин пшениці сорту Зимоярка природним КД Енерджен фулхум плюс (рис. 3.17, *б*). Тоді як, обробка сумішшю КД Енерджен фулхума плюс із фунгіцидами іншого складу показала навіть тенденцію до зниження інтенсивності транспірації прапорцевих листків (див. рис. 3.17, *б*).

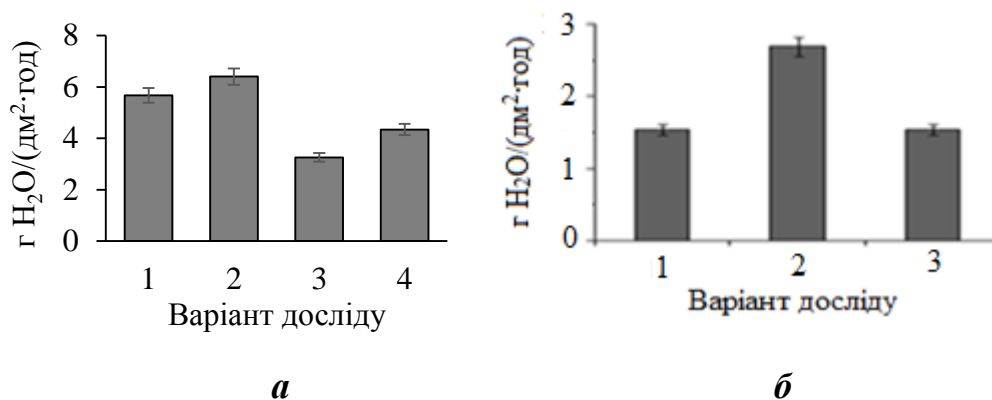


Рис. 3.16. Інтенсивність транспірації листків пшениці м'якої озимої (**а**) сорту Ятрань 60 за дії передпосівної обробки насіння КД: 1 – Обробка водою (контроль); 2 – Фізіоживлін; 3 – Cu+B; 4 – Zn+B (лабораторний дослід, 14-добові рослини, 2002 р.) та позакореневої обробки пшениці м'якої (**б**) сорту Зимоярка КД і фунгіциду: 1 – контроль; 2 – Фізіоживлін; 3 – Фізіоживлін + Амістар Екстра 280 SC (вегетаційний дослід, фаза колосіння-цвітіння, 2013 р.)

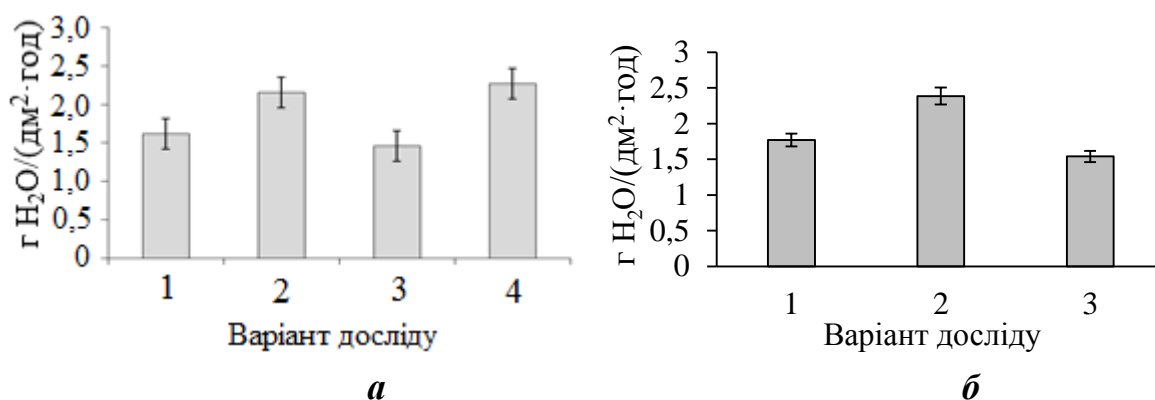


Рис. 3.17. Інтенсивність транспірації листків м'якої пшениці сорту Зимоярка за обробки КД Енерджен фулхум плюс і фунгіцидами (**а**): 1 – обробка водою (контроль), 2 – Енерджен фулхум плюс, 3 – Амістар Екстра 280 SC, 4 – Енерджен фулхум плюс + Амістар Екстра 280 SC (вегетаційний дослід, фаза колосіння-цвітіння, 2013 р.); (**б**) 1 – контроль (Квадріс і Скор); 2 – Енерджен фулхум плюс +Хорус; 3 – Енерджен фулхум плюс + (Квадріс і Скор) (вегетаційний дослід, фаза колосіння-цвітіння, 2014 р.).

Такі відмінності дії фунгіцидів можуть пояснюватися різною концентрацією і складовими фунгіцидів, що обумовлює синергічний вплив



суміші добрива разом із фунгіцидом Амістар Екстра 280 SC на водний обмін рослин пшениці м'якої.

Відомо, що такі катіони як калій і кальцій беруть участь у функціонуванні транспортних систем, регуляції активності мембранних  $H^+$ -АТФаз і функціонуванні сигнальних систем та відіграють надзвичайно важливу роль в енергетичному обміні, по-різному впливають на процеси поглинання води і транспірації [44, 120, 123, 126, 152, 153].

Найбільший вміст калію у вакуолях, де на світлі кількість його може зростати, що сприяє швидкому надходженню до них води, підвищенню тургору і відкриттю продихів та підвищенню інтенсивності транспірації і фотосинтезу [67]. Проте взаємозв'язок між транспірацією і поглинанням іонів калію рослинами вивчено недостатньо. Зокрема, актуальним є дослідження впливу КД на поглинання і транспорт калію та рухи продихів. При слабкій транспірації концентрація солей у ксилемі зростає і за законом осмосу сприяє руху всередині кореня. Дослідження впливу КД на поглинання іонів  $K^+$  і  $Ca^{2+}$  коренями є важливим для вивчення ролі макро- і мікроелементів у передачі їх сигнальної дії та участі в енергетичних процесах у рослинних клітинах.

Проведені нами дослідження [18, 187, 190, 287] показали, що як передпосівна обробка насіння, так і позакореневе підживлення КД Фізіоживлін, та вплив ДМ  $Cu+V$  і  $Zn+V$  на поглинання катіонів калію і кальцію залежать від концентрації елементів живлення в поживному розчині.

Встановлено, що при вирощуванні рослин на 0,5 н ПС X–A позакореневе підживлення КД Фізіоживлін і ДМ  $Cu+V$  та  $Zn+V$  сприяло менш суттєвому збільшенню поглинання іонів  $K^+$  і  $Ca^{2+}$  рослинами, ніж при вирощуванні їх на повній ПС X–A.

Наведені в табл. 3.14 дані свідчать про відсутність значного впливу як передпосівної обробки насіння, так і позакореневих підживлень хелатованим КД Фізіоживлін і ДМ, на інтенсивність поглинання калію при вирощуванні рослин на 0,5 н X–A ПС. Встановлено, що у досліджуваних рослин ця величина майже не змінювалася в межах достовірності.

**Поглинання  $K^+$  коренями пшениці озимої за передпосівної обробки насіння і позакореневого підживлення рослин КД і ДМ при вирощуванні рослин на 0,5 н ПС Х–А (лабораторний дослід, 14-добові рослини, 2001 р.)**

Варіант досліджу	нг $K^+$ /(рослину·хв)	% до контролю
передпосівна обробка насіння		
обробка водою (контроль)	23,7±0,47	–
Фізіоживлін	23,80±0,5	101
Cu+B	23,84±0,48	101
Zn+B	23,81±0,47	101
позакоренеve підживлення		
обробка водою (контроль)	23,65±0,47	–
Фізіоживлін	24,19±0,5	102
Cu+B	23,89±0,5	101
Zn+B	23,89±0,47	101

Примітка: \* – різниця з контролем достовірна при  $P \leq 0,05$ .

Із наведених в табл. 3.15. даних видно, що на повній ПС Х–А інтенсивність поглинання калію після передпосівної обробки насіння і позакореневого підживлення рослин навіть дещо знижувалася по відношенню до контролю.

Таблиця 3.15

**Поглинання  $K^+$  коренями пшениці озимої за передпосівної обробки насіння і позакореневого підживлення рослин КД і ДМ при вирощуванні рослин на 0,5 н ПС Х–А (лабораторний дослід, 14-добові рослини, 2001 р.)**

Варіант досліджу	нг $K^+$ /(рослину·хв)	% до контролю
передпосівна обробка насіння		
Обробка водою (контроль)	50,25±1,2	–
Фізіоживлін	48,55±0,97	97
Cu+B	50,52±1,0	101
позакоренеve підживлення		
Обробка водою (контроль)	50,25±1,2	–
Фізіоживлін	50,20±1,0	100
Zn+B	50,70±1,02	101

Примітка: \* – різниця з контролем достовірна при  $P \leq 0,05$ .

При цьому необхідно відмітити, що поглинання калію рослинами вирощеними на 1 н ПС Х–А залежно від способів застосування КД зростало в порівнянні з рослинами вирощеними на 0,5 н ПС Х–А від 23–24 нг/(рослину хв) до 48–50 нг/(рослину·хв), тобто у 2 рази.

Отже, нами встановлено, що передпосівна обробка насіння КД Фізіоживліном і ДМ Cu+В і Zn+В, як і позакореневе підживлення, майже не впливають на поглинання калію рослинами. Величина його зростала у два рази лише за умови рівнозначного збільшення концентрації калію в поживному розчині за рахунок збільшення внесення ПС Х–А. Зовсім інша закономірність була встановлена при вивченні впливу передпосівної обробки насіння і позакореневого підживлення на поглинання іонів  $Ca^{2+}$  рослинами.

Із наведених в табл. 3.16 даних видно, що позакореневе підживлення рослин пшениці озимої, які вирощувалися на 0,5 н ПС Х–А, викликало зростання поглинання іонів  $Ca^{2+}$  на 7,4–10,6%.

Таблиця 3.16

**Поглинання  $Ca^{2+}$  коренями пшениці озимої при вирощуванні рослин на 0,5 н ПС Х–А за дії передпосівної обробки насіння і позакореневого підживлення КД і ДМ (лабораторний дослід, 14-добові рослини, 2001 р.)**

Варіант досліджу	нг $Ca^{2+}$ /(рослину·хв)	% до контролю
передпосівна обробка насіння		
обробка водою (контроль)	10,85±0,22	–
Фізіоживлін	11,12±0,23	103
CuSO <sub>4</sub> +H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	11,34±0,23	105
ZnSO <sub>4</sub> +H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	11,50±0,24*	106
позакореневе підживлення		
обробка водою (контроль)	10,85±0,22	–
Фізіоживлін	11,92±0,24*	110
CuSO <sub>4</sub> +H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	12,00±0,24*	111
ZnSO <sub>4</sub> +H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	11,65±0,23*	107

Примітка: \* – різниця з контролем достовірна при  $P \leq 0,05$ .

За передпосівної ж обробки насіння досліджуваними комплексними добривами поглинання кальцію рослинами також зростало, але в меншій мірі. При використанні КД Фізіоживлін величина його зростала на 2,9%, а ДМ Cu+V та Zn+V на – 5,0 і 6,5% відповідно.

Більш різке зростання поглинання катіонів кальцію за дії КД спостерігалось при вирощуванні рослин на повній нормі ПС X–A.

Отримані дані свідчать про те, що при позакореновому підживленні КД Фізіоживлін поглинання кальцію зростало на 67,8%, а ДМ Cu+V – на 49,8% (табл. 3.17).

Таблиця 3.17

**Поглинання  $\text{Ca}^{2+}$  коренями пшениці озимої при вирощуванні рослин на 1н ПС X–A за дії передпосівної обробки насіння і позакоренового підживлення КД і ДМ (лабораторний дослід, 14-добові рослини, 2001 р.)**

Варіант досліджу	нг $\text{Ca}^{2+}$ /(рослину·хв)	% до контролю
передпосівна обробка насіння		
обробка водою (контроль)	16,80±0,34	–
Фізіоживлін	28,01±1,4*	167
Cu+V	30,23±0,6*	180
Zn+V	27,50±0,55*	164
позакоренево підживлення		
обробка водою (контроль)	16,80±0,34	–
Фізіоживлін	28,20±0,56*	168
Cu+V	25,17±0,56*	150

Примітка: \* – різниця з контролем достовірна при  $P \leq 0,05$ .

Значне підвищення поглинання  $\text{Ca}^{2+}$  було відмічено і після передпосівної обробки насіння досліджуваними КД. Із наведених даних видно, що поглинання кальцію залежало від способу внесення добрив, при повній нормі внесення ПС X–A було в межах 16,8–30,2 (нг/рослину·хв).

Отже, наші дослідження показали, що інтенсивність поглинання кальцію рослинами, що вирощувалися на 1н ПС X–A зростала суттєво за обох способів

внесення комплексних добрив. Встановлено, що при вирощуванні пшениці на повній нормі ПС Х–А ця величина зростало до 50–80%, що вище у 2 рази в порівнянні з рослинами, які вирощувалися на 0,5 н суміші Х–А.

На відміну від калію, поглинання кальцію рослинами суттєво зростало не лише при підвищенні його концентрації в поживному розчині, але і за дії КД.

В умовах лабораторного дослідження величина його поглинання варіювала при вирощуванні рослин на 0,5 н ПС Х–А в межах 10,9–12,0 нг/рослину·хв, а при підвищенні концентрації поживного розчину до 1 н ПС Х–А – від 16,8 до 30,2 (нг/рослину·хв).

Дослідження у напрямку збалансованих систем живлення зернових та інших сільськогосподарських культур неможливі без з'ясування механізмів взаємодії окремих катіонів і аніонів та їх композицій, що входять до складу комплексних добрив. Важливим питанням розробки ефективних збалансованих систем живлення є підвищення коефіцієнтів засвоєння в них макро- і мікроелементів. Для вивчення цього питання одним із ефективних методів є метод іонної хроматографії [38, 198, 206].

Важливими є також дослідження взаємозв'язку між концентрацією і співвідношенням елементів у поживному розчині та поглинанням іонів  $K^+$  і  $Ca^{2+}$ , зокрема, в залежності від фону живлення, в тому числі фосфорного, оскільки фосфор є ресурсом для утворення макроергічних зав'язків в молекулах АТФ, які відіграють суттєву роль у активному трансмембранному транспорті [152].

Відомо, що транспортна система коренів рослин у діапазоні своєї дії адаптувалася до низьких концентрацій  $K^+$  (10–50 мкМ), нітрату (10 мкМ) і фосфору (3–5 мкМ). Оскільки в ряду катіонної стимуляції  $H^+$ -насосів калій займає перше місце ( $K^+ > NH_4^+ > Rb^+ > Na^+ > Cl^-$ ), то вважається, що однією із головних його функцій в мінеральному живленні рослин як одного із елементів тріади NPK є те, що він необхідний для стимуляції  $H^+$ -транспортного апарату рослинних клітин, які генерують протон-рухому силу, що витрачається на перенос нітратів, фосфатів, цукрі та амінокислот [152].

Так, у дослідженнях добової ритмічності поглинання і виділення клітинами коренів огірків основних макроелементів показано, що інтенсивність поглинання і виділення у навколишнє середовище азоту, фосфору і калію залежить від їх концентрації у поживному розчині [106].

Визначення вмісту азоту і фосфору (рис. 3.18) через добу після перенесення на ПР Х–А 14-добових рослин пшениці озимої сорту Смуглянка показало залежність інтенсивності поглинання цих іонів від зміни концентрації поживного розчину.

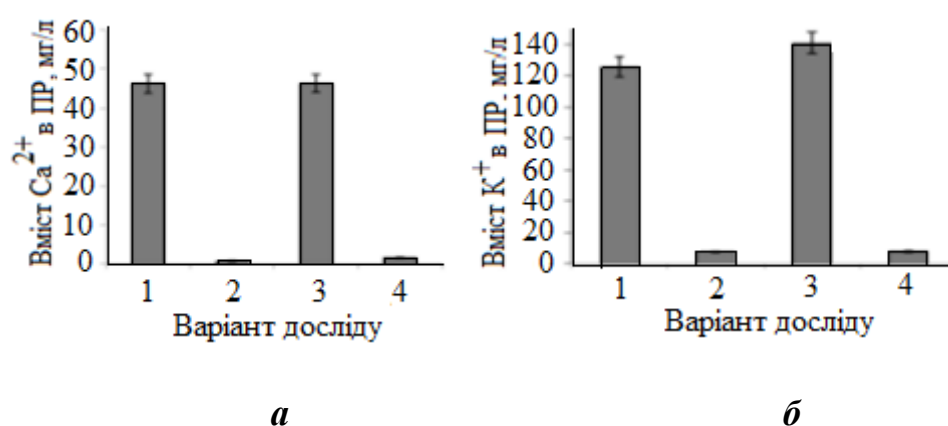


Рис. 3.18. Вміст іонів Ca<sup>2+</sup>(*а*) та K<sup>+</sup>(*б*) в ПР: (*а*): 1 – Ca<sup>2+</sup> в ПР 0,5 н Х–А; 2 – Ca<sup>2+</sup> в ПР 0,5 н Х–А+(Р 22,5 кг/га) через добу росту 14-добових рослин; (*б*): 3 – K<sup>+</sup> в ПР 0,5 н Х–А; 4 – K<sup>+</sup> в 0,5 н Х–А +(Р 22,5 кг/га) через добу росту 14-добових рослин (лабораторний дослід, 2012 р.).

Наші дослідження показали, що двократне зменшення частки фосфору в поживному розчині призводить до зниження поглинання азоту коренями 14-добових рослин пшениці озимої сорту Смуглянка на 33%, а фосфору – на 35% за добу та збільшення кількості азоту у кореневих виділеннях на 9%, а фосфору – на 22%.

Визначення змін концентрації катіонів K<sup>+</sup> та Ca<sup>2+</sup> через добу після перенесення 14-добових рослин на ПР Х–А показало збільшення поглинання іонів K<sup>+</sup> на 16% за зменшення частки МКФ в ПР та тенденцію до зниження поглинання Ca<sup>2+</sup> коренями рослин пшениці озимої (табл. 3.18).

**Поглинання та вихід іонів азоту і фосфору кореневою системою 14-  
добових рослин пшениці озимої сорту Смуглянка за різної концентрації  
поживного розчину (лабораторний дослід, 2012 р.)**

Варіант дослід	Поглинання за добу	Вихід за 2 год.
кМ P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> г/ сирої маси коренів на л		
0,5 н ПС Х-А	20,1±1,2	21,8±1,5
0,5 н ПС Х-А+22,5 кг/га Р	13,0±0,6*	25,3±2,0*
мкМ N г/ сирої маси коренів на л		
0,5 н ПС Х-А	47,1±3,1	33,2±1,1
0,5 н ПС Х-А +22,5 кг/га Р	15,4±1,0*	36,2±0,7*

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

При цьому співвідношення поглинання катіонів K<sup>+</sup> : Ca<sup>2+</sup> в умовах двократного зниження частки МКФ в ПР підвищилась з 2,6 до 3,1, тобто на 20%.

Показано, що за обробки КД Гербагрін (що містить калій і кальцій) 0,6 кг/га нами спостерігалась тенденція до зниження виходу протонів з клітин коренів. Встановлено, що зміна концентрації поживного розчину при двократному зниженні частки фосфору в ньому призводить до збільшення величини співвідношення поглинання катіонів калію до кальцію коренями 14-добових рослин пшениці озимої сорту Смуглянка на 20% за добу.

Отже, між концентрацією і співвідношенням елементів у поживному розчині та поглинанням іонів K<sup>+</sup> і Ca<sup>2+</sup>, зокрема в залежності від фону живлення існує безпосередній зв'язок, що ще раз підкреслює важливу роль фону мінерального живлення, який є необхідним елементом у формуванні продуктивності біомаси разом із підживленням рослин пшениці КД.

Відомо, що іони K<sup>+</sup> і Ca<sup>2+</sup> стимулюють роботу H<sup>+</sup>- помпи та по-різному впливають на процеси поглинання води і транспірації. [10 11]. Проте взаємозв'язок між транспірацією і поглинанням іонів калію рослинами вивчено недостатньо, зокрема, актуальним є дослідження впливу комплексних добрив на поглинання і транспорт калію. Не менш важливим є дослідження взаємозв'язку між поглинанням калію і кальцію рослинами. [114].

Отриманими нами результати показали більш рівномірний розподіл внутрішньоклітинного калію в порівнянні з кальцієм (рис. 3.19, *а, б*).

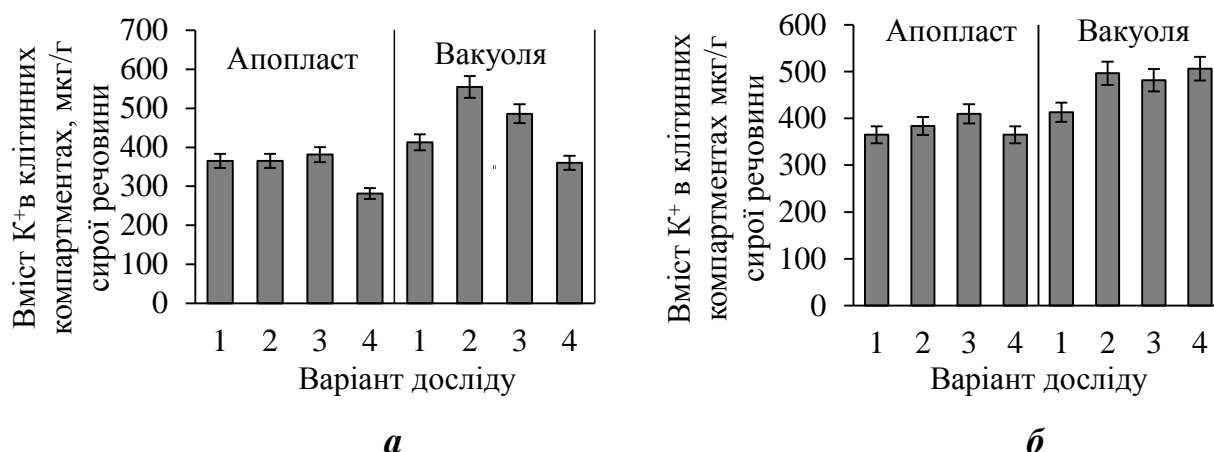


Рис. 3.19. Вміст  $K^+$  в клітинних компартментах коренів пшениці озимої при вирощуванні рослин на 0,5 н ПС X–А за дії КД і ДМ за передпосівної обробки насіння (*а*): 1 – обробка водою (контроль), 2 – Фізіоживлін, 3 – Cu+V, 4 – Zn+V. і позакореневого підживлення (*б*): 1 – обробка водою (контроль), 2 – Фізіоживлін, 3 – Cu+V, 4 – Zn+V (лабораторний дослід, 14-добові рослини, 2001 р.).

Встановлено, що вміст  $K^+$ -іонів у коренях контрольних рослин дорівнював 413 проти 365 мкг/г сирової речовини в апопласті (рис. 3.19, *а*).

Наші дослідження продемонстрували відмінності у впливі комплексних добрив на компартментацію цих іонів в клітинах коренів. Встановлено, що передпосівна обробка насіння розчином КД Фізіоживлін і ДМ Cu+V майже не впливала на вихід  $K^+$ -іонів із апопласту. Обробка ж насіння розчином ДМ Zn+V призводила до зменшення вмісту  $K^+$  у апопласті і вакуолях.

За передпосівної обробки насіння КД Фізіоживлін і ДМ Cu+V спостерігалось зростання виходу іонів  $K^+$  із вакуолей на 34,4 і 17,6% відповідно.

Наведені на рис. 3.19, *б* дані свідчать про те, що при позакореному підживленні рослин, які вирощувалися на 0,5 н ПС X–А КД Фізіоживлін, ДМ Cu+V і Zn+V, вміст  $K^+$  у вакуолях зростав на 16,5; 20,2 і 22,5% відповідно.



Дещо інший розподіл  $K^+$ -іонів спостерігався за передпосівної обробки насіння розчинами досліджуваних КД.

Наведені на рис. 3.20 дані свідчать про різке підвищення виходу калію із апопласту і вакуолі коренів контрольних рослин при вирощуванні їх на повній ПС Х–А.

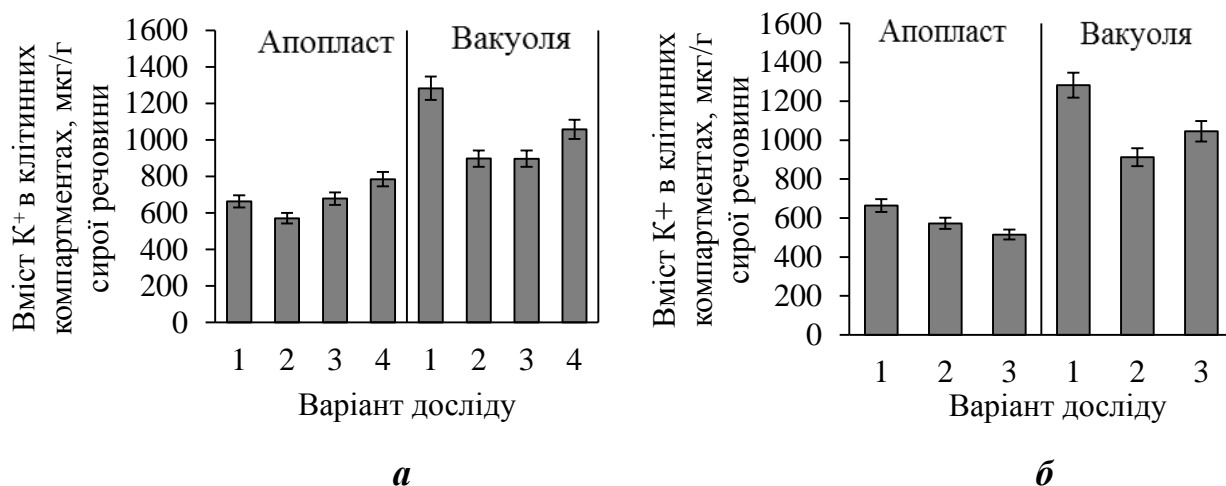


Рис. 3.20. Вміст  $K^+$  в клітинних компартментах коренів пшениці озимої при вирощуванні рослин на 1 н ПС Х–А за дії КД і ДМ за передпосівної обробки насіння (*a*) 1 – обробка водою (контроль), 2 – Фізіоживлін, 3 –  $Cu+B$ , 4 –  $Zn+B$  і позакореневого підживлення (*б*): 1 – обробка водою (контроль), 2 – Фізіоживлін, 3 –  $Cu+B$  (лабораторний дослід, 14-добові рослини, 2001 р.).

При вирощуванні рослин на повній поживній суміші Х–А вміст калію в запасному пулі клітин коренів контрольних рослин був вищим порівняно з таким у апопласті в 1,9 рази (див. рис. 3.20, *a*, *б*).

Негативний вплив досліджуваних комплексних добрив на вихід калію із вакуолей спостерігався і при застосуванні передпосівної обробки насіння.

Встановлено, що за передпосівної обробки насіння КД Фізіоживлін вихід калію з апопласту і вакуолей зменшувався на 62,5 і 38,5 мкг/г сирої речовини або на 13,9 і 30,1% відповідно.

Встановлено, що передпосівна обробка насіння ДМ  $Cu+B$  і  $Zn+B$  негативно впливала лише на вихід калію із вакуолей. Так, при застосуванні передпосівної обробки насіння  $Cu+B$  і  $Zn+B$  вихід калію із вакуолей становив 897,5 і 1058 мкг/г

відповідно проти 1283 мкг/г сирової речовини в клітинах коренів контрольних рослин, тобто зменшувався на 30 і 17,54%. У порівнянні ж з дослідними рослинами, що вирощувалися на 0,5 н ПС X–A, вихід калію із запасного пулу був майже у 2 рази вищим і становив 1283 мкг/г сирової речовини проти 413 мкг/г сирової речовини. Після позакореневого підживлення рослин Фізіоживліном і Cu+V спостерігалось зменшення вмісту  $K^+$ -іонів в апопласті клітин коренів на 13,75 і 22,4% відповідно, але він був значно вищим у порівнянні з контрольними і дослідними рослинами, які вирощувалися на 0,5 н ПС X–A.

Позакореневе підживлення стримувало вихід іонів  $K^+$  з вакуолей. Хоча його величина в апопласті була вищою в порівнянні з рослинами, які вирощувалися на 0,5 н ПС X–A.

Відомо, що іони  $K^+$  та  $Ca^{2+}$  разом з іонами  $Cl^-$  беруть участь у генерації потенціалу дії мембранних сигнальних систем. Тому актуальними є дослідження відмінностей щодо впливу комплексних добрив у процесах поглинання і компартментації в клітинах коренів пшениці озимої.

Враховуючи надзвичайно важливу регуляторну роль і дію іонів кальцію і калію, а також вплив їх концентраційної зміни у певному середовищі на поглинання цих іонів кореневою системою, нами було проведено дослідження дії різних норм ПС і застосування комплексних добрив на вміст іонів калію і кальцію в апопласті і вакуолі.

Зростання вмісту  $Ca^{2+}$ -іонів у клітинних компартментах спостерігалось за передпосівної обробки насіння КД. Дослідженнями встановлено, що вихід кальцію з апопласту за передпосівної обробки насіння КД Фізіоживлін підвищувався на 66,4%, а обробка ДМ Cu+V та Zn+V – на 28% (рис. 3.21, *a*). Так, різке зростання вмісту кальцію в запасному пулі було відмічено після передпосівної обробки насіння ДМ Zn+V і Cu+V – на 105,5 і 77,7% відповідно. Після передпосівної обробки насіння КД Фізіоживлін вміст кальцію у вакуолях, навпаки, зменшувався – на 62%.

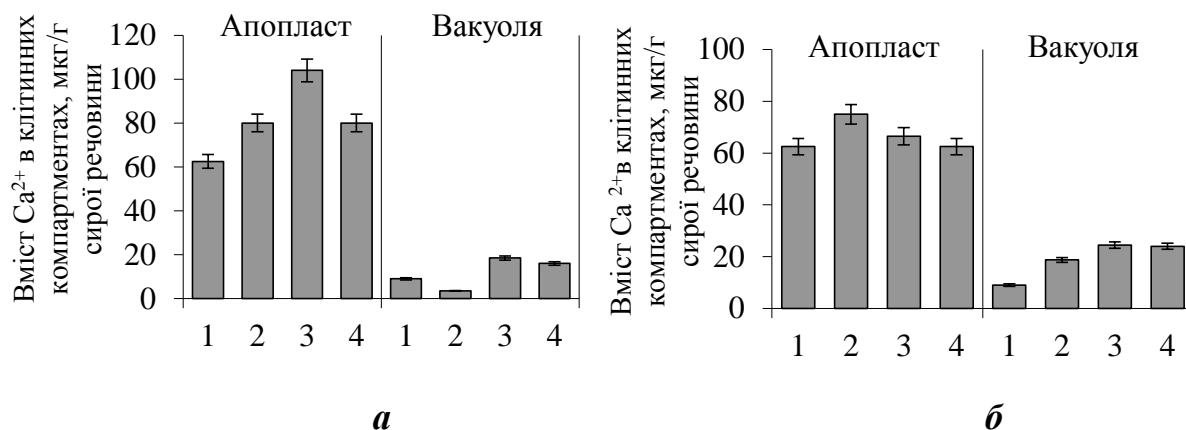


Рис. 3.21. Вміст  $\text{Ca}^{2+}$  в кітинних компартментах коренів пшениці озимої при вирощуванні на 0,5 н ПС X–А за дії КД і ДМ за передпосівної обробки насіння (а) 1 – обробка водою (контроль), 2 – Фізіоживлін, 3 – Cu+V, 4 – Zn+V і позакореневого підживлення (б): 1 – обробка водою (контроль), 2 – Фізіоживлін, 3 – Cu+V, 4 – Zn+V (лабораторний дослід, 14-добові рослини, 2001 р.).

Проте така закономірність змін вмісту кальцію у компартментах клітин коренів спостерігалася за умов вирощування рослин на 0,5 н. поживної ПС X–А. При використанні ж повної дози ПС X–А було відмічено різке зростання вмісту кальцію в апопласті та вакуолях клітин коренів рослин не лише експериментальних, а й контрольному варіанті.

На рис. 3.21, б наведені дані про вплив позакореневого підживлення на вміст кальцію в клітинних компартментах коренів рослин пшениці озимої, які вирощувалися на 0,5 норми ПС X–А.

Дослідженнями показано суттєвий вплив позакореневого підживлення рослин КД на вміст кальцію в клітинних компартментах. Вміст кальцію в апопласті коренів контрольних рослин становив при цьому 62,5 мкг/г сирої речовини, а у вакуолях – 9,0 мкг/г сирої речовини. Після позакореневого підживлення рослин Zn+V і Cu+V вміст кальцію в апопласті зростав. Водночас найбільш значне зростання вмісту  $\text{Ca}^{2+}$  в апопласті було відмічено після позакореневого підживлення рослин Фізіоживліном. Величина його зростала на 20% порівняно з контрольними рослинами. За цих умов спостерігалася суттєве

зниження вмісту кальцію в цитоплазмі клітин коренів, в той час як після позакореневого підживлення рослин ДМ Zn+В величина його зростала на 113,79%.

Дослідження показали зростання вмісту кальцію також у запасному пулі клітин коренів дослідних рослин. Встановлено, що після позакореневого підживлення рослин ДМ Cu+В і Zn+В кількість  $Ca^{2+}$  у вакуолях зростала на 166 і 172% відповідно, а за підживлення КД Фізіоживлін – на 108,3%.

Дещо інша закономірність була встановлена при дослідженні нами дії передпосівної обробки насіння ДМ на компартментацію  $Ca^{2+}$  в клітинах коренів рослин, які вирощувалися за повної норми X–А. Встановлено, що за цих умов вміст  $Ca^{2+}$  в апопласті клітин коренів контрольних та дослідних рослин залишався на рівні, який спостерігався при їх вирощуванні на 0,5 норми суміші X–А. Наведені на рисунку 3.22, *a* дані свідчать, що суттєве зростання вмісту  $Ca^{2+}$ -іонів, що спостерігалось після передпосівної обробки насіння КД Фізіоживлін і ДМ Zn+В.

Після обробки ж насіння ДМ Cu+В зростання його величини було менш значним і складало 11%, як і при позакореновому підживленні.

Показано, що вміст кальцію в апопласті клітин коренів контрольних рослин на повній нормі суміші X–А зростав у 2 рази в порівнянні з рослинами, вирощеними на 0,5 н ПС X–А і становив більше 150 мкг/г сирої речовини (рис. 3.22, *b*). Особливо значне збільшення вмісту  $Ca^{2+}$ -іонів у вакуолях спостерігалось за дії позакореневого підживлення рослин КД Фізіоживлін. При позакореновому підживленні Фізіоживліном вміст кальцію у вакуолях підвищувався на 194,4%, в той час як при обробці їх ДМ Cu+В – лише на 11,1%.

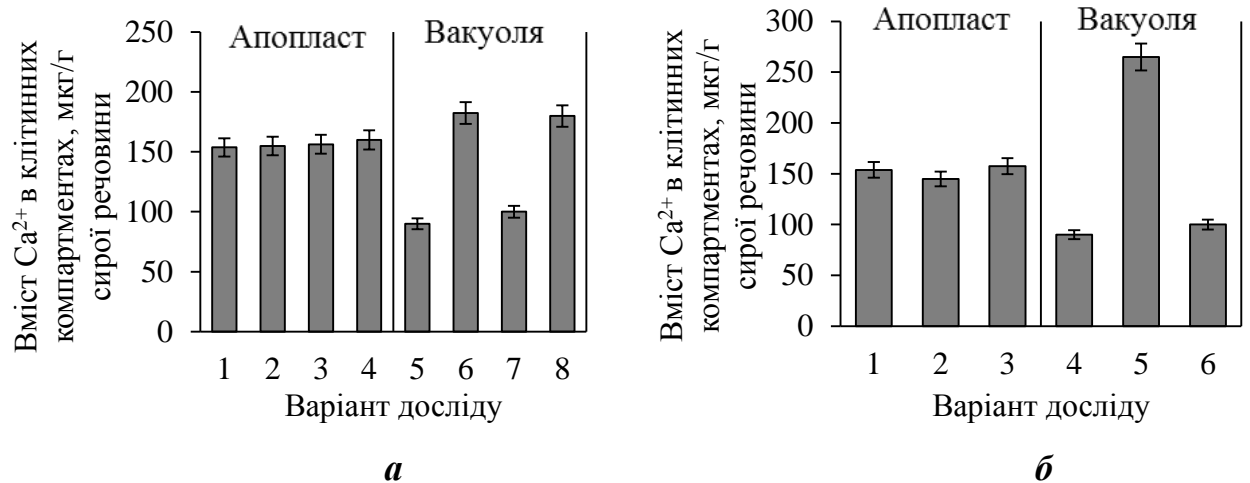


Рис. 3.22. Вміст  $\text{Ca}^{2+}$  в клітинних компартментах коренів пшениці озимої при вирощуванні на 1 н ПС Х–А за дії КД і ДМ за передпосівної обробки насіння (**а**) 1 – обробка водою (контроль), 2 – Фізіоживлін, 3 –  $\text{Cu}+\text{B}$ , 4 –  $\text{Zn}+\text{B}$  і позакореневого підживлення (**б**): 1 – обробка водою (контроль), 2 – Фізіоживлін, 3 –  $\text{Cu}+\text{B}$  (лабораторний дослід, 14-добові рослини, 2001 р.).

Отже, нами встановлено, що як позакореневе підживлення, так і передпосівна обробка насіння викликали більш значне зростання вмісту  $\text{Ca}^{2+}$ -іонів у вакуолях, ніж у апопласті.

Нами з'ясовано, що при вирощуванні рослин на 0,5 норми ПС Х–А вміст  $\text{Ca}^{2+}$  у клітинах коренів контрольних і дослідних рослин в апопласті був вищим у декілька разів в порівнянні із вмістом цього елемента у вакуолях. Тоді як на повній нормі ПС Х–А – спостерігалось різке зростання вмісту  $\text{Ca}^{2+}$ -іонів в обох компартментах, але більш значним воно було у вакуолях після передпосівної обробки насіння Фізіоживліном і  $\text{Zn}+\text{B}$ .

Таким чином, результати досліджень свідчать про те, що повна норма ПС Х–А на ранніх етапах розвитку рослин є надлишковою. Отримані дані є важливими для вдосконалення системи живлення при вирощуванні рослин методом водної культури на ранніх етапах їх росту і розвитку.

Встановлено також, що катіони кальцію концентруються в основному в апопласті. Позакореневе підживлення КД викликає зростання вмісту кальцію в клітинах незалежно від норми ПС Х–А. Збільшення концентрації цього катіону

спостерігалось і у вакуолях, але не завжди. Так, при вирощуванні рослин на 0,5 н ПС X–A, вміст  $\text{Ca}^{2+}$ -іонів у вакуолях зростав за позакореневого підживлення рослин та передпосівної обробки насіння розчином КД Фізіоживлін й знижувався за передпосівної обробки.

На відміну від  $\text{Ca}^{2+}$ -іонів розподіл катіонів  $\text{K}^+$  в компартментах клітин був більш рівномірним. Катіони  $\text{K}^+$  зосереджувався в основному у вакуолях.

Дослідження показали, що вміст  $\text{K}^+$  -іонів у компартментах клітин коренів у декілька разів перевищував вміст  $\text{Ca}^{2+}$ -іонів. Вміст як  $\text{K}^+$ -іонів, так і  $\text{Ca}^{2+}$ -іонів зростав у клітинних компартментах коренів рослин, які вирощувалися на повній нормі ПС X–A, майже у 2 рази. Встановлено, що розподіл іонів  $\text{K}^+$  у компартментах, на відміну від  $\text{Ca}^{2+}$ -іонів, був більш рівномірним, але його вміст у вакуолях був вищим, ніж в апопласті. Вплив КД на його вміст у компартментах був також менш значним у порівнянні з  $\text{Ca}^{2+}$ -іонами.

Отже, за обробки комплексними добривами, зокрема КД Фізіоживлін відбувалося зростання інтенсивності поглинання кальцію і переважання його у апопласті на противагу калію, вміст якого концентрувався у вакуолях тканин коренів, що сприяло зростанню їх всисної здатності. Збільшення інтенсивності транспірації за умов обробки Фізіоживліном і КД Енерджен фулхум плюс на відміну від  $\text{Cu}+\text{B}$  і  $\text{Zn}+\text{B}$ , та фунгіцидів, окремо, та у суміші з КД підвищувало інтенсивність транспірації, яка сприяла активуванню руху води із поглиненими елементами живлення від кореневої системи – в бік фотосинтетичного апарату, підтримуючи його асиміляційну здатність.

### **3.6. Мікробіологічна активність ґрунту за дії позакореневого підживлення комплексними добривами**

Урожайність зерна визначається не лише фізіологічним станом рослин, а й показниками родючості ґрунту, яка на пряму залежить мікробіологічної активності [1, 111, 149, 150]. Тому нами було проведено вивчення впливу досліджуваних комплексних добрив на мікробіологічні показники родючості

грунту: кількість діазотрофів, олігонітрофілів та прототрофних мікроорганізмів у ризосферному шарі ґрунту.

Дослідженнями показали, що позакореневе підживлення значно впливає на кількість діазотрофів та олігонітрофілів у ризосферному шарі ґрунту. Із наведених в табл. 3.19 даних видно, що за позакореневого підживлення рослин КД їх кількість зростала у порівнянні з контрольними рослинами на 29%, а за дії ДМ Cu+B і Zn+B – на 32 та 94%.

Таблиця 3.19

**Кількість діазотрофів та олігонітрофілів у ризосферному шарі ґрунту за дії позакореневого підживлення КД і ДМ (польовий дослід, 2004 р.)**

Варіант дослідів	Кількість діазотрофів та олігонітрофілів	
	млн КУО /г ґрунту	% до контролю
обробка водою (контроль)	20,67±0,89	100
Фізіоживлін	26,67±1,22*	129
Cu+B	27,33±0,90*	132
Zn+B	40,00±1,18*	194

Примітка: \* – різниця з контролем достовірна при  $P \leq 0,05$ .

Ще більш значним був вплив позакореневого підживлення на кількість прототрофних мікроорганізмів у ґрунті. Із наведених в таблиці 3.20 даних видно, що завдяки позакореневому підживленню рослин ДМ Zn+B, Cu+B та КД Фізіоживлін їх вміст у ґрунті збільшувався відповідно: на 214, 59 і 77%.

Таблиця 3.20

**Кількість прототрофних мікроорганізмів у ризосферному шарі ґрунту за дії позакореневого підживлення КД і ДМ (польовий дослід, 2004 р.)**

Варіант дослідів	Кількість прототрофних мікроорганізмів	
	тис КУО/г ґрунту	% до контролю
обробка водою (контроль)	73,30±3,40	100
Фізіоживлін	130,00±5,90*	177
Cu+B	116,70±3,40*	159
Zn+B	230,0±5,90*	314

Примітка: \* – різниця з контролем достовірна при  $P \leq 0,05$ .

Отже, отримані нами дані свідчать про те, що позакореневе підживлення рослин КД Фізіоживлін та  $Cu+B$  і  $Zn+B$  позитивно впливає на чисельність окремих груп агрономічно корисних мікроорганізмів у ґрунті.

Очевидно, що зростання чисельності ґрунтової мікробіоти у ризосфері пшениці озимої обумовлено стимулюючою дією комплексних добрив на проходження у рослинах фізіолого-біохімічних процесів, які покращують розвиток надземної фітомаси та сприяють активному виділенню корневих ексудатів [97].

Узагальнення цих і наведених раніше даних свідчить про те, що за дії позакореневого підживлення рослин спостерігається зростання активності редокс-системи клітин коренів та чисельності окремих груп агрономічно корисних мікроорганізмів у ризосферному шарі ґрунту.

Таким чином, завдяки позитивному впливу на мікробіологічну активність ґрунту позакореневого підживлення рослин КД відбувається його оздоровлення, що може бути часткою екологічного землеробства.



## РОЗДІЛ 4

### СТАН І АКТИВНІСТЬ ФОТОСИНТЕТИЧНОГО АПАРАТУ РОСЛИН ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ ЗА ДІЇ КОМПЛЕКСНИХ ДОБРИВ

#### 4.1. Фотосинтетична активність листків пшениці озимої за дії передпосівної обробки насіння комплексними добривами

Відомо, що світло значно стимулює редукцію  $\text{NO}_3^-$ , а фотосинтез відіграє важливу роль у подальшому відновленні  $\text{NO}_3^-$  до  $\text{NO}_2$  і забезпеченні енергією процесів синтезу низки амінокислот [5, 6, 139]. Показано, що оптимальне забезпечення рослин азотом позитивно впливає на формування структури хлоропластів, підвищує в них вміст хлорофілу, посилює інтенсивність фотосинтезу [138], швидкість утворення АТФ в циклічному і нециклічному фосфорилуванні, активність реакції Хілла [166].

Аналіз літературних даних свідчить, що дослідження ролі мікроелементів в ростових і фотосинтетичних процесах проводилося шляхом виключення або введення окремих мікроелементів в поживний розчин. У роботі К. С. Ткачук [183] показано позитивний вплив за введення в поживний розчин мікроелемента  $\text{Li}$  на інтенсивність фізіологічних процесів. При цьому виявлено, що стимулююча дія літію на активність фотосинтетичних процесів супроводжується зростанням концентрації амінокислот фотодихального азотного циклу – серину і гліцину в листках і колосі пшениці озимої та вмісту білка і клейковини в зерні.

За дефіциту цинку в поживному розчині спостерігалось зниження вмісту хлорофілу і каротиноїдів у листках пшениці і кукурудзи, пригнічення інтенсивності фотосинтезу і активності карбосильних ферментів та карбоангідази. Пригнічення ростових процесів при зменшенні концентрації цинку в органах на 50–70% і вмісту ІОК, ГК і АБК в листках та пригнічення активності ферментних систем біосинтезу ІОК відмічено в роботі П. А. Власюка [45]. В дослідях з пшеницею озимою встановлено також, що цинк належить до

сильних модуляторів процесів розділення зарядів на мембранах. За його відсутності в поживному розчині відбувається зменшення на 50–56% величини мембранного потенціалу епідермальних клітин коренів.

При вивченні фізіологічної ролі бору встановлено, що його дефіцит призводить до порушення анатомічної будови листків, дезорганізації системи тилакоїдів хлоропластів, збільшення в них кількості пластоглобул та пригнічення фотосинтетичної активності листків. Припускається, що бор, посилюючи поглинання калію, стимулює активність  $H^+$ -АТФази і НАДН-оксидази [37].

На відміну від цитованих робіт, задачею наших досліджень було встановити вплив на фотосинтетичну активність листків та продуктивність рослин у цілому не одного мікроелемента, а їх комплексу у складі КД Фізіоживлін, що містить основні макро- і мікроелементи. Нами було проведено дослідження впливу КД на інтенсивність фотосинтезу і продуктивність рослин пшениці м'якої озимої [20, 30, 31, 90, 286].

Крім того, нами було попередньо виявлено, що збільшення інтенсивності наростання маси органів дослідних рослин супроводжувалося позитивним впливом КД на фотосинтетичну активність листків пшениці озимої.

Дослідженнями також встановлено, що передпосівна обробка насіння пшениці Фізіоживліном позитивно впливала на інтенсивність фотосинтезу, яка збільшувалася на 20%, завдяки зменшенню на 21% опору дифузії мезофілу  $CO_2$  (рис. 4.1, *a* і *б*).

Із наведених на рис. 4.2 даних видно, що передпосівна обробка насіння ДМ  $Cu+V$  разом із збільшенням інтенсивності фотосинтезу сприяла й найбільш значному зростанню інтенсивності фотодихання листків – на 56%. Відомо, що фотодихання хоча і виконує захисну функцію є процесом конкурентним фотосинтезу та значне його підвищення знижує ефективність накопичення фотоасимілятів. Цим може пояснюватись порівняно менший вплив обробки цими ДМ на продуктивність порівняно із КД, але може сприяти більшій стійкості фотосинтетичного апарату.

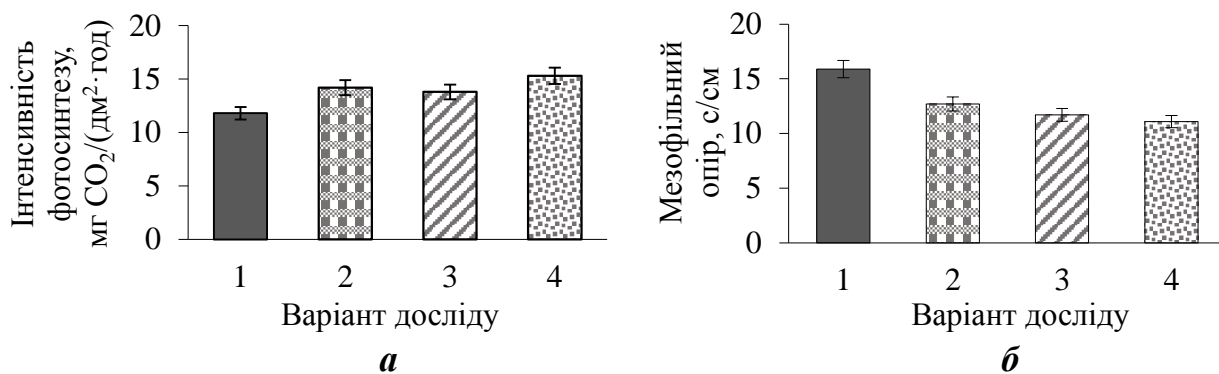


Рис. 4.1. Інтенсивність фотосинтезу (а) і мезофільний опір (б) в листках 14-добових рослин за дії передпосівної обробки насіння ДМ і КД: 1 – обробка водою (контроль); 2 – Фізіоживлін; 3 – Cu+B; 4 – Zn+B (лабораторний дослід, 14-добові рослини, 2002 р.).

Разом із тим найбільш значне зростання темного дихання спостерігалось у рослин після передпосівної обробки насіння ДМ Zn+B. Відомо, що темне дихання відіграє важливу роль в енергетичній підтримці транспорту асимілятів у провідній системі і, зокрема – їхнього відтоку з листків до коренів [57]. Отже, обробка цими ДМ здатна найбільше впливати на якісні показники продуктивності.

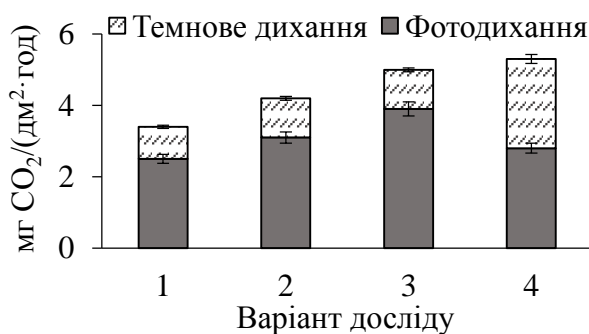


Рис. 4.2. Інтенсивність фото- і темного дихання 14-добових рослин за дії передпосівної обробки насіння ДМ і КД: 1 – обробка водою (контроль); 2 – Фізіоживлін; 3 – Cu+B; 4 – Zn+B (лабораторний дослід, 14-добові рослини, 2002 р.).

Нами встановлено відмінності щодо впливу передпосівної обробки насіння на вміст фотосинтетичних пігментів у листках пшениці озимої, які

вирощували в умовах вегетаційного дослід. Наведені дані в таблиці 4.1 свідчать, що за передпосівної обробки насіння ДМ  $\text{CuSO}_4+\text{H}_3\text{BO}_3$  вміст хлорофілу *b* зростає, а вміст хлорофілу *a* залишався на рівні контрольних рослин. За передпосівної ж обробки рослин ДМ  $\text{ZnSO}_4+\text{H}_3\text{BO}_3$  вміст хлорофілу *a* і *b* залишався на рівні контрольних рослин.

Таблиця 4.1

**Вміст пігментів в листках пшениці озимої за дії передпосівної обробки насіння КД (вегетаційний дослід, фаза колосіння-цвітіння, 2002 р.)**

Вміст пігментів, мг/г	Варіант дослід			
	обробка водою (контроль)	Фізіоживлін	Cu+B	Zn+B
хлорофіл <i>a</i>	1,63±0,1	1,63±0,1	1,65±0,05*	1,61±0,05*
хлорофіл <i>b</i>	0,67±0,01	0,67±0,02	0,67±0,02	0,66±0,02
каротиноїди	0,58±0,02	0,58±0,02	0,57±0,01	0,58±0,02

Примітка: \* – різниця з контролем достовірна при  $P \leq 0,05$ .

Отже, найбільш суттєвий позитивний вплив передпосівної обробки насіння пшениці на інтенсивність фотосинтезу спостерігався за дії КД Фізіоживлін, тоді як дія ДМ Cu+B сприяла підвищенню стійкості фотосинтетичного апарату, а ДМ Zn+B була здатна покращити якісні показники продуктивності.

Подібна закономірність спостерігалася за дії досліджуваних ДМ і КД на фотосинтетичну активність листків пшениці озимої в умовах вегетаційного дослід. Із наведених на рис. 4.3 даних видно, що за передпосівної обробки насіння розчином ДМ  $\text{CuSO}_4+\text{H}_3\text{BO}_3$  інтенсивність фотосинтезу зростала на 21,4%, в той час як обробка насіння ДМ  $\text{ZnSO}_4+\text{H}_3\text{BO}_3$  майже не змінювала її величину.

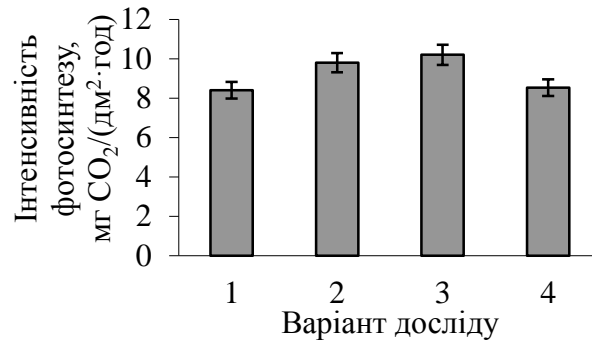


Рис. 4.3 Інтенсивність фотосинтезу за дії передпосівної обробки насіння КД і ДМ: 1 – обробка водою (контроль); 2 – Фізіоживлін; 3 – Cu+B; 4 – Zn+B (вегетаційний дослід, фаза вихід в трубку, 2002 р.).

За обробки насіння ДМ  $\text{CuSO}_4 + \text{H}_3\text{BO}_3$  інтенсивність фотодихання зростала суттєво – на 78,9%, при обробці КД Фізіоживлін – на 52,6%, а ДМ  $\text{ZnSO}_4 + \text{H}_3\text{BO}_3$  – лише на 26,3%. Інтенсивність темного дихання найбільше спостерігалось за обробки Zn+B (рис. 4.4).

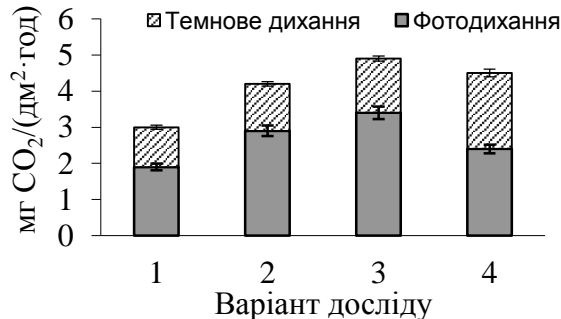


Рис 4.4. Інтенсивність фото- і темного дихання за дії передпосівної обробки насіння КД і ДМ: 1 – обробка водою (контроль); 2 – Фізіоживлін; 3 – Cu+B; 4 – Zn+B (вегетаційний дослід, фаза вихід в трубку, 2002 р.).

Важливими є отримані нами дані щодо вивчення впливу передпосівної обробки насіння КД на поглинання і компартментацію кальцію в клітинах коренів і фотосинтетичну активність листків пшениці озимої. Вони свідчать про можливість регулювання опору мезофілу дифузії CO<sub>2</sub> та підвищення інтенсивності фотосинтезу, фото- і темного дихання при високому вмісті іонів

$\text{Ca}^{2+}$  в цитоплазмі шляхом передпосівної обробки насіння пшениці озимої ДМ  $\text{ZnSO}_4 + \text{H}_3\text{BO}_3$ .

Виявлено, що після передпосівної обробки насіння ДМ  $\text{CuSO}_4 + \text{H}_3\text{BO}_3$  було відмічено підвищення вмісту іонів  $\text{K}^+$  і  $\text{Ca}^{2+}$  в цитоплазмі. При вивченні впливу передпосівної обробки насіння ДМ  $\text{CuSO}_4 + \text{H}_3\text{BO}_3$  встановлено зростання інтенсивності поглинання кальцію і калію надходження його до цитоплазми. При цьому спостерігалось збільшення продихового опору дифузії  $\text{CO}_2$  і пригнічення інтенсивності транспірації, але негативної дії на інтенсивність поглинання  $\text{CO}_2$  не спостерігалось. За цих умов відбувалося зниження опору мезофілу дифузії  $\text{CO}_2$ , що, очевидно, обумовлено позитивною дією мікроелементів на ферментативну активність.

Результати наших досліджень можуть бути використані для розробки способів зниження негативного впливу високої дози іонів  $\text{Ca}^{2+}$  на фотосинтетичну активність рослин пшениці озимої при її вирощуванні в південних районах України, де ґрунти відрізняються високим вмістом іонів  $\text{Ca}^{2+}$  і зниженою доступністю мікроелементів для рослин.

#### **4.2. Фотосинтетична активність листків за дії позакореневого підживлення рослин пшениці комплексними добривами**

Надлишкове використання мікродобрив може призвести до накопичення мікроелементів у ґрунтах і сільськогосподарській продукції, викликаючи негативні екологічні наслідки. З цих позицій найбільш економічними і екологічно безпечними способами використання мікроелементів є передпосівний обробіток насіння та позакореневе підживлення рослин завдяки невеликим витратам водорозчинних солей [107].

Як відомо, процес темного дихання є джерелом необхідної енергії для активного поглинання елементів мінерального живлення. Цим обумовлений тісний зв'язок між активністю поглинання рослинами елементів живлення та інтенсивністю темного дихання. Наведені на рис. 4.5 і 4.6 дані свідчать про те,

що за дії позакореневого підживлення КД Фізіоживлін спостерігалось суттєве підвищення інтенсивності фотосинтезу листків пшениці озимої (на 45%), яка вирощувалася за умов вегетаційного дослід. При цьому підвищувалась величина співвідношення дихання/фотосинтез на 43,5%. При позакореновому підживленні ДМ Cu+V інтенсивність фотосинтезу підвищувалась на 24%, при підвищенні відношення дихання/фотосинтез – на 48%.

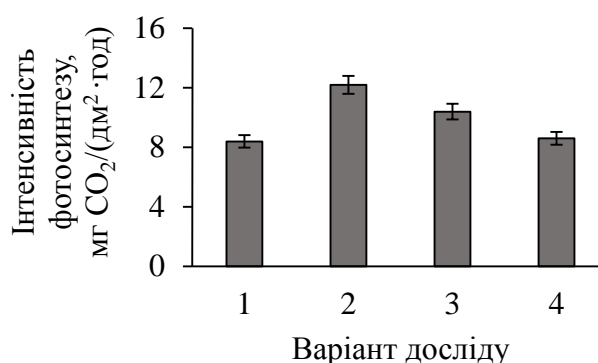


Рис. 4.5. Інтенсивність фотосинтезу за дії позакореневого підживлення КД і ДМ: 1 – обробка водою (контроль); 2 – Фізіоживлін; 3 – Cu+V; 4 – Zn+V (вегетаційний дослід, фаза вихід в трубку, 2002 р.).

За позакореневого підживлення ДМ Zn+V інтенсивність фотосинтезу і темного дихання залишалось на рівні контролю. Отримані дані свідчать про те, що позакоренева обробка КД Фізіоживлін і ДМ Cu+V позитивно впливає на фотосинтетичну активність рослин. Досить значним було зростання інтенсивності дихання при використанні для позакореневого підживлення КД Фізіоживлін і ДМ Cu+V – на 84,2% та Zn+V – на 10,5%.

Тому проведені нами дослідження свідчать про суттєвий вплив позакореневого підживлення і передпосівної обробки насіння досліджуваними нами форм добрив на наростання маси та фотосинтетичну активність листків пшениці озимої і вміст фітогормонів за різних умов вирощування як у водній культурі на ПС Х–А, так і в ґрунті – за умов вегетаційного дослід.

Дослідженнями встановлено відмінності щодо впливу позакореневого підживлення на вміст фотосинтетичних пігментів в листках пшениці озимої, які вирощували в умовах вегетаційного дослід.

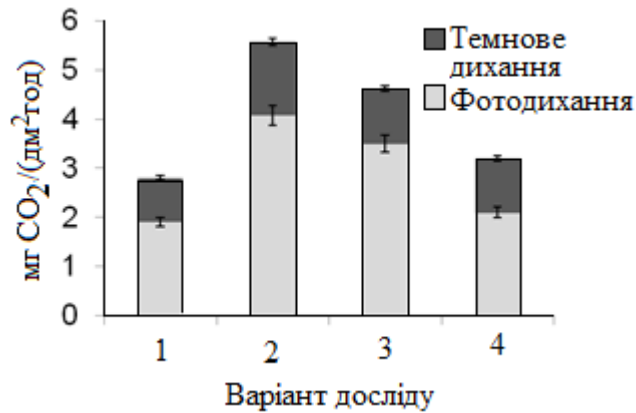


Рис 4.6. Інтенсивність фото- і темнового дихання за дії позакореневого підживлення КД і ДМ: 1 – обробка водою (контроль); 2 – Фізіоживлін; 3 – Cu+B; 4 – Zn+B (вегетаційний дослід, фаза вихід в трубку, 2002 р.).

Наведені дані в таблиці 4.2 свідчать, що за позакореневого підживлення КД Фізіоживлін вміст хлорофілу *a* і *b* залишався на рівні контрольних рослин, а ДМ CuSO<sub>4</sub>+H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> вміст хлорофілу *a* зростав, а вміст хлорофілу *b* залишався на рівні контрольних рослин.

Таблиця 4.2

**Вміст пігментів в листках пшениці озимої за дії позакореневого підживлення КД (вегетаційний дослід, фаза колосіння-цвітіння, 2002 р.)**

Вміст пігментів, мг/г	Варіант дослід			
	обробка водою (контроль)	Фізіоживлін	Cu+B	Zn+B
хлорофіл <i>a</i>	163,4±3,26	164,8±3,22	164,60±3,29	160,53±3,21*
хлорофіл <i>b</i>	66,93±1,33	67,1±1,45	67,07±1,35	66,87±1,34
каротиноїди	58,20±1,16	58,0±1,21	56,80±1,14	58,10±1,16

Примітка: \* – різниця з контролем достовірна при  $P \leq 0,05$ .



За передпосівної ж обробки рослин Zn+В вміст хлорофілу *a* і *b* залишався на рівні контрольних рослин.

Дослідження показали, що позакореневе підживлення рослин більш ефективно у порівнянні з передпосівною обробкою насіння, впливає на наростання маси та інтенсивність фотосинтезу і темного дихання листків пшениці озимої.

Позитивний вплив позакореневого підживлення і передпосівної обробки насіння на фотосинтетичну діяльність рослин спостерігався при використанні всіх застосованих форм добрив, але найбільш значним він був при використанні збалансованого КД Фізіоживлін. Встановлено, що позакореневе підживлення рослин КД Фізіоживлін сприяло суттєвому підвищенню газообміну CO<sub>2</sub> листків – інтенсивності фотосинтезу – на 45,3% та темного дихання – на 114,2%. Серед досліджуваних ДМ більш позитивним впливом на фотосинтез і наростання маси характеризувалося ДМ Cu+В порівняно із Zn+В.

У іншому досліді, де ми застосовували КД Енерджен фулхум плюс, встановлено збільшення кількості хлорофілу та каротиноїдів у дослідному варіанті з обробкою фунгіцидом з групи триазолів і стробілуринів порівняно із контрольним варіантом (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

**Вміст пігментів у прапорцевому листку пшениці м'якої сорту Зимоярка за дії КД Енерджен фулхум плюс (дрібnodілянковий дослід, фаза колосіння-цвітіння, 2013 р.)**

Варіант досліду	Пігменти, мг/г			
	хл. <i>a</i>	хл. <i>b</i>	<i>a+b</i>	каротиноїди
Обробка водою (контроль)	0,77±0,02	0,56±0,01	1,33±0,03	0,60±0,01
Енерджен фулхум плюс	0,79±0,02	0,58±0,01	1,37±0,03*	0,60±0,01
Амістар Екстра 280 SC	0,93±0,02*	0,74±0,02*	1,67±0,04*	0,65±0,02*
Енерджен фулхум плюс+ Амістар Екстра 280 SC	0,81±0,02*	0,60±0,01*	1,41±0,03*	0,62±0,02*

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

Показано, що за обробки КД Енерджен фулхум плюс, вміст пігментів мав лише тенденцію до збільшення. Подібний ефект спостерігався і при застосуванні суміші фунгіциду Амістар Екстра 280 SC і КД Енерджен фулхум плюс.

Застосування КД Фізіоживлін окремо і в суміші з фунгіцидом Амістар Екстра 280 SC призвело до збільшення вмісту пігментів на 10–11%, як при обробці лише Фізіоживліном, так і при обробці його сумішшю з фунгіцидом Амістар Екстра 280 SC (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

**Вміст пігментів у прапорцевому листку рослин пшениці м'якої сорту  
Зимоярка за дії КД Фізіоживлін і фунгіциду (вегетаційний дослід, фаза  
колосіння-цвітіння, 2013 р.)**

Варіант дослідження	Пігменти, мг/г			
	хл. <i>a</i>	хл. <i>b</i>	<i>a+b</i>	каротиноїди
Обробка водою (контроль)	0,77±0,02	0,56±0,01	1,33±0,03	0,60±0,02
Фізіоживлін	0,85±0,02*	0,65±0,01*	1,50±0,03*	0,63±0,01
Фізіоживлін+ Амістар Екстра 280 SC	0,86±0,02*	0,66±0,01*	1,52±0,03*	0,62±0,02

Примітка.\* – різниця з контролем достовірна при  $P \leq 0,05$ .

Вимірювання фотосинтетичної активності листків пшениці озимої через 3 доби після другої обробки досліджуваним КД Енерджен фулхум плюс показало збільшення інтенсивності фотосинтезу, фото- і темного дихання (рис. 4.7). Хоча за цих умов зростало співвідношення фотодихання/фотосинтез (Фд/Ф) і темне дихання/фотосинтез (Тд/Ф), а, отже, і непродуктивні витрати асимільованого вуглецю [30, 31].

На варіанті з обробкою фунгіцидом Амістар Екстра 280 SC, інтенсивність фотосинтезу дещо пригнічувалася – на 4% (рис. 4.8) за більш значного пригнічення інтенсивності фотодихання – на 30% (див. рис. 4.7), що сприяло зниженню непродуктивних витрат асимільованого вуглецю та позитивно позначалося на продуктивності рослин пшениці озимої.

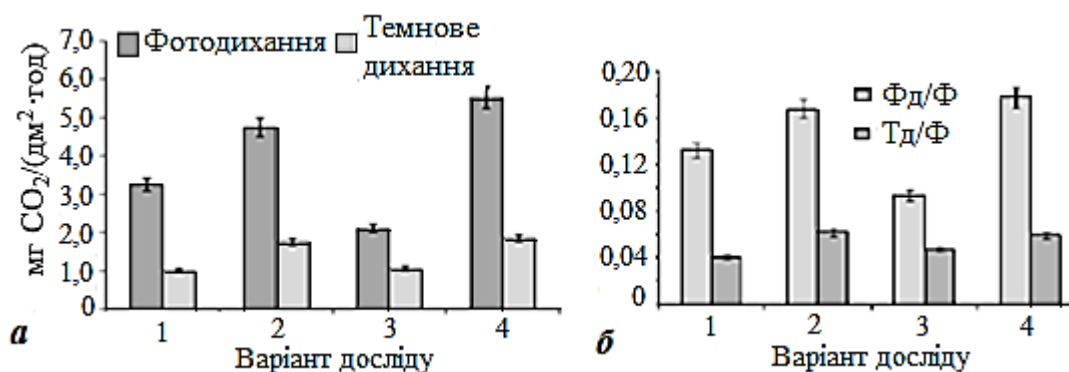


Рис. 4.7. Фото- і темнове дихання (а) і співвідношення Фд/Ф та Тд/Ф (б) листків пшениці м'якої, сорту Зимоярка за дії КД Енерджен фулхум плюс і фунгіциду: 1 – контроль, 2 – Енерджен фулхум плюс, 3 – Амістар Екстра 280 SC, 4 – Енерджен фулхум плюс+ Амістар Екстра 280 SC (вегетаційний дослід, фаза колосіння-цвітіння, 2013 р.).

Застосування КД Енерджен фулхум плюс і фунгіциду Амістар Екстра 280 SC мало синергічний ефект, тобто більш значно підвищувало інтенсивність фотосинтезу і фотодихання (див. рис. 4.7).

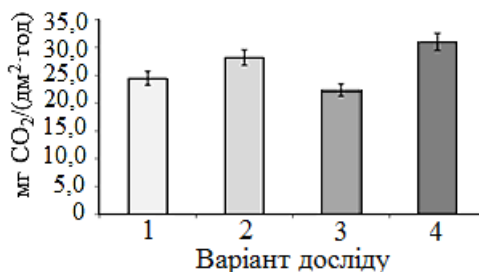


Рис. 4.8. Інтенсивність фотосинтезу листків пшениці м'якої сорту Зимоярка за дії позакоренової обробки КД: 1 – обробка водою (контроль), 2 – Енерджен фулхум плюс, 3 – Амістар Екстра 280 SC, 4 – Енерджен фулхум плюс+Амістар Екстра 280 SC (вегетаційний дослід, фаза колосіння-цвітіння, 2013 р.).

Нами показано збільшення інтенсивності фотосинтезу на 33% і транспірації – у 1,8 разів та зниження фотодихання на 19% за обробки КД Фізіоживлін рослин пшениці м'якої дворучки сорту Зимоярка (рис. 4.9, 4.10). Додавання до КД фунгіциду Амістар Екстра 280 SC, на жаль, призводило до

антагоністичного ефекту, зниження інтенсивності фотосинтезу та збільшення співвідношення  $\Phi_d/\Phi$ ,  $T_d/\Phi$ .

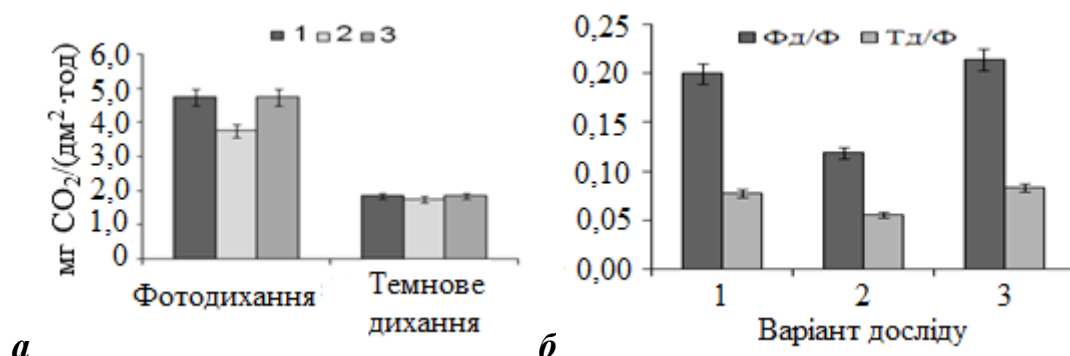


Рис. 4.9. Фото- і темнове дихання (а) та співвідношення  $\Phi_d/\Phi$  і  $T_d/\Phi$  (б) листків пшениці м'якої сорту Зимоярка за дії КД і фунгіциду: 1 – Контроль; 2 – Фізіоживлін; 3 – Фізіоживлін +Амістар Екстра 280 SC (вегетаційний дослід, фаза колосіння-цвітіння, 2013 р.).

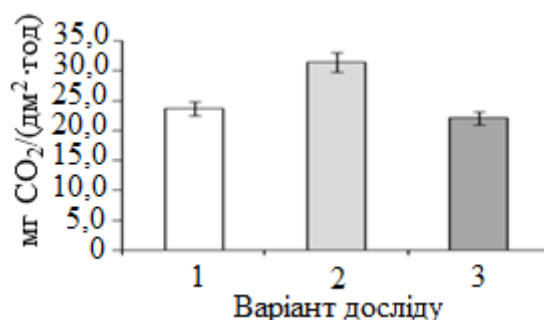


Рис. 4.10. Інтенсивність фотосинтезу листків пшениці м'якої сорту Зимоярка за дії КД і фунгіциду: 1 – контроль; 2 – Фізіоживлін; 3 – Фізіоживлін +Амістар Екстра 280 SC (вегетаційний дослід, фаза колосіння-цвітіння, 2013 р.).

В умовах вегетаційного дослідження проводили вимірювання газообміну CO<sub>2</sub> листків пшениці озимої через три доби після другої обробки фунгіцидами й досліджуванім КД. За отриманими даними (рис. 4.11, а, б) встановлено збільшення інтенсивності фотосинтезу, фото- і темнового дихання у прапорцевих листках пшениці озимої, що відбувалося за позакореневої обробки при додаванні до КД Енерджен фулхум плюс фунгіцидів Квадріс і Скор (за д.р. – триазолів й стробілуринів).

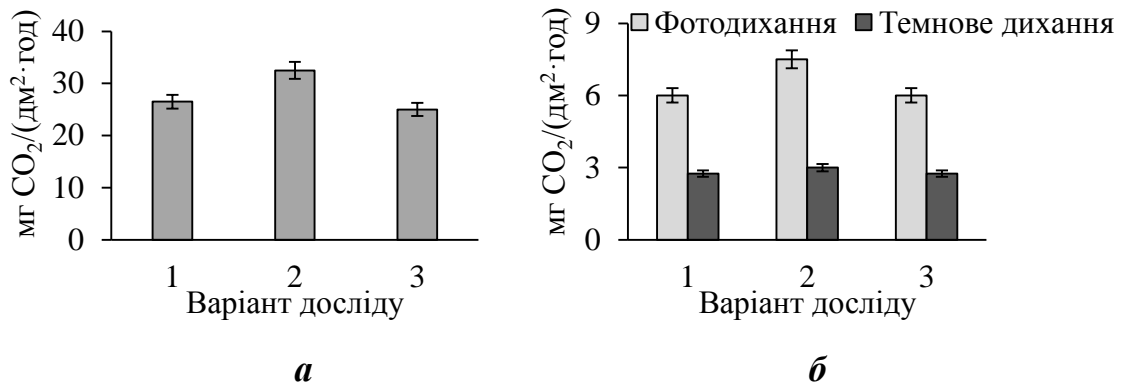


Рис. 4.11. Інтенсивність фотосинтезу (*а*), фото- і темнового дихання (*б*) листків пшениці м'якої сорту Зимоярка за дії позакореневої обробки КД Енерджен фулхум плюс і фунгіцидами: 1 – контроль (обробка Квадріс і Скор); 2 – Енерджен фулхум плюс + суміш фунгіцидів (Квадріс і Скор); 3 – Енерджен фулхум плюс + фунгіцид (Хорус) (вегетаційний дослід, фаза колосіння-цвітіння, 2014 р.).

Таким чином, застосування комплексних добрив чинить позитивну дію на фотосинтетичну активність листків. Разом із тим застосування суміші мінеральних комплексних добрив разом із фунгіцидами класу стробілуринів і триазолів має антагоністичний ефект, а КД природного походження – синергічний. Тому досліджувані мінеральні КД краще застосовувати окремо, а природні – можна у одній баковій суміші із фунгіцидами.

#### **4.3. Фотохімічна активність листків пшениці м'якої за дії комплексних добрив**

Відома важлива роль макро- і мікродобрив у фізіолого-біохімічних процесах рослини в системі клітина – тканина – рослинний організм, починаючи із мембран корневих волосків, де разом із градієнтом протонів аніони/катиони утворюють заряд клітини – до участі у метаболічних процесах перетворення речовини і енергії всередині клітини. Мікроелементи беруть участь у численних фізіологічних процесах, зокрема виконанні ролі кофакторів ферментів, функціонуванні транспортних систем, стабілізації і підтриманні функціонального стану макромолекул, мультиферментних і надмолекулярних

мембранних комплексів, регуляції активності мембранних АТФаз, сигнальних системах, в тому числі – у регуляції експресії геному.

Суттєвою ланкою продукційного процесу рослини як авторегуляторної донорно-акцепторної системи є фотосинтетична асиміляція вуглецю, завдяки якій накопичується біомаса й формується урожайність культурних рослин [136].

У зв'язку із цим, наступним етапом нашої роботи було дослідження впливу позакореневої обробки комплексними добривами на фотохімічну активність листків пшениці м'якої сорту Зимоярка.

Аналіз критичних параметрів ІФХ дозволив виявити деякі загальні тенденції впливу позакореневої обробки мікродобривами на фотосинтетичну активність листків, оскільки відомо, що флуоресценція хлорофілу тісно обернено корелює із фотосинтетичною активністю листків [40, 241]. Відомо, що зміна флуоресценції відображає зміни окислювально-відновлювального стану реакційних центрів (РЦ) фотосистеми II (ФС II), до складу якої входить переважно хлорофіл *a* [101].

На початковому етапі рівень флуоресценції незначний – близько 3%, це той рівень флуоресценції, що йде при відкритих реакційних центрах ФС II, у яких первинний переносник хінонової природи  $Q_A$  знаходиться у окисленому стані і характеризується параметром фонові флуоресценції  $F_0$  [40, 277]. За цим параметром діагностують вміст і функціональний стан хлорофілу. Показано, що через добу після обробки комплексними добривами Плантафолом 20-20-20 та КД Енерджен фулхумом плюс фонові флуоресценція мала тенденцію до зниження – на 8,1 і 9,4% відповідно, Плантафолом 30-10-10, Брексіл Мікс і МКФ була на рівні контролю, а Фізіоживліном і Мастером – дещо зростала (на 8 і 17% відповідно) по відношенню до контролю (рис. 4.12, *a*). Зміна фонові флуоресценції за обробки комплексними добривами пов'язана із наявністю активного хлорофілу у антенах світлозбиральних комплексів (СЗК) ФСII. Отже, вміст активного хлорофілу дещо знижувався при зменшенні цієї величини за обробки Плантафолом 20-20-20 та КД Енерджен фулхумом плюс, тоді як зростання при обробці Фізіоживліном і Мастером може свідчити про синтез нових молекул

хлорофілу, які ще функціонально не пов'язані із СЗК. В той же час, обробка Плантафолом 30-10-10, Брексіл Мікс і МКФ виступала стабілізуючим фактором, не впливаючи безпосередньо на величину антени СЗК.

Однією з основних характеристик комплексів ФС II є квантовий вихід фотохімічного перетворення енергії, що відбувається за участю цих комплексів. Цей показник розраховується як відношення квантів світла, що використані у розділенні зарядів до загальної кількості квантів, поглинутих ФС II [274]. Показано, що позакоренева обробка комплексними добривами сприяла збільшенню ефективності фотохімії ФС II (параметр  $F_v/F_m$ ) за обробки рослин переважної кількості КД – Фізіоживліном, Мастером, Плантафолом (30-10-10 і 20-20-20), КД Енерджен фулхум плюс та МКФ. Тоді як за обробки Брексіл Міксом цей параметр залишався на рівні контролю (див. рис. 4.12, б).

Зазвичай за цим параметром оцінюють насиченість фотосинтетичного апарату фотохімічно активними комплексами ФС II [110].

Отже, позакоренева обробка переважною кількістю мікродобрив сприяла активації цього процесу.

За літературними даними відомо, що в умовах стресу зростає кількість  $Q_B$ -невідновлювальних комплексів, деяка кількість яких зазвичай міститься в балансі із  $Q_B$ -відновлювальними комплексами [136, 241] – показник  $K_{pl}$ .

Нашими дослідженнями показано зниження  $K_{pl}$ , а отже, і кількості  $Q_B$ -невідновлювальних комплексів в більшій мірі за обробки КД: Плантафолом 30-10-10 (на 36,4%), Плантафолом 20-20-20 (на 32%), Фізіоживліном (на 27,2%), МКФ (на 27,2%), Мастером (на 22,7%) і тенденція – за позакореневої обробки Брексіл Міксом (на 3,6%) й КД Енерджен фулху плюс (на 3,6%) (рис. 4.12, в).

За цих умов коефіцієнт індукції ( $K_i$ ), який корелює з активністю рибульозобісфосфат карбоксилази (основного ферменту циклу Кальвіна) й зазвичай свідчить про ефективність темнових реакцій фотосинтезу підвищувався

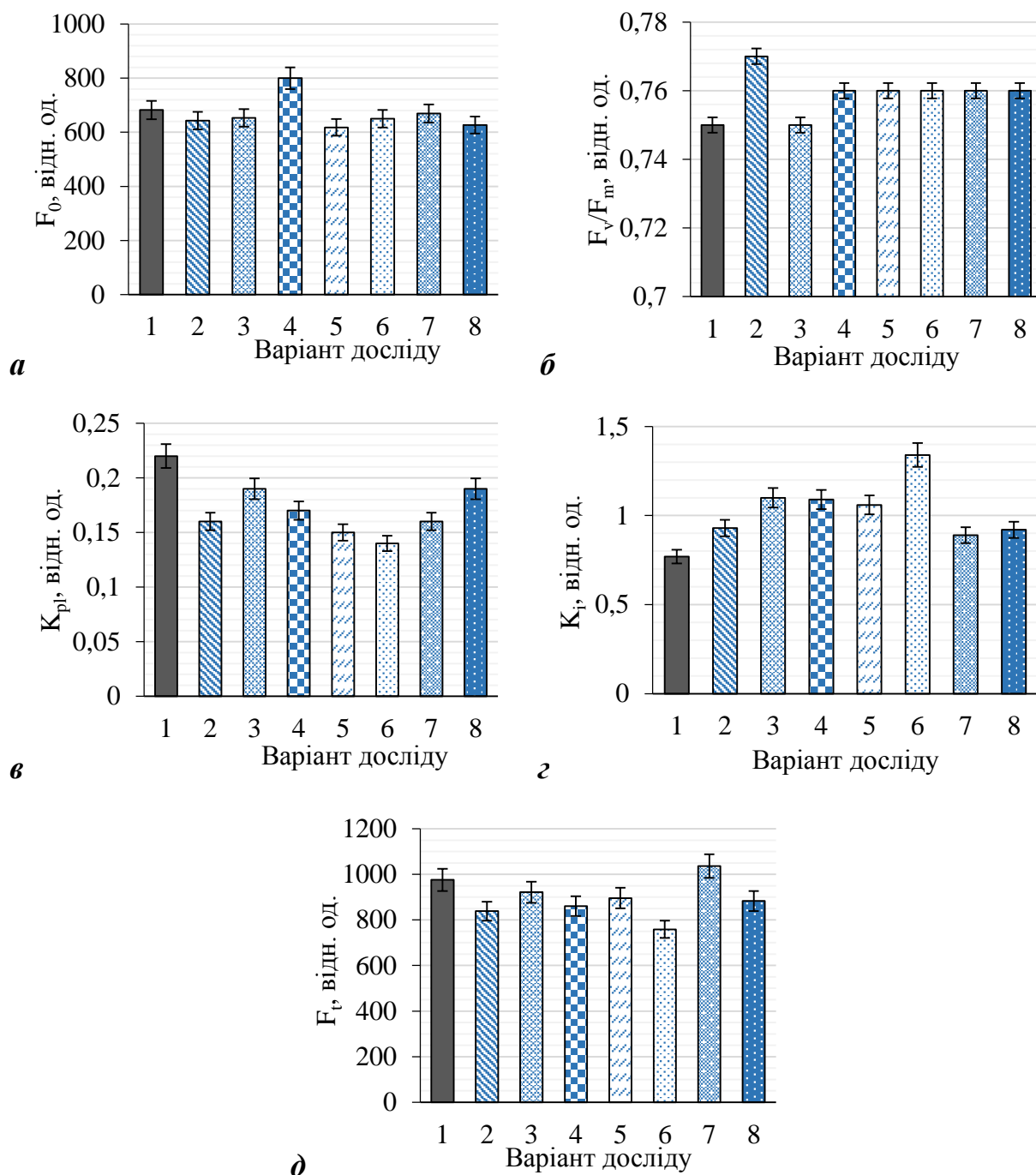


Рис. 4.12. Вплив позакореневого підживлення КД на параметри індукції флуоресценції хлорофілу: (а) – фонові флуоресценція ( $F_0$ ), (б) –  $F_v/F_m$  – квантова ефективність фотохімії, (в) – показник  $K_{pr}$ , (г) – коефіцієнт індукції ( $K_i$ ), (д) – стаціонарний рівень флуоресценції ( $F_t$ ): 1 – 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.).



проти контролю на всіх варіантах обробки комплексними добривами в такій послідовності (від більшої величини): Плантафол 30-10-10 (на 74%) > Брексіл Мікс (на 43%) > Мастер (на 42%) > Плантафол 20-20-20 (на 38%) > Фізіоживлін (на 21%) > МКФ (на 21%) > Енерджен фулхум плюс (на 20%) (див. рис. 4.12, з).

Разом із тим, стаціонарний рівень флуоресценції хлорофілу (рис. 4.12, д) лише у варіанті із обробкою МКФ був близький до контрольного, а на всіх інших варіантах обробки цей показник знижувався у такій послідовності: Брексіл > Плантафол 20 > Енерджен фулхум плюс > Мастер > Фізіоживлін > Плантафол 30. Стаціонарний рівень флуоресценції характеризується динамічною рівновагою між процесами, які обумовлюють збільшення флуоресценції та процесами, які призводять до її зменшення, а отже, його зниження опосередковано свідчить про зростання частки гасіння флуоресценції й ефективності перетворення енергії, головним акцептором якої слугують реакції циклу Кальвіну, що підтверджувалося зростанням рівня коефіцієнта індукції та квантового виходу ефективності ФС II.

Отже, досліджувані добрива за їх дією на фотохімічну активність листків можна розташувати у наступній послідовності за ступенем інтенсивності їх дії: Плантафол 30 > Мастер > Фізіоживлін > Плантафол 20 > Брексіл Мікс > МКФ > Енерджен фулхум плюс. Можна простежити наявність зв'язку між активізацією фотохімічної активності листків та збалансованістю добрив за макро- і мікро-елементами. Суттєвим виявився той факт, що найбільш активне комплексне добриво – Плантафол 30 вирізняється співвідношенням макроелементів N:P:K (3:1:1), в той час як Мастер, Фізіоживлін і Плантафол 20 мають співвідношення 1:1:1, 1,2:1:1 та 1:1:1 відповідно. У складі Брексіл Міксу не міститься фосфору, в у МКФ – азоту. В той же час у Фізіоживліні є літій, що як відомо, пов'язаний із азотним метаболізмом. Варто відмітити, що така ситуація пов'язана із тим, що, по-перше, пшениця – азотофіл, а по-друге – при підживленні незбалансованим добривом рослина повинна витратити енергетичні ресурси для поглинання недостатнього поживного елемента, завдяки чому активування фотосинтетичного апарату може розтягуватися у часі та бути не занадто високим.

Таким чином, обробка рослин пшениці м'якої у фазу виходу в трубку комплексними добривами сприяє збагаченню ФС II фотохімічно-активними центрами, зниженню  $Q_B$ -невідновлювальних комплексів, які не беруть участі у лінійному транспорті електронів та зростанні інтенсивності асиміляції вуглецю, а також ефективність цього активування залежить від збалансованості мікродобрив із включенням в їх склад основних макроелементів – азоту, фосфору і калію із переважанням азоту.

## РОЗДІЛ 5

### ЗЕРНОВА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ ЗА ДІЇ КОМПЛЕКСНИХ ДОБРИВ

#### 5.1. Урожай і якість зерна

Чисельні роботи [161, 199, 210] свідчать про те, що більш ефективним способом застосування комплексних добрив є передпосівна обробка насіння. Ефективність цього агрозаходу полягає не тільки в економній витраті мікроелементів (50–100 г/ц насіння), а і у забезпеченні рослин мікроелементами на початковій стадії розвитку, коли через слабо розвинуту кореневу систему вони не здатні поглинати мікроелементи з ґрунту. Урожай зерна при цьому може зростати на 11–18% [192].

При внесенні мікроелементів міді і цинку у ґрунт по 3,0 кг/га урожай зерна пшениці озимої на каштанових ґрунтах зростав – на 15,8 і 13,5% відповідно, а вміст в ньому білка – на 0,5 і 0,3% [119]. Різке зростання (на 0,8–3,8%) вмісту білка в зерні проса на темно-каштанових ґрунтах спостерігалось і при внесенні Mn, B і Mo [109].

Проте вносити мікроелементи в ґрунт не доцільно оскільки значна кількість їх закріплюється у ґрунті і лише 0,1–1% засвоюється рослинами [8]. Підживлення культурних рослин в оптимальних нормах необхідно розглядати не лише з точки зору економної їх витрати, а й захисту навколишнього середовища і покращення родючості ґрунту [226, 232].

Відомо, що пшениця м'яка озима є однією з найбільш вимогливих культур до умов зростання і своєчасного захисту від хвороб. Вона проявляє досить високу чутливість до позакореневого підживлення комплексними добривами. Таке підживлення створює оптимальні умови для росту і розвитку рослин і

формування структури врожаю на всіх стадіях росту і розвитку рослин пшениці – від фази виходу в трубку до генеративної включно.

Варто відмітити, що при розробці способів збалансованого живлення сільськогосподарських культур всіма необхідними макро- і мікроелементами [82] важливим є також аналіз даних їх вмісту у ґрунтах різних кліматичних зон.

На сьогодні відомо [4, 58], що ґрунти центрального Полісся характеризуються дуже низьким (0,1–0,2 мг/кг) вмістом рухомого і валового (2,3–2,9 мг/кг) бору. Відомо, що у дерново-підзолистих ґрунтах спостерігається дефіцит N, K, Cu, Zn, Mn і B [134, 161]. За цих умов за більшістю мікроелементів спостерігається від'ємний баланс, особливо це стосується цинку і міді [119].

Згідно з даними Б. М. Хорошкіна [199], на карбонатних ґрунтах із всіх культур пшениця озима найбільш чутлива до дефіциту міді і цинку, додаткове внесення яких позитивно впливає на вміст білків і клейковини в зерні.

За даними В. А. Копилевич [108], позакореневе підживлення рослин пшениці озимої амінофосфатами міді сприяє підвищенню в зерні як вмісту білка, так і клейковини на 7–24% та концентрації таких незамінимих амінокислот, як лізин, треонін, валін, метіонін, лейцин.

Показано, що суттєве зростання вмісту білка – на 0,9–1,9%, а клейковини – на 1,5–4,3% та скловидності – на 4–11% в зерні пшениці озимої було отримано при сумісному внесенні 3%-го розчину сечовини (30 кг/га) і молібденовокислого амонію (100 г/га д.р.) при позакореновому підживленні у фазу трубкування і молочної стиглості зерна [41], але урожай зерна при цьому залишався на рівні контрольних рослин, без підживлення.

Підвищення врожаю зерна пшениці озимої на 18–25% та вмісту білка – на 0,8–1,5% і клейковини – на 2,2–4,9% було відмічено в досліджах А. Л. Бойко [36] після обприскування рослин у фазу кушіння і виходу в трубку 0,2%-ми розчинами борної кислоти або сірчано-кислими солями марганцю, цинку та 0,01%-м розчином сірчано-кислого літію і 0,05 %-м розчином молібденовокислого амонію чи суміші міді, бору і цинку.

У зв'язку з деякою суперечністю наведених літературних даних нами було продовжено дослідження впливу передпосівної обробки насіння КД Фізіоживлін та ДМ Cu+V та Zn+V на урожай і якість зерна пшениці озимої.

Наведені в таблиці 5.1 результати досліджень свідчать про те, що після обробки насіння Фізіоживліном урожай зерна пшениці озимої зростав на 25%, а вміст клейковини і білка в зерні – на 0,9 і 0,4%.

Таблиця 5.1

**Урожай і якість зерна пшениці озимої за дії передпосівної обробки насіння КД і ДМ (польовий дослід, фаза повної стиглості зерна, середнє за 2001–2004 рр.)**

Варіант досліджу	Урожайність, т/га					Білок, %	Клейковина, %
	2001 р.	2002 р.	2004 р.	середнє	приріст		
обробка водою (контроль)	3,88	4,05	3,97	3,96	–	14,39	31,5
Фізіоживлін	4,78	5,17	4,89	4,95	0,9	14,84	32,4
Cu+V	4,45	4,64	4,33	4,47	0,51	14,27	32,5
Zn+V	3,95	4,3	4,1	4,11	0,15	15,05	33,56
НІР <sub>05</sub>	0,17	0,18	0,17			0,28	0,6

Передпосівна обробка насіння розчином ДМ Cu+V також сприяла підвищенню урожаю зерна і його якості. Урожай зерна зростав на 12,9%, а вміст в ньому клейковини – на 1,0%. Передпосівна обробка насіння ДМ Zn+V була менш ефективною. Урожай зерна завдяки їй зростав лише на 3,5%. Але при цьому спостерігався найбільш значний вміст в зерні клейковини – на 2,0%. Передпосівна обробка на фоні N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> дало змогу одержати зерно, яке за вмістом білка і клейковини відповідає зерну першого класу (ДСТУ 3768: 2010).

Аналіз літературних даних свідчить про те, що вплив комплексних добрив на урожай і якість зерна потребує подальшого дослідження. Найбільш актуальним, на наш погляд, є дослідження впливу на урожай і якість зерна пшениці озимої комплексних збалансованих по макро- і мікроелементами добрив.

Результати наших досліджень в умовах 2001–2004 рр. (табл. 5.2) показали, що найбільш суттєве підвищення урожаю і якості зерна спостерігалось при позакореновому підживленні рослин КД Фізіоживлін.

Таблиця 5.2

**Урожай зерна пшениці озимої сорту Ятрань 60 за дії позакоренового підживлення КД і ДМ (польовий дослід, фаза повної стиглості зерна, середнє за 2000–2004 рр.)**

Варіант досліджу	Урожайність, т/га				
	2001 р.	2002 р.	2004 р.	середнє	приріст
обробка водою (контроль)	3,91	3,96	4,11	3,99	–
Фізіоживлін	4,33	4,47	4,71	4,51	0,52
Cu+V	4,12	4,30	4,53	4,32	0,33
Zn+V	3,96	4,43	4,65	4,35	0,36
НІР <sub>05</sub>	0,15	0,17	0,17		

Так, встановлено, що за позакоренового підживлення рослин КД Фізіоживлін урожайність зерна пшениці озимої зростала в 2001 році на 10,9%, а ДМ Cu+V і Zn+V – на 5,4 і 1,4% відповідно (див. табл. 5.2).

В умовах 2003–2004 рр. дворазове позакореневе підживлення рослин пшениці озимої Фізіоживліном у фазах виходу в трубку і початку колосіння призводило до зростання врожаю зерна на 14,5%, а ДМ Cu+V і Zn+V урожай зерна пшениці зростав на 10,2 і 13,1% (див. табл. 5.2).

Досліджуванні добрива неоднозначно впливали на якість зерна пшениці озимої. Із наведених в таблицях 5.3–5.4 даних видно, що вміст білка в зерні зростав при підживленні КД Фізіоживлін – на 0,82%, а клейковини – на 1,13% . При обробці ж рослин ДМ Zn+V і Cu +V спостерігалось зростання лише вмісту клейковини в зерні – на 0,93 і 1,3% відповідно, тобто отриманні в 2001 році дані свідчать про майже повну відсутність впливу позакоренового підживлення рослин ДМ Cu+V на вміст білка в зерні пшениці озимої.

Тоді як в умовах 2002–2004 рр. за дії КД Фізіоживлін вміст білку збільшувався – на 0,4% (див. табл. 5.3).

**Вміст білка пшениці озимої сорту Ятрань 60 за дії позакореневого підживлення (польовий дослід, середнє за 2001–2004 рр.)**

Варіант досліду	Білок, %			
	2001 р.	2002 р.	2004 р.	середнє
обробка водою (контроль)	13,57	14,39	14,1	14,02
Фізіоживлін	14,39	14,76	14,5	14,56
Cu+B	13,59	14,44	14,15	14,06
Zn+B	13,58	14,50	14,3	14,12
НІР <sub>05</sub>	0,27	0,28	0,28	

Аналогічна закономірність впливу позакореневого підживлення рослин ДМ Cu+B і Zn+B на вміст білка в зерні спостерігалася і при вирощуванні пшениці озимої в польових умовах 2001–2004 рр.

Таблиця 5.4

**Вміст клейковини пшениці озимої сорту Ятрань 60 за дії позакореневого підживлення (польовий дослід, середнє за 2001–2004 рр.)**

Варіант досліду	Клейковина, %			
	2001 р.	2002 р.	2004 р.	середнє
обробка водою (контроль)	28,4	31,57	30,0	29,99
Фізіоживлін	29,53	32,28	31,28	31,03
Cu+B	29,7	32,52	31,52	31,24
Zn+B	29,33	32,39	31,39	31,03
НІР <sub>05</sub>	0,6	0,6	0,6	

За цих умов позакоренево підживлення рослин пшениці озимої КД Фізіоживлін сприяло зростанню урожаю зерна на 0,51 т/га або 12,9%. Вміст же в ньому білка і клейковини збільшувався на 0,71% і 0,37% відповідно. Позакоренево підживлення рослин ДМ Zn+B і Cu+B сприяло більш значному позитивному впливу на продуктивність пшениці озимої. Урожай зерна зростав порівняно до контрольних рослин відповідно на 11,9 і 8,6%, а клейковини – на 0,82 і 0,95%. Вміст же білка в зерні за цих умов знаходився на рівні контрольних

рослин. В польових умовах 2001–2004 рр. при обробці рослин ДМ Cu+V і Zn+V вміст клейковини в зерні – на 1,52 і 1,39% відповідно.

У середньому протягом трьохрічних досліджень нами було встановлено, що урожай зерна пшениці озимої зростав при позакореновому підживленні КД Фізіоживлін на 0,51 т/га або 12,8%, в той час як при використанні ДМ Cu+V і Zn+V – на 0,32 т/га і 0,35 т/га або 8,1 і 8,8% відповідно. Вміст білка і клейковини в середньому зростав за позакоренового підживлення КД Фізіоживлін на 0,54%, а клейковини – на 1,04%. Застосування ж ДМ Cu+V і Zn+V для позакоренового підживлення сприяло підвищенню лише вмісту клейковини на 1,25% і 1,04% відповідно. Позакореневе підживлення на фоні N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> дало змогу одержати зерно, яке за вмістом білка і клейковини відповідає зерну першого класу (ДСТУ 3768:2010).

При позакореневій обробці КД (Фізіоживлін, Брексіл Мікс, Мастер і Плантафол) пшениці озимої урожай зерна в середньому за 2010–2012 рр. зростав на 0,6; 0,64; 0,54 і 0,56 т/га відповідно (табл. 5.5).

Таблиця 5.5

**Урожайність рослин пшениці м'якої озимої сорту Смуглянка за дії КД (польовий дослід, фаза повної стиглості зерна, середнє за 2010–2012 рр.)**

Варіант досліджу	Урожайність, т/га				
	2010 р.	2011 р.	2012 р.	середнє	приріст
Обробка водою (контроль)	4,46	4,66	4,74	4,62	–
Фізіоживлін	5,1	5,24	5,32	5,22	0,6
Брексіл Мікс	5,15	5,27	5,36	5,26	0,64
Мастер	5,0	5,2	5,28	5,16	0,54
Плантафол	5,0	5,22	5,32	5,18	0,56
НІР <sub>05</sub>	0,2	0,22	0,22		

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 рістактивуєчих



фітогормонів в тканинах та підвищенням ефективності асиміляції вуглецю, що у підсумку поліпшувало інтенсивність ростових процесів.

## 5.2. Елементи продуктивності

Для визначення впливу окремих факторів та їх взаємозв'язку на формування продуктивності пшениці озимої велике значення мають елементи продуктивності сільськогосподарської культури. За допомогою цих показників визначається вплив, який зумовлюється застосуванням певного агрохімікату або системи живлення, який виступає критерієм оцінки застосування того чи іншого препарату або його вдосконалення.

Елементи продуктивності пшениці озимої в значній мірі залежать як від вмісту мінеральних поживних компонентів в ґрунті, так і від погодно-кліматичних умов. Найважливішими кліматичними умовами, що впливають на довжину колоса є температура повітря, тривалість фотоперіоду, наявність продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту. Так, розвиток колоса у зернових культур прискорює тривалий фотоперіод і високі температури. У цьому випадку раніше формується верхівковий колосок і передчасно закінчується його розвиток, в результаті чого колос утворюється коротший. З підвищенням температури з 15<sup>0</sup> до 25<sup>0</sup>С збільшується швидкість росту зернівки, скорочується період від збільшення до повної стиглості, що веде до зниження врожаю. Оптимальний температурний інтервал під час росту зернівки вважається температура від 20<sup>0</sup>С до 25<sup>0</sup>С. При нестачі вологи сформоване зерно також не розвиваються.

Наші дослідження показали, що позакореневе підживлення КД і ДМ позитивно впливало майже на всі елементи продуктивності рослин. Показано, що за позакореневого підживлення КД Фізіоживлін спостерігалось збільшення маси зерна головного колосу – на 2,52 г проти 1,85 г у контролі. При позакореновому підживленні ДМ Cu+В і ДМ Zn+В також відмічено збільшення маси зерна – на 2,22 г і 2,02 відповідно (табл. 5.6). Кількість продуктивних стебел

за обробки КД Фізіоживліном, ДМ Cu+B і Zn+B цих умов складала – 4,5, 4,25 і 4,0 проти 3,87 у контрольних рослинах.

Таблиця 5.6

**Елементи продуктивності рослин пшениці озимої за дії позакореневого підживлення КД і ДМ (польовий дослід, фаза повної стиглості зерна, 2001–2002 рр.)**

Показники елементів продуктивності		Варіант досліджу			
		обробка водою (контроль)	Фізіоживлін	Cu+B	Zn+B
Висота рослин, см		81,00±1,62	87,75±1,75*	90,00±1,8*	89,00±1,78*
Кількість продуктивних стебел, шт.		3,87±0,09	4,50±0,09*	4,25±0,08	4,00±0,11
Довжина колосу, см	головного пагону	8,37±0,17	10,00±0,20*	9,75±0,19*	9,37±0,18*
	бічних пагонів	7,18±0,15	8,06±0,16*	8,27±0,16*	8,35±0,16*
Кільк. колосків, шт.	головного пагону	17,25±0,34	20,25±0,40*	19,25±0,38*	18,2±0,36*
	бічних пагонів	15,45±0,31	16,72±0,38*	16,07±0,32	16,0±0,32
Кількість зерен, шт.	головного пагону	45,00±0,9	58,50±1,17*	49,50±0,99*	45,00±0,9
	бічних пагонів	29,70±0,59	39,02±0,78*	36,00±0,76*	37,0±0,74*
Маса зерен, г	головного пагону	1,85±0,04	2,52±0,05*	2,22±0,04	2,02±0,04
	бічних пагонів	1,15±0,04	1,60±0,03	1,93±0,06*	1,42±0,03
Маса 1000 зерен, г		45,60±0,91	47,40±0,94	48,20±0,96*	46,0±0,92

Примітка: \* – різниця з контролем достовірна при  $P \leq 0,05$ .

Наведені в таблиці 5.7 дані свідчать, що за передпосівної обробки насіння КД Фізіоживлін та ДМ Cu+B і Zn+B маса зерна головного колосу складала 2,4 та 2,02, і 1,97 г відповідно проти 1,85 у контролі.

**Елементи продуктивності рослин пшениці озимої за дії передпосівної  
обробки насіння КД і ДМ (фаза повної стиглості зерна,  
польовий дослід 2002–2004 рр.)**

Показники елементів продуктивності		Варіант досліджу			
		Обробка водою (контроль)	Фізіоживлін	Cu+B	Zn+B
Висота рослин, см		81,00±0,35	92,25±0,43*	88,25±0,44*	91,00±0,26*
Кількість продуктивних стебел, шт.		3,87±0,09	4,50±0,18*	4,75±0,13*	4,25±0,07*
Довжина колосу, см	ГОЛОВНОГО пагону	8,37±0,1	10,50±0,13*	10,00±0,14*	9,62±0,06*
	бічних пагонів	7,18±0,05	7,20±0,08	7,78±0,11*	8,31±0,13*
Кільк. колосків, шт.	ГОЛОВНОГО пагону	17,25±0,29	19,50±0,14*	19,75±0,07*	19,25±0,24*
	бічних пагонів	15,45±0,26	16,25±0,7*	15,60±0,13	17,86±0,19*
Кількість зерен, шт.	ГОЛОВНОГО пагону	45,00±0,40	51,50±0,9*	51,20±0,3*	46,70±1,1*
	бічних пагонів	29,70±0,38	32,32±0,5	30,05±0,41	39,77±0,63
Маса зерен, г	ГОЛОВНОГО пагону	1,85±0,02	2,40±0,03*	2,02±0,02	1,97±0,07*
	бічних пагонів	1,15±0,04	1,62±0,03*	1,45±0,04*	1,81±0,01*
Маса 1000 зерен, г		46,50±0,12	47,80±0,8	47,00±0,45*	47,20±0,24*

Примітка: \* – різниця з контролем достовірна при  $P \leq 0,05$ .

За аналізом елементів продуктивності рослин пшениці озимої сорту Смуглянка встановлено, що сумісне застосування фунгіциду Амістар Екстра 280 SC і Енерджен фулхум плюс призвело до більш інтенсивного морфогенезу рослин пшениці озимої, сприяючи збільшенню висоти пагонів, довжини колосу і кількості в ньому колосків, маси зерен бокового і головного колосу, маси 1000 зерен і зернової продуктивності пшениці озимої на 19,6% (табл. 5.8)

**Елементи продуктивності рослин пшениці озимої сорту Смуглянка за дії  
КД і фунгіциду (дрібноділянковий дослід, фаза повної стиглості  
зерна, 2013 р.)**

Показники елементів продуктивності	Контроль	Енерджен фулхум плюс + Амістр Екстра
Висота пагонів, см	68,5±3,1	71,7±3,4
Довжина гол. колоса, см	5,9±0,3	6,1±0,3
К-ть колосків гол. кол., шт.	11,4±0,5	12,5±0,5
Маса зерен бокового колосу, г	0,9±0,1	1,0±0,2
Маса зерен гол. кол., г	0,70±0,04	0,80±0,05*
Маса 1000 зерен, г	43,2±0,9	49,2±0,9*
Маса зерна/м <sup>2</sup> , г	37,3±1,4	44,6±1,8*

Примітка: \* – різниця з контролем достовірна при  $P \leq 0,05$ .

Таким чином, застосування суміші КД Енерджен фулхум плюс разом із фунгіцидом Амістар Екстра 280 SC стимулює розвиток кореневої системи – збільшення її загальної і активної площі поверхні, зростання редокс-потенціалу коренів, а також позитивно впливає на структуру зернової продуктивності, покращуючи елементи продуктивності рослин пшениці озимої сорту Смуглянка – висоти пагонів, довжини колосу і кількості в ньому колосків, маси зерен бокового і головного колосу, маси 1000 зерен і зернової продуктивності.

Отже, комбіноване застосування фунгіциду класу триазолів й стробілуринів в суміші з КД Енерджен фулхум плюс у посівах пшениці озимої стимулює ростові процеси й поліпшує коренебезпеченість листового апарату, що створює кращі умови для розкриття генетичного потенціалу зернової продуктивності.

У польових дослідках (2006–2008 рр.) рослини пшениці м'якої оброблені Фізіоживліном, характеризувалися найбільшою кількістю колосків у колосі – 17,15 шт., проти 15,8 шт. в контролі. Найбільша кількість зерен в головному колосі – 35,1 зерно, тоді як у контрольному варіанті – 28,8 зерно за передпосівної обробки насіння. Застосування КД Фізіоживлін призвело до зростання кількості

і маси зерен головного колосу 34,7 шт. і 1,40 г проти 28,85 шт. і 1,04 г у контролі (табл. 5.9).

Таблиця 5.9

**Елементи продуктивності рослин пшениці м'якої сорту Хуторянка за дії позакореневого підживлення КД Фізіоживлін (польовий дослід, фаза повної стиглості зерна, середнє за 2006–2008 рр.)**

Показники елементів продуктивності	Обробка водою (контроль)	Обробка насіння	Позакоренева обробка		
Кільк пагонів	2,85±0,11	3,25±0,13*	3,10±0,12*	3,3±0,13*	
Висота пагонів, см	82,5±3,3	83,45±3,3	89,5±3,58*	85,25±3,41	
Довжина гол. колоса, см	9,15±0,36	8,1±0,32*	8,4±0,34*	7,65±0,31*	
К-ть колосків гол. кол., шт.	15,8±0,63	16,0±0,64	17,15±0,68*	16,2±0,64	
Маса зерен бокового колосу, г	1,16±0,04	1,65±0,06*	1,38±0,05	1,49±0,06*	
Число зерен у колосі, шт.	28,85±1,15	35,1±1,40*	34,7±1,38*	27,55±1,1	
Маса зерен гол. кол., г	1,04±0,04	1,38±0,05*	1,40±0,06*	1,1±0,04	
Варіант дослідю	Урожайність т/га				
	2006 р.	2007 р.	2008 р.	середнє	приріст
обробка водою (контроль)	3,8	3,95	4,1	3,95	–
обробка насіння	4,6	4,3	4,1	4,30	0,35
позакоренева обробка	4,7	4,45	4,2	4,45	0,5
	4,0	4,04	4,12	4,05	0,1
НІР <sub>05</sub>	0,15	0,14	0,12		

Примітка: \* – різниця з контролем достовірна при  $P \leq 0,05$ .

За дії КД Фізіоживлін урожайність пшениці м'якої сорту Хуторянка в середньому за 2006–2008 рр. підвищилась за передпосівної обробки – на 0,35 т/га (8,9%), а за позакореневого підживлення – на 0,1–0,5 т/га (12,6%) відповідно (див. табл. 5.9).

В умовах польових дослідів, які проводилися в 2010–2012 рр. встановлено, що застосування КД Брексіл Мікс, Мастер, Плантафол поліпшувало показники структури врожаю рослин пшениці озимої: кількість продуктивних стебел,

висоту рослин, довжину головного колоса, кількість колосків і кількість зерен у колосі, масу зерен бічних колосків, масу зерен головного колосу [23, 28, 32, 191].

Рослини пшениці озимої, оброблені Брексілом Мікс, характеризувалися найбільшою кількістю колосків у колосі – 19,1 шт., проти 17,7 шт. в контролі. Найбільша маса зерен в головному колосі – 2,8 г зерна, тоді як у контрольному варіанті – 2,0 г зерна. Застосування Брексіл Мікс призвело до збільшення маси 1000 зерен, яка складала 55,8 г проти 53,8 г у контролі (табл. 5.10).

Також нами була досліджена дія КД Мастер на елементи продуктивності пшениці озимої. Довжина колоса за обробки добривом Мастер складала 8,1 см, проти 7,9 см на контролі. За обробки цим добривом кількість колосків у колосі становила 15,4 шт., проти – 14,9 шт. у контролі.

Таблиця 5.10

**Елементи продуктивності рослин пшениці озимої сорту Смуглянка за дії позакореневого підживлення рослин КД (польові досліді, фаза повної стиглості, 2010–2012 рр.)**

Показники елементів продуктивності	Обробка водою (контроль)	Брексіл Мікс	Мастер	Плантафол
Кількість продуктивних стебел, шт.	4,2±0,1	4,2±0,1	4,2±0,1	4,2±0,1
Висота рослин, см	90,9±1,1	98,3±1,3*	84,7±0,7*	91,6±0,9
Довжина головного колоса, см	9,8±0,2	9,2±0,1*	8,1±0,2*	10,4±0,2*
Кількість колосків головного колосу, шт.	15,8±0,3	19,1±0,3*	15,4±0,3	16,6±0,3
Маса зерен бічних колосків, г	5,3±0,2	5,6±0,28	4,8±0,2*	5,2±0,2
Кількість зерен у колосі, шт.	37,9±1,7	49,8±1,4*	36,6±0,8	41,9±1,8*
Маса зерен головного колоса, г	2,0±0,1	2,8±0,2*	2,0±0,1	2,3±0,1
Маса 1000 зерен, г	53,8±0,9	55,8±0,8*	54,8 ±0,5	55,0±0,9*

Примітка: \* – різниця з контролем достовірна при  $P \leq 0,05$ .

Кількість зерен у колосі за дії КД Мастер становило 36,6 проти 35,9 на контролі. З наведених в табл. 5.10 видно, що вміст продуктивних стебел за обробки КД Мастер нижче на 5%, ніж без обробки.

Кількість зерен у колосі є основним показником структури врожаю, тому між озерненістю колоса і врожайністю зерна відзначається пряма залежність. Дані наших досліджень показників структури врожаю рослин пшениці озимої виявили відмінності в довжині головного колоса, яка становила 10,4 см у рослин, оброблених Плантафолом, що було на 6,1% вище, ніж у контролі. Кількість колосків і зерен у колосі за обробки – 16,6 шт. і 41,9 зерен відповідно, тоді як у контрольних рослин пшениці озимої – 15,8 шт. і 37,9 зерен відповідно (див. табл. 5.10). Найбільша довжина колоса при обробці склала 10,4 см при 9,8 см у контролі. Маса 1000 зерен за обробки Плантафолом складала 55,0 г, тоді як на контролі – 53,8 г.

За даними польових дослідів, щодо елементів продуктивності за позакореневого підживлення КД, встановлено поліпшення: довжини колосу, кількості колосків і зерен в колосі та маси 1000 зерен й суттєве підвищення зернової продуктивності пшениці озимої.

Суттєвий вплив позакореневого підживлення КД Фізіоживлін було встановлено при дослідженні маси 1000 зерен.

Наведені нами на рис. 5.1 дані свідчать про те, що позакореневе підживлення сприяло зростанню маси 1000 зерен дослідних рослин до 42,5 г.

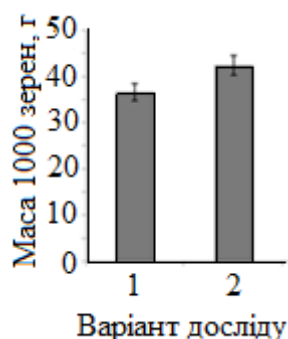


Рис. 5.1. Маса 1000 зерен пшениці озимої за дії позакореневого підживлення КД: 1 – обробка водою (контроль); 2 – Фізіоживлін (вегетаційний дослід, фаза повної стиглості, 2008 р.).

Позакоренева ж обробка рослин пшениці сприяла більш значному зростанню урожаю зерна, ніж у контролі – на 30%. Нами показано [73], що позакоренева обробка рослин пшениці озимої, яка вирощувалась за нормальних умов фосфорного живлення призводила до зростання зернової продуктивності з 32,7 до 38,5 г/посудину (табл. 5.11), тобто на 17,7%.

Таблиця 5.11

**Зернова продуктивність рослин пшениці озимої за дії позакореневого підживлення КД (вегетаційний дослід, фаза повної стиглості, 2008 р.)**

Варіант досліджу	(г/посудину)	% до контролю
Обробка водою (контроль)	32,7±1,63	100,0
Фізіоживлін	38,5±1,92*	117,7

Примітка: \* – різниця з контролем достовірна при  $P \leq 0,05$ .

Виявлено, що застосування фунгіциду Амістар Екстра 280 SC окремо та в суміші з КД Енерджен фулхум плюс спричинило кращий ефект на такі елементи продуктивності рослин пшениці озимої, як кількість пагонів, довжину головного колосу, масу зерен бокового колосу (табл. 5.12).

Таблиця 5.12

**Елементи продуктивності рослин пшениці м'якої сорту Зимоярка за дії позакореневої обробки КД Енерджен фулхум плюс і фунгіцидом (вегетаційний дослід, фаза повної стиглості, 2013 р.)**

Елементи продуктивності	Контроль	Енерджен фулхум плюс	Амістар Екстра	Енерджен фулхум плюс + Амістар Екстра	
К-ть пагонів	2,6±0,1	2,8±0,09	2,8±0,1	2,9±0,08*	
Висота пагонів, см	94±3,5	89±3,1	92±3,3	83±2,9*	
Довжина гол. колосу, см	7,1±0,3	7,3±0,4	7,2±0,3	7,9±0,5*	
Маса зерен колосу, г	гол.	0,90±0,04	0,87±0,02	0,83±0,02*	1,07±0,04*
	бок.	1,20±0,07	1,34±0,06	1,34±0,07	1,50±0,04*
К-ть колосків гол. кол., шт.	15,0±0,6	15,0±0,6	15,0±0,6	16,0±0,7*	
Кількість зерен гол. кол., шт.	31,0±1,2	30,0±1,2	29,0±1,1	31,0±1,2	
Маса зерна з посудини	21,03±0,7	22,1±0,7	21,8±0,8	25,7±0,9*	

Примітка: \* – різниця з контролем достовірна при  $P \leq 0,05$ .



Більш суттєвий вплив на елементи продуктивності спостерігався за дії фунгіциду Амістар Екстра в суміші з КД Енерджен фулхум плюс, у результаті чого маса зерна з посудини підвищилась з 21 до 26 г/посудину, тобто була на 22% більша порівняно із контролем. Обробка лише фунгіцидом поліпшувала зернову продуктивність на 4%, а – КД Енерджен фулхум плюс – на 5%.

Таким чином, кращий вплив на елементи продуктивності відмічено за дії фунгіциду Амістар Екстра 280 SC в суміші із КД Енерджен фулхум плюс.

Встановлено, що дія КД Фізіоживлін окремо і в суміші з фунгіцидом Амістар Екстра 280 SC сприяла підвищенню кількості пагонів, довжини головного колосу, маси і кількості зерен головного і бокового колосу, а отже і зернової продуктивності рослин пшениці м'якої сорту Зимоярка, яка зростає на 7,3 і 9,4% відповідно (табл. 5.13).

Таблиця 5.13

**Елементи продуктивності рослин пшениці м'якої сорту Зимоярка за дії позакореневої обробки КД Фізіоживлін і фунгіцидом (вегетаційний дослід, фаза повної стиглості, 2013 р.)**

Показники елементів продуктивності	Контроль	Фізіоживлін	Фізіоживлін+ Амістр Екстра
К-ть пагонів, шт.	2,5±0,1	2,6±0,2	2,7±0,2
Висота пагонів, см	84,0±3,1	90,0±3,5	86,0±3,4
Довжина гол. колоса, см	7,0±0,3	7,1±0,2	7,1±0,3
Маса зерен бокового колосу, г	2,4±0,1	2,9±0,2*	3,1±0,2*
К-ть колосків гол. кол., шт.	14,5±0,5	14,7±0,5	15,7±0,5*
Маса зерен гол. кол., г	0,90±0,04	0,98±0,05*	0,96±0,05*
Маса зерна з посудини, г	19,2±0,81	21,0±0,85*	20,6±0,88

Примітка: \* – різниця з контролем достовірна при  $P \leq 0,05$ .

Дослідженнями встановлено, що застосування КД Енерджен фулхум плюс разом із фунгіцидом класу триазолів і стробілуринів стимулює поліпшення розвитку листового апарату й кореневої системи рослин пшениці м'якої сорту Зимоярка та загальної коренебезпеченості рослин пшениці озимої, що підвищує господарську ефективність урожаю та збільшує зернову продуктивність пшениці озимої на 19% (табл. 5.14).

**Зернова продуктивність рослин пшениці м'якої сорту Зимоярка за сумісної дії КД і фунгіцидів (дрібnodілянковий дослід, фаза повної стиглості зерна, 2014 р.)**

Варіант досліджу	Урожай зерна, т/га	K <sub>госп.</sub>
Контроль (Квадріс і Скор)	3,20	0,46±0,01
Енерджен фулхум плюс + (Квадріс і Скор)	3,80	0,51±0,02
Енерджен фулхум плюс + Хорус	3,50	0,52±0,02
НІР <sub>05</sub>	0,14	

Таким чином, нашими дослідженнями встановлено, що КД у сумісному застосуванні із фунгіцидом синергічно діяли, підвищуючи зернову продуктивність, завдяки поліпшенню показників структури врожаю рослин пшениці м'якої.

Отже, позакореневе підживлення КД Фізіоживлін, Плантофол, Брексіл Мікс та Мастер призводить до підвищення зернової продуктивності пшениці озимої на 12–14% проти контролю, та покращення якості зерна пшениці м'якої озимої, що обумовлено позитивним впливом КД на поглинальну активність коренів за збільшення їх площі – загальної і активної, зміщення статусу фітогормонів у бік рістактивуючих та підвищення фотохімічної активності листків у бік зростання ефективності залучення енергії світла у темних фотохімічних процесах асиміляції вуглецю, що у підсумку поліпшувало інтенсивність ростових процесів.

### **5.3. Ефективність використання рослинами пшениці озимої макроелементів**

Сучасні технології отримання високих і стабільних урожаїв за мінімальних витрат поживних речовин передбачають внесення в ґрунт органічних і мінеральних добрив та застосування комплексу всіх необхідних макро- і

мікроелементів шляхом періодичних підживлень рослин протягом вегетаційного періоду.

Вважається, що найбільш ефективним із рекомендованих способів використання мінеральних добрив є передпосівна обробка насіння [192]. Але літературні дані відносно впливу різних способів внесення комплексних добрив на урожай і ефективність використання елементів живлення пшеницею озимою часто є досить суперечливими [3, 41, 56, 58].

Тому уваги заслуговує дослідження впливу передпосівної обробки насіння і позакореневого підживлення КД на ефективність використання елементів живлення [8, 56, 108].

Нами вперше проведено дослідження впливу КД Фізіоживлін та ДМ Cu+V і Zn+V на ефективність використання азоту, фосфору, калію і кальцію при вирощуванні рослин пшениці озимої в умовах польового дослідження на сірому лісовому ґрунті [179].

Нашими дослідженнями показано, що найбільш ефективно діючою виявилася передпосівна обробка насіння пшениці озимої. Із наведених на рис. 5.2, *a* даних видно, що ефективність використання азоту, калію і кальцію зростала за дії КД Фізіоживлін на 25%, а фосфору – на 19,7% порівняно до контрольних рослин.

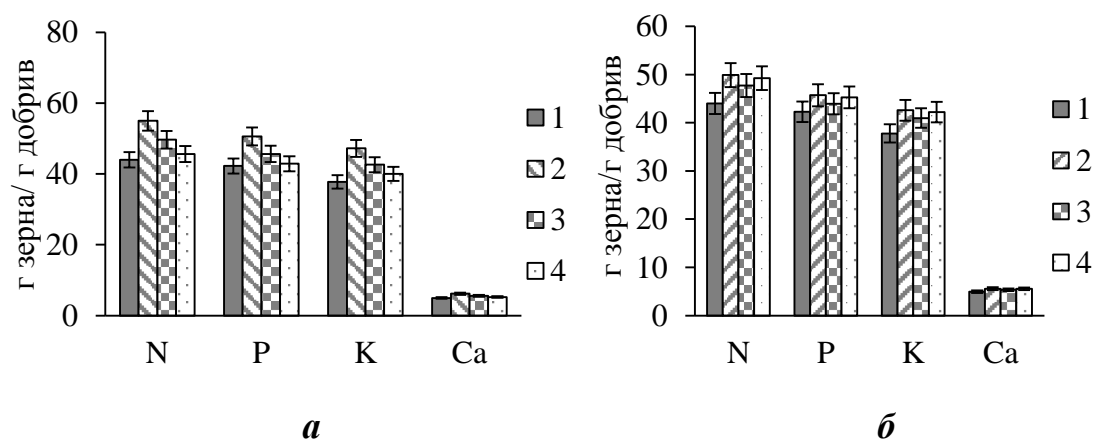


Рис. 5.2. Ефективність використання добрив за передпосівної обробки насіння (*a*) і позакореневого підживлення рослин пшениці озимої (*б*) КД і ДМ: 1 – контроль (обробка водою); 2 – Фізіоживлін; 3 – Cu+V; 4 – Zn+V (польовий дослід, 2001–2004 рр.).

Встановлено, що передпосівна обробка насіння пшениці озимої використаними нами ДМ була менш ефективною порівняно із КД. Проте ДМ Zn+V порівняно із Cu+V була більш дієвою. Позакоренева ж обробка рослин ДМ Zn+V також сприяла більш значному підвищенню ефективності використання макроелементів в порівнянні з ДМ Cu+V (рис. 5.2, б). Встановлено, що ефективність використання азоту, калію і кальцію зростала за позакореневого підживлення Фізіоживліном – на 13,4; 12,7 і 12,5% відповідно, а фосфору – на 8,1 % проти контролю (див. рис. 5.2, б). Використання ж з цією метою ДМ Cu+V дало менший ефект. Ефективність використання азоту, калію, кальцію за цих умов зростала на 8–8,4%, а фосфору – лише на 3,9%.

Отже, нашими дослідженнями встановлено, що передпосівне і позакореневе застосування збалансованого КД Фізіоживлін дало найбільш значний позитивний ефект порівняно із застосуванням ДМ, сприяючи більш ефективному використанню рослинами пшениці озимої азоту, калію і кальцію. Причому найменш ефективною виявилася передпосівна обробка насіння ДМ Zn+V.

Нами виявлено відмінності щодо впливу на ефективність використання ДМ Cu+V і Zn+V. Показано, що ДМ Zn+V більш ефективно діє при використанні для позакореневого підживлення.

При вивченні впливу двох способів внесення мікродобрив, зокрема КД Фізіоживлін на ефективність використання макроелементів рослинами пшениці показало збільшення цього показника за всіх способів внесення до контрольних рослин, однак передпосівна обробка насіння пшениці озимої дещо ефективніше порівняно із позакореневим підживленням сприяла використанню азоту, калію і кальцію. Переважання ефективності передпосівної обробки рослин пшениці у використанні поживних елементів пов'язана із тим, що саме перші 1–2 тижні розвитку, пшениця характеризується найбільшою інтенсивністю ростових процесів, поступовим нарощуванням кореневої системи і її поглинальної здатності. В цей час, насиченість ризосферного шару ґрунту доступними елементами живлення відіграє важливу роль у активуванні засвоєння і

накопичення поживних елементів, що поліпшують ріст, розвиток рослин пшениці м'якої. Разом із тим, суттєвий позитивний ефект позакореневої обробки комплексними добривами на цей показник пояснюється внесенням поживних елементів у доступній формі у важливі для формування значного і високоякісного урожаю фази – вихід у трубку і колосіння-цвітіння, коли рослина найбільш вразлива та потребує забезпечення поживними елементами у збалансованій формі. В той же час порівняння впливу двох способів внесення КД на прибавку до урожаю рослин пшениці м'якої озимої не показало достовірної різниці між способами застосування КД, яка знаходилася у межах похибки досліду. Тому нами було проведено аналіз цих способів застосування комплексних добрив за економічною і енергетичною ефективністю.

## РОЗДІЛ 6

### ЕКОНОМІЧНА І ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ КОМПЛЕКСНИХ ДОБРИВ

#### 6.1. Економічна ефективність

В сучасних ринкових умовах України основою технологій вирощування сільськогосподарських культур є їх економічна ефективність. Першочерговим завданням у економіці сучасного аграрного сектора стосовно зернових культур є збільшення виробництва зерна пшениці при менших затратах на її вирощування та отримання максимального прибутку від реалізації продукції.

Для підвищення коефіцієнту корисної дії добрив важливо застосовувати КД різного складу відповідно до світової практики [15]. Для відбору у виробництво найефективніших для застосування КД необхідна їх економічна оцінка [107]. Із кожним роком підвищуються вимоги до покращення використання КД та збільшення економічної ефективності їх застосування. При обґрунтуванні застосування КД показником економічної ефективності їх використання вважається обсяг виробництва продукції та ресурсоемність її одиниці. В даному випадку критеріями оцінки стають: врожайність, затрати живої праці на одиницю продукції, окупність врожаєм виробничих ресурсів, сумарні експлуатаційні витрати на одиницю продукції та умовно чистий прибуток на гектар [15, 34, 107].

Аналіз економічної ефективності вирощування пшениці м'якої озимої показав, що приріст урожаю і покращення якості зерна за рахунок різних способів внесення КД – передпосівна обробка насіння, позакореневе підживлення на фоні  $N_{90}P_{90}K_{90}$  перебиває витрати на їх внесення, що в свою чергу забезпечує хороший економічний ефект.

За передпосівної обробки насіння КД Фізіоживлін собівартість зерна становила 74,3 грн/га (табл. 6.1) за умовно чистого прибутку – 5430 грн/га, тоді

як застосування ДМ Cu+V і Zn+V дало – 87,69 і 89,68 грн/га відповідно за умовно чистого прибутку – 4304,8 і 3867 грн/га. Найбільша економічна ефективність при вирощуванні пшениці озимої була досягнута за обробки насіння КД Фізіоживлін, де умовно чистий прибуток зростав на 1491,6 грн/га відповідно.

Таблиця 6.1

**Економічна ефективність вирощування пшениці озимої сорту Ятрань 60 за передпосівної обробки насіння КД і ДМ (польовий дослід, 2001–2004 рр.)**

Показники економічної ефективності	Передпосівна обробка насіння			
	Обробка водою (контроль)	Фізіоживлін	Cu+V	Zn+V
Урожайність, т/га	3,96	4,95	4,47	4,1
Вартість продукції,** грн/га	7286,4	9108	8224,8	7544
Виробничі затрати** грн/га	3348	3678	3920	3677
Собівартість,** грн/ц	84,54	74,3	87,69	89,68
Умовний чистий прибуток,** грн/га	3938,4	5430	4304,8	3867
Рівень рентабельності,** %	117,63	147,63	109,82	105,16

Примітка: \*\*розраховано у цінах 2013–2014 рр.

За позакореневої обробки КД Фізіоживлін і ДМ Cu+V та Zn+V економічна ефективність була вищою за дії КД Фізіоживлін, де умовно чистий прибуток складав 4620,4 грн/га і зростав на 627 грн/га відповідно (табл. 6.2).

Економічно вигідним виявилось вирощування пшениці озимої за дії КД Брексіл, Мастер, Пантафол, Фізіоживлін за зростання умовно чистого прибутку у межах 8,4–20% (430,4–1036,6 грн/га) 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% (табл. 6.3), обумовленого збільшенням урожаю зерна – на 12–14% до контролю.

За дії КД Пантафол собівартість зростала на 5,2% за зниження рівня рентабельності на 12,5% (див. табл. 6.3).

**Економічна ефективність вирощування пшениці озимої сорту Ятрань 60 за позакореневого підживлення КД і ДМ (польовий дослід, 2001–2004 рр.)**

Показники економічної ефективності	Позакореневе підживлення			
	Обробка водою (контроль)	Фізіоживлін	Cu+B	Zn+B
Урожайність, т/га	3,99	4,51	4,32	4,35
Вартість продукції,** грн/га	7341,6	8280,0	7948,8	8004,0
Виробничі затрати,** грн/га	3348	3678	3920	3677
Собівартість, **грн/ц	83,91	81,55	90,74	84,53
Умовний чистий прибуток,** грн/га	3993,6	4620,4	4028,8	4327
Рівень рентабельності,** %	119,28	125,62	102,77	117,67

Примітка: Тут і далі: \*\* – розраховано у цінах 2013–2014 рр.

Таблиця 6.3.

**Економічна ефективність вирощування пшениці озимої сорту Смуглянка за позакореневого підживлення КД (польовий дослід, 2010–2012 рр.)**

Показники економічної ефективності	Позакореневе підживлення				
	Обробка водою (контроль)	Фізіоживлін	Брексіл Мікс	Мастер	Планта-фол
Урожайність, т/га	4,62	5,22	5,26	5,16	5,18
Вартість продукції,** грн/га	8500,8	9604,8	9678,4	9494,4	9531,2
Виробничі затрати,** грн/га	3348	3678	3489	3668	3948
Собівартість** грн/ц	72,47	70,46	66,33	71,08	76,23
Умовно чистий прибуток,** грн/га	5152,8	5926,8	6189,4	5826,4	5583,2
Рівень рентабельності,** %	153,91	161,14	177,39	158,84	141,42



Отже, аналіз економічної ефективності показав, що найбільший умовно чистий прибуток відмічено за дії позакореневого підживлення КД Брексіл, Плантафол, Мастер, Фізіоживлін.

## 6.2. Енергетична ефективність

Енергетична оцінка вирощування пшениці м'якої озимої є стабільним показником і передбачає визначення співвідношення повної кількості енергії, яка акумулюється в процесі фотосинтетичної активності рослин пшениці і виражена рівнем їх урожайності та сукупних витрат енергії, що витрачена на виробництво цього врожаю [15, 129].

Розрахунок енергетичної ефективності за дії передпосівної обробки насіння КД показав енерговіддачу даного заходу. За дії КД Фізіоживлін показник енергетичної ефективності складав 38822 МДж/га (табл. 6.4), а у контролі 22536,5 МДж/га при зростанні витрати енергії на 123,6 МДж/га відповідно.

Таблиця 6.4

### Енергетична ефективність вирощування пшениці озимої сорту Ятрань 60 за передпосівної обробки насіння КД і ДМ (польовий дослід, 2001–2004 рр.)

Показники енергетичної ефективності	Передпосівна обробка насіння			
	Обробка водою (контроль)	Фізіоживлін	Cu+B	Zn+B
Урожайність, т/га	3,96	4,95	4,47	4,1
Отримано енергії з урожаєм, МДж/га	22536,5	38822	30926	24839,5
Витрати енергії, МДж/га	9675	9798,6	9680,15	9680,15
Коефіцієнт енергетичної ефективності	2,33	3,96	3,19	2,56

Енергетична оцінка вирощування пшениці озимої за позакореневого підживлення КД свідчить, що витрати енергії у контролі становлять 9675 МДж/га (табл. 6.5). При позакореневій обробці КД Фізіоживлін витрати

енергії зросли на 9798,6 МДж/га, що призвело до зростання коефіцієнта енергетичної ефективності на 3,17 порівняно з 2,29 у контролі.

Дані, наведені в таблиці 6.5, свідчать про те, що застосування КД в технології вирощування пшениці озимої позначилося на збільшенні витрат сукупної енергії на вирощування зерна.

Таблиця 6.5

**Енергетична ефективність вирощування пшениці озимої сорту Ятрань  
60 за позакореневого підживлення КД і ДМ  
(польовий дослід, 2001–2004 рр.)**

Показники енергетичної ефективності	Позакореневе підживлення			
	Обробка водою (контроль)	Фізіоживлін	Cu+B	Zn+B
Урожайність, т/га	3,99	4,51	4,32	4,35
Отримано енергії з урожаєм, МДж/га	22536,5	31090,5	27965	28458,5
Витрати енергії, МДж/га	9675	9798,6	10190	10190
Коефіцієнт енергетичної ефективності	2,29	3,17	2,74	2,79

Разом з тим, істотно зростав такий показник, як надходження валової енергії з урожаєм. Так, надходження енергії при позакореновому підживленні КД Фізіоживлін був більшим порівняно з контрольним. Визначені нами коефіцієнти енергетичної ефективності ( $K_{ee}$ ) у варіантах є високими – 2,74–3,17, що свідчить про енергоощадливість технології вирощування пшениці озимої в цілому.

За позакореневого підживлення ДМ Cu+B і Zn+B  $K_{ee}$  становив 2,74 і 2,79 відповідно.

Рівень енергетичного показника за дії КД Брексіл Мікс, Мастер, Пантафол, Фізіоживлін складав 31419–33064,5 МДж/га (табл. 6.6), а у 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. 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.

Таблиця 6.6

**Енергетична ефективність вирощування пшениці озимої сорту Смуглянка за позакореневого підживлення КД (польовий дослід, 2010–2012 рр.)**

Показники енергетичної ефективності	Позакоренево підживлення				
	обробка водою (контроль)	Фізіоживлін	Брексіл Мікс	Мастер	Пантафол
Урожайність, т/га	4,62	5,22	5,26	5,16	5,18
Отримано енергії з урожаєм, МДж/га	22536,5	32406,5	33064,5	31419,5	31748,5
Витрати енергії, МДж/га	9675	9798,6	9700,75	9881	9881
Коефіцієнт енергетичної ефективності	2,33	3,31	3,41	3,17	3,21

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

Таким чином, застосування комплексних добрив є ефективним, економічно вигідним та ресурсозберігаючим засобом підвищення продуктивності посівів пшениці озимої.

## ВИСНОВКИ

У дисертації наведено нове вирішення наукового завдання, яке полягає у фізіологічному обґрунтуванні застосування комплексних добрив (Брексіл Мікс, Мастер, Плантофол, Cu+В, Zn+В, 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+В і Zn+В 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 Са:К 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 Плантофол 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 Плантофолу і Брексіл Міксу, що сприяє розвитку стійкості рослин та підтриманню високого рівня потенційної поглинальної здатності й енергетичного балансу рослинного організму.

4. Встановлено, що позакореневе 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  $Cu+B$  і  $Zn+B$  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  $Cu+B$  і  $Zn+B$  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 темнових 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, Пантафол) 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, Пантафолом у нормі 4,0 кг/га.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Агроэкологическая роль азотфиксирующих микроорганизмов в аллелопатии высших растений: монография / [В. Ф. Патыка, Г. Ф. Наумов, Л. В. Подоба и др.]; под ред. В. Ф. Патыки. – К.: Основа, 2004.– 320 с.
2. Алвін А. Хелатуючий агент ЕДТА – потрібна умова для високоякісного добрива / А. Алвін // Пропозиція. – 2008. – № 8. – С. 52–53.
3. Алексеева-Попова Н. В. Растения в стрессовых условиях минерального питания / Н. В. Алексеева-Попова // Тезы докл. 2-го съезда Русского ботан. общ. [“Проблемы ботаники на рубеже 20-21 в.в.”], (Санкт-Петербург, 26–29 мая 1998 г.). – СПб, 1998. – Т. 1. – С. 144.
4. Альшевский Н. Г. Бор в почвах центрального Полесья УССР и влияние борных удобрений на продуктивность полевого севооборота / Н. Г. Альшевский // Материалы XI Всесоюз. конф. [“Микроэлементы и их применение в с.-х. и медицине”]. – Самарканд, 1990. – С. 113–115.
5. Андреева Т. Ф. Фотосинтез и азотный обмен листьев / Т. Ф. Андреева – М.: Наука, 1969. – 199 с.
6. Андреева Т. Ф. Фотосинтез и азотный обмен / Т. Ф. Андреева // Физиология фотосинтеза. – М.: Наука, 1982. – С. 89–104.
7. Анспок П. И. Микроудобрения. / П. И. Анспок – Л.: Агропромиздат, 1990. – 272 с.
8. Анспок П. И. Совершенствование способов применения микроэлементов в растениеводстве / П. И. Анспок // Материалы XI Всесоюз. конф. [“Микроэлементы и их применение в с.-х. и медицине”]. – Самарканд, 1990. – С. 115–116.
9. Барбер С. А. Биологическая доступность питательных веществ в почве : механист. подход / С. А. Барбер; [Пер. с англ. Ю. Я. Мазеля; под ред. Э. Е. Хавкина]. – М. : Агропромиздат, 1988. – 375 с.

10. Берестовский Г. Н. Ионные каналы тонопласта клеток харовых водорослей. Роль ионов кальция в возбуждении / Г. Н. Берестовский, И. Я. Востриков, В. З. Луневский // Биофизика. – 1976. – 21, № 5. – С. 829–833.
11. Берестовский Г. Н. Ионные каналы клеток харовых водорослей / Г. Н. Берестовский, О. М. Жерелова, Катаев А. А. // Биофизика. – 1987. – Т. 32, Вып. 6. – С. 1011–1027.
12. 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 вісник нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України. Серія: Агронімія. – 2010. – № 149. – С. 96–108.
13. Бикін А. В. Ефективність позакорневих підживлень сільськогосподарських культур мікроелементними добривами / А. В. Бикін, Н. М. Бикіна, Н. П. Бордюжа // Науковий вісник нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України. Серія: Агронімія. – 2012. – № 176. – С. 154–159.
14. Битюцкий Н. П. Комплексоны в регуляции питания растений микроэлементами. / Н. П. Битюцкий, А. С. Кащенко // Монография. – СПб.: Изд-во Петербургского ун-та., 1996. – 216 с.
15. Біоенергетична оцінка сільськогосподарського виробництва (Науково-методичне забезпечення) / [Ю. О. Тараріко, О. Ю. Несмашна, О. М. Бердніков та ін.]; за ред. Ю. О. Тараріко. – К.: Аграрна наука, 2005. – 205 с.
16. Біологічний азот: монографія / [В. П. Патики, С. Я. Коць, В. В. Волкогон та ін.]; за ред. В. П. Патики. – К.: Світ, 2003. – 424 с.
17. 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.
18. Богдан М. М. Поглинання і компартментація іонів  $K^+$  і  $Ca^+$  в клітинних коренів рослин озимої пшениці за різних способів внесення мікродобрих. / М. М. Богдан // Живлення рослин: теорія і практика. – К.: Логос, 2005. – С. 309–315.
  19. 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.
  20. 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.
  21. Богдан М. М. Специфічність реакції клітин коренів рослин озимої пшениці за дії передпосівної обробки насіння мікроелементами / М. М. Богдан // Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Біологія. – 2006. – Вип. 18. – С. 35–36.
  22. 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.
  23. 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.

24. Богдан М. М. Взгляд на проблему: исследование роли макро- и микроэлементов в метаболизме растительных организмов / М. М. Богдан // Исследования в области естественных наук. – 2012. – № 8 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://science.snauka.ru/2012/08/1020>. – Название с экрана.
25. Богдан М. М. Некоторые аспекты редокс-регуляции гомеостаза в клетках растений / М. М. Богдан, А. Б. Гуляева // Научная перспектива. – 2012. – 5. – С. 54–55.
26. Богдан М. М. Физиологическая роль микроудобрений и способов их внесения / М. М. Богдан // Saarbrücken, Deutschland / Германия : LAP LAMBERT Academic publishing (электронное издание), 2012. – 188 p.
27. Богдан М. М. Редокс-регуляция гомеостаза в клетках растений / М. М. Богдан // Матеріали першої наук.-практ. конф. [“Стан і перспективи формування сортових рослинних ресурсів в Україні”], (Київ, 11–13 липня 2012 р.). – К. – 2012. – С. 307–308.
28. 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. – С. 24–25.
29. Богдан М. М. Экспресс-определение чувствительности устойчивых сортов растений озимой пшеницы к внекорневой обработке / М. М. Богдан, А. Б. Гуляева // Materials of VI International conference of Young Scientists Dedicated to the 150th anniversary from the birth of famous botanist Vladimir Lipskiy [“Biodiversity. Ecology. Adaptation. Evolution”], (Odessa, May 13–17, 2013). – Odessa, 2013. – P. 260–261.
30. 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

- образований”], (Ольштын, 27–28 февраля, 2014 г.). – Ольштын, 2014. – С. 10–15.
31. 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.
32. 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.
33. 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 плодовода П. Г. Шитта, (Умань, 6 травня 2015 р. ). – Умань, 2015. – С. 14–15.
34. 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.
35. Богданович Р. П. Значення та баланс сірки в ґрунті / Р. П. Богданович, А. М. Широконос // Агрохімія і ґрунтознавство : міжвід. темат. наук. збірник – Спец. вип. : Ґрунти – основа добробуту держави, турбота кожного. – Х., 2006. – Кн. 3. – С. 8–10.
36. Бойко А. Л. Использование микроэлементов против вирусных инфекций на озимой пшеницы. / А. Л. Бойко, Л. Т. Мищенко, Б. Н. Мойсеенко и др. // Материалы XI Всесоюз. конф. [“Микроэлементы в биологии и их применение в с.-х. и медицине”].– Самарканд, 1990. – С.126–127.

37. Большой практикум по физиологии растений. Минеральное питание. Физиология клетки. Рост и развитие : [для биол. спец. вузов / под ред. Б.А. Рубина. – М.: Высш. шк., 1978. – 408 с.
38. Большова Т. А. Основы хроматографических методов анализа / Т. А. Большова, Г. Д. Брыкина, О. А. Шпигун // М.: МГУ. – 1992. – 112 с.
39. Бордюжа Н. П. Вплив позакореневого підживлення на чисту продуктивність фотосинтезу верхніх ярусів листків озимої пшениці / Н. П. Бордюжа // Наукові доповіді НУБіП, 2011. – 2 (24). – [Електронний ресурс] – Режим доступу до журналу : [http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2011\\_2/11bnp.pdf](http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2011_2/11bnp.pdf). – Назва з екрану.
40. Брайон О. В. Инструментальне вивчення фотосинтетичного апарату за допомогою індукції флуоресценції хлорофілу: Методичні вказівки для студентів біологічного факультету / О. В. Брайон Д. Ю. Корнеєв, О. О. Снегур, О. І. Китаєв. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2000. – 15 с.
41. Буторина Е. П. Влияние совместного применения азотных подкормок и молибдена на урожай и качество зерна озимой пшеницы / Е. П. Буторина, С. Н. Феофанов, Т. И. Шатилова // Материалы XI Всесоюз. конф [“Микроэлементы в биологии и их применение в с.-х. и медицине”]. – Самарканд. – 1990. – С. 128.
42. Вахмистров Д. Б. Переходной процесс при индукции протонного насоса корневых клеток / Д. Б. Вахмистров, О Эн До // Физиология растений. – 1993. – Т. 40, № 1. – С. 100–105.
43. Вернандер Н. Б. Природа Украинской ССР. Почвы. / Н. Б. Вернандер, Д. А. Тютинник, Н. А. Сиренко и др. – К.: Наук. думка, 1986. – 216 с.
44. Владимиров Ю. А. Кальциевые насосы живой клетки / Ю. А. Владимиров // Соросовский образовательный журнал. – 1998. – № 3 – С. 2–27.
45. Власюк П. А. Биологические элементы в жизнедеятельности растений / П. А. Власюк. – К.: Наук. думка, 1969. – 516 с.

46. Власюк П. А. Марганцеве живлення і удобрення рослин / П. А. Власюк – К.: Вид-во УАСГН, 1962. – 421 с.
47. Власюк П. А. Микроэлементы и радиоактивные изотопы в питании растений. / П. А. Власюк – К.: Из-во АН УССР, 1956. – 115 с.
48. Власюк П. А. Значение микроэлементов в нуклеиновом обмене растений / П. А. Власюк // Физиология и биохимия культурных растений. – 1971. – 3, № 3. – С. 276–286.
49. Власюк П. А. Физиологическое значение марганца для роста и развития растений. / П. А. Власюк, З. М. Климовицкая – М.: Колос, 1969. – 160 с.
50. Воскресенская О. Л. Большой практикум по биоэкологии : учеб. пособие / О. Л. Воскресенская, Е. А. Алябышева, М. Г. – Йошкар-Ола, Мар. гос. ун-т, Ч. 1. – 2006. – 107 с.
51. Воробьев Л. Н. Регулирование ионного транспорта: теоретические и практические аспекты минерального питания растений. / Л. Н. Воробьев – М.: ВИНТИ, 1988. – 161 с.
52. Гавриленко В. Ф. Большой практикум по физиологии растений. Фотосинтез. Дыхание / В. Ф. Гавриленко, М. Е. Ладыгина, Л. М. Хандобина, под ред. Рубина Б. А. – М.: Высш. шк., 1975. – 392 с.
53. Газарян И. Г. Особенности структуры и механизма действия пероксидаз растений / И. Г. Газарян, Д. М. Шушпульян, В. И. Тишков // Успехи биологической химии. – 2006. – Т. 46. – С. 303–322.
54. Генгало О. М. Оптимізація живлення та удобрення пшениці озимої за вирощування на лучно-чорноземному ґрунті Правобережного Лісостепу України / О. М. Генгало, С. Д. Павлюк, В. В. Бойко // Науковий вісник Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України. – 2011. – 162. Ч. 2. – С. 144–152.
55. Глуценко Л. Д. Ефективність застосування водорозчинних добрив під основні сільськогосподарські культури за умов зміни клімату / Л. Д. Глуценко, Р. В. Олєпир, О. І. Лень та ін. // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2013. – № 3. – С. 89–92.

56. Гияси Г. А. Эффективность применение микроэлементов под озимую пшеницу на эродированных почвах / Г. А. Гияси // Материалы XI Всесоюз. конф. [“Микроэлементы в биологии и их применение в с.-х. и медицине”]. – Самарканд, 1990. – С. 137–138.
57. Головки Т. К. Дыхание в донорно-акцепторной системе растений / Т. К. Головки // Физиология растений. – 1998. – Т. 45, № 4. – С. 632–640.
58. Городний Н. М. Содержание микроэлементов в почвах УССР и эффективность микроудобрений / Н. М. Городний, Н. Ф. Вовкотруб, В. А. Куроедов // Материалы XI Всесоюз. конф. [“Микроэлементы в биологии и их применение в с.-х. и медицине”]. – Самарканд, 1990. – С. 142–144.
59. Господаренко Г. Удобрения озимой пшеницы / Г. Господаренко // Агробізнес сьогодні. – 2010. – № 19–20 (195). – С. 26–29.
60. Господаренко Г. Удобрения озимой пшеницы / Г. Господаренко // Агробізнес сьогодні. – 2010. – № 21–22 (197). – С. 32–35.
61. ГОСТ 10846–91: Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка. – М.: Государственный комитет Совета Министров СССР по управлению качеством продукции и стандартам, 1991. – 4 с.
62. ГОСТ 13586.1–68: Зерно. Методы определения количества и качества клейковины в пшенице. – М.: Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам, 1968. – 10 с.
63. ГОСТ 10842–89: Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Методы определения массы 1000 зерен или 1000 семян. – М.: Стандартифарм, 2009. – С. 6.
64. Граскова И.А. Активность и изоферментный спектр пероксидазы листьев некоторых видов травянистых растений, произрастающих на берегах озера Байкал, при абиотическом стрессе И.А. Граскова М.А. Живетьев, Т.Е. Путилина и др. // Электронный научный журнал «Исследовано в России» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2010/023.pdf> – Назва з екрана.

65. Грицаєнко З. М. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів / З. М. Грицаєнко, А. О. Грицаєнко, В. П. Карпенко. – К. : ЗАТ «НІЧЛАВА», 2003. – 320 с.
66. Гродзинский А. М. Краткий справочник по физиологии растений / А. М. Гродзинский, Д. М. Гродзинский; [рец. К. М. Сытник]. – 2-е изд. испр. и доп. – К.: Наук. думка, 1973. – 591 с.
67. Гуляев Б. И. Фотосинтез и продукционный процесс / Б. И. Гуляев, Е. М. Ильящук, Б. А. Митрофанов и др. – К.: Наук. думка, 1983. – 141 с.
68. Гуляев Б. И. Фотосинтетическая продуктивность агроэкосистем / Б.И. Гуляев // Физиология и биохимия культурных растений. – 2003. – Т. 35, № 5. – С. 371–381.
69. Гуляєва Г. Б. Вплив обробки біологічно активними речовинами на ферментативну активність компонентів антиоксидантної системи рослин озимої пшениці / Г. Б. Гуляєва, М. М. Богдан // Фактори експериментальної еволюції організмів. – 2013. – Т. 12 – С. 207–211.
70. Гуляев Б. И. Изучение влияния физиологически активных веществ на формирование продуктивности растений пшеницы / Б. И. Гуляев, А. Б. Гуляева, М. М. Богдан // Сборник науч. докл. Междунар. науч.-практ. конф. [“Научные работы, практика, разработки, инновации 2013 года”], (Закопане, 30–31 декабря 2013 г.). – Закопане, 2013. – С. 14–24.
71. 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. – С. 49–51.
72. Гуляєва Г. Б. Фосфорне живлення, фотосинтез і продуктивність рослин цукрових буряків за дії біологічно активних речовин / Г. Б. Гуляєва, В. Г. Кур’ята. – К.: ООО «НПП «Інтерсервіс»», 2013. – 144 с.

73. Гуляєва Г. Б. Вплив сумісної дії фізіологічно активних речовин і фунгіциду на фотосинтетичний апарат і зернову продуктивність рослин пшениці м'якої / Г. Б. Гуляєва, М. М. Богдан, Б. І. Гуляєв // Збірник наук. праць V Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів [“Біологічні дослідження–2014”], (Житомир, 4–5 березня 2014 р.). – Житомир, 2014. – С. 46–49.
74. Гуляєв Б. І. Коренебезпеченість рослин пшениці озимої за зерновою продуктивністю / Б. І. Гуляєв, Г. Б. Карлова // Вісник аграрної науки. – 2010. – № 12. – С. 25–26.
75. Гуляєва Г. Б. Фосфорне живлення, фотосинтез і продуктивність цукрового буряка та озимої пшениці за дії біологічно активних речовин : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 03.00.12 «Фізіологія рослин» / Г. Б. Гуляєва. – К., 2014. – 23 с.
76. Гуляєва Г. Б. Зернова продуктивність інтенсивних сортів пшениці озимої за обробки рослин монокалійфосфатом та фунгіцидом Амістар Екстра 280 SC / Г. Б. Гуляєва, Б. І. Гуляєв, В. Г. Кур'ята // Вісник аграрної науки. – 2013. – № 5. – С. 34–37.
77. Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. – 2014. – Режим доступу : <http://www.menr.gov.ua/control/control5> – Назва з екрану
78. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2015 рік – К., 2015. – 377 с. Режим доступу : <http://vet.gov.ua/node/919> – Назва з екрану.
79. Давыдова Г. Ф. Лекарственные препараты из растительного сырья. Пероксидаза / Г. Ф. Давыдова, О. А. Ермаков, А. И. Панасенко, А. М. Тищенко // Химия растительного сырья. – 1998. – № 1. – С. 15–18.
80. Демидчик В. В. Поступление меди в растения и распределение в клетках, тканях и органах / В. В. Демидчик, А. И. Соколик, В. М. Юрин // Успехи соврем. биол. – 2001. – 121, № 2. – С. 190–197.



81. Дианова Т. Б. Влияние азота и микроэлементов на устойчивость яровой пшеницы к водным стрессам: автореф. дис. на получение науч. степени. канд. биол. наук: спец. 06.01.04 «Агрохимия» / Т. Б. Дианова. – М., 1999. – 18 с.
82. Добрива та їх використання: довідник / [І. У. Марчук, В. М. Розстальний, В. Є. Макаренко та ін.]. – К.: Арістей, 2010. – 254 с.
83. Довідник по удобренню сільськогосподарських культур / [П. О. Дмитренко, М. Л. Колобова, Б. С. Носко та ін.]; за ред. П. О. Дмитренка. – К.: Урожай, 1987. – 208 с.
84. Довідник з вирощування зернових та зернобобових культур / [В. В. Лихочвор, М. І. Бомба, С. В. Дубковецький та ін.]. – Львів : Українські технології, 1999. – 408 с.
85. Дозоров А. Влияние хелатов и пектиновых веществ на посевные качества семян / А. Дозоров, В. Исайчев // Междунар. с.-х. журнал. – 1998. – № 5 – С. 57–59.
86. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. / Б. А. Доспехов – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
87. ДСТУ 3768:2010 Пшениця. Технічні умови. – Введ. 2010.04.01 – офіц. вид. – К.: Держспоживчстандарт України, 2010 – 17 с. – (Національний стандарт України).
88. ДСТУ 4362:2004 Якість ґрунту показники родючості ґрунтів. – К.: Держспоживчстандарт України, 2005 – 36 с. – (Національний стандарт України).
89. Жирмунская Н. М. Метод определения проницаемости растительных клеток для БАВ / Н. М. Жирмунская, А. А. Шаповалов, Т. Б. Овсянникова // Физиология растений. – 1981. – 28, № 5. – С. 1078–1086.

90. 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”]. – К.: НАУ, 2003. – С. 7–10.
91. Журбицький З. И. Теория и практика вегетационного метода / З. И. Журбицький. – М.: Наука, 1968. – 266 с.
92. Заялов А. А. Физиолого-термодинамический аспект транспорта воды по растению / А. А. Заялов. – М.: Наука, 1984. – 134 с.
93. Иламанова Р. А. Влияние микроэлементов на содержание хлорофилла, углеводов и дыхание дынь / Р. А. Иламанова // Изв. АН ТССР Серия биол. наук. – 1991. – № 1. – С. 62–72.
94. Казаков Є. О. Методологічні основи постановки експерименту з фізіології рослин / Є. О. Казаков. – К.: Фітосоціоцентр, 2000. – 272 с.
95. Карлова А. Б. Реакція рослин цукрових буряків і кукурудзи на зміну умов фосфорного живлення та дію бактеризації насіння / А. Б. Карлова М. М. Богдан, К. С. Ткачук // Тези доп. XII з'їзду Українського ботанічного товариства, (Одеса, 15–18 травня 2006 р.). – Одеса, 2006. – С. 447.
96. Карпенко В. П. Активність окремих антиоксидантних ферментів класу оксидоредуктаз за дії гербіциду Калібр 75 і регулятора росту рослин Біолан / В. П. Карпенко, Р. М. Притуляк, А. О. Чернега // Збірник наук. пр. Уманського НУС. – 2013. – Вип. 83. – Ч. 1. – С. 19–25.
97. Карпенко В. П. Влияние гербицида и регуляторов роста растений на биологическую активность почвы в посевах ярового ячменя / В. П. Карпенко, С. П. Полторецкий, Р. Н. Притуляк // Периодический журнал научных трудов. – 2012. – № 2 (5). – С. 9–11.
98. Карасюк І. М. Вивчення способів застосуванням мікроелементів у рослинництві в умовах Лісостепу України / І. М. Карасюк, М. Ю. Хомчак,

- О. М. Хомчак // Збірник наук. праць. Уманського ДАУ. Ч. 1. Агрономія. – 2005. – Вип. 61. – С. 55–63.
99. Кибаленко А. П. Бор в жизни и продуктивности растений / А. П. Кибаленко – К.: Наук. думка, 1973. – 220 с.
100. Кириченко Е.Б. Действие тяжелых металлов на высшие растения / Е. Б. Кириченко, П. Чагвардиефф, О. Л. Мартынов, и др. // Тезы докл. представл. 2(10) Съезду Рус. ботан. о-ва [«Пробл. ботан. на рубеже 20-21 вв.»], (Санкт-Петербург, 26–29 мая, 1998 г.). – СПб, 1998. – Т.1. – С. 171.
101. Кирик М. М. Діагностика вірусної інфекції смородини чорної та малини методом індукції флуоресценції хлорофілу листків / М. М. Кирик, Ю. М. Таранухо, М. П. Таранухо та ін. // Вісник аграрної науки. – 2011. – № 10.– С. 26–28.
102. Клімат Києва / за ред. В. І. Осадчого, О. О. Косовця, В. М. Бабіченко – К.: Ніка-Центр, 2010. – 320 с.
103. Климовицкая З. М. Соотношение низкомолекулярной и высокомолекулярной РНК у растений при марганцевом хлорозе / З. М. Климовицкая, З. И. Лобанова, Л. М. Прокопивинок // Физиология и биохимия культурных растений. – 1973. – 5, № 6. – С. 131–135.
104. Клуб 100 центнерів. Сорти озимої пшениці Інституту фізіології рослин і генетики НАН України та система захисту компанії «Сингента» / [В. В. Моргун, Є. В. Санін, В. В. Швартау та ін.]: відп. ред. В. В. Моргун. – К.: Логос. – 2008. – 87 с.
105. Ковалевич З. С. Влияние микроэлементов на содержание азотистых соединений и аминокислотный состав зерна гороха / З. С. Ковалевич // Материалы докл. XI Всес. конф. [“Микроэлементы в биол. и их применение в с.-х. и мед.”]. – Самарканд, 1990. – С. 292–293.
106. Конопля М. І. Мінеральне живлення та іонний гомеостаз рослин / М. І. Конопля, Т. М. Москова. – Луганськ, Альма-матер, 2001. – 135 с.

107. Комплексні хелатовані добрива у посівах пшениці. : наук.-метод. реком. / [М.М. Богдан В.П. Карпенко, Г.Б. Гуляєва, Патица В.П., Ткачук К.С.]. – К.: ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ», 2016. – 32 с.
108. Копилевич В. А. Синтез и агрохимическая эффективность фосфатов микроэлементов. / В. А. Копилевич, Л. Н. Щегров, Л. В. Войтенко, и др. // Материалы докл. XI Всес. конф. [“Микроэлементы в биол. и их применение в с.-х. и мед.”], Самарканд, 1990. – С.170–172.
109. Кормилицын В. М. Влияние доз микроудобрений на урожай культур в орошаемом звене на темно-каштановых почвах Поволжья. / В. М. Кормилицын, Г. А. Колотова, Л. Ф. Симонова // Материалы докл. XI Всес. конф. [“Микроэлементы в биол. и их применение в с.-х. и мед.”]. – Самарканд, 1990. – С.172–174.
110. Корнеев Д. Ю. Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофилла / Д. Ю. Корнеев – К.: Альтерпрес, 2002. –191 с.
111. Коць С. Я. Мінеральні елементи та добрива в живленні рослин / С. Я. Коць, Н. В. Петерсон. – К.: Логос, 2005. – 150 с.
112. Кузнецов В. В. Физиология растений / В. В. Кузнецов, Г. А., Дмитриева. – М.: Высш. шк., 2006. – 742 с.
113. Кучаев А. Г. Актиномицеты бурозелёной группы / А. Г. Кучаев, Н. А. Красильников, Г. А. Скрябин, С. Д. Таптикова // Труды института микробиологии АН СССР. – 1960. – Вып.8. – С. 226–253.
114. Левицкий Д. С. Кальций и биологические мембраны / Д. С. Левицкий – М.: Высшая школа, 1990. – 124 с.
115. Ліпінський В. М. Клімат України / [В. М. Ліпінський, В. А. Дячук, В. М. Бабіченко та ін.]; ред.: В. М. Ліпінський. – К.: Раєвський, 2003. – 343 с.
116. Лихочвор В. Система удобрення озимої пшениці / В. Лихочвор // Агробізнес сьогодні. – 2014. – №7 (278).– С. 24–28.

117. Логінова І. В. Ефективність різних форм і способів внесення мікроелементів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур / І. В. Логінова, Н. М. Білера // Науковий вісник Наці. ун-ту біоресурсів і природокористування України. Серія : Агронімія. – 2014. – Вип. 195 (1). – С. 71–78.
118. Люттге У. Передвижение веществ в растениях / У. Люттге, Н. Хигинботам; пер. с англ. Ю. Я. Мазеля; под. ред. и с пред. А. Е. Петрова-Спиридонова. – М.: Колос, 1984. – 408 с.
119. Магомедалиев З. Г. Действие цинковых и медных удобрений на продуктивность озимой пшеницы на каштановых почвах // З. Г. Магомедалиев, А. Б. Салманов, Е. И. Ценов // Материалы докл. XI Всесоюз. конф. [“Микроэлементы в биол. и их применение в с.-х. и мед.”]. – Самарканд, 1990. – С.186–187.
120. Мазель Ю. Я. Поглощение и передвижение солей в клетках растений / Ю. Я. Мазель, Д. Б. Вахмистров // Итоги науки и техники, ВИНТИ. Физиология растений. – М.: Наука, 1973. – Т. 1, № 5. – С. 164–212.
121. Марчук І. Проблеми азоту в землеробстві / І. Марчук // Пропозиція. – 2010. – №1. – С. 62–68.
122. Медведев С. С. Роль ионных каналов у трансдукции ауксинового канала / С. С. Медведев, А. Ю. Батов, М. В. Мошков, И. В. Маркова // Физиология растений. – 1999. – Т. 46, № 5. – С. 711–717.
123. Медведев С. С. Участие ионов кальция в процессах роста и морфогенеза / С. С. Медведев, И. В. Макарова // Физиология и биохимия культурных растений. – 1992. – Т. 24, № 3. – С. 281–286.
124. Медведев С. С. Участие бора и кальция в гравитропической реакции колеоптилий кукурузы / С. С. Медведев, И. В. Маркова, М. И. Катриченко, И. А. Штонда // Вестн. ЛГУ. – 1990. – Сер. 3, № 2. – С. 64–68.
125. Методы почвенной микробиологии и биохимии / [под ред. Д. Г. Звягинцева]. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.

126. Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды / под ред. Г. В. Удовенко. – Л.: Колос, 1976. – 318 с.
127. Мерзликин А. С. Экономическая эффективность применения удобрений / А. С. Мерзликин. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 80 с.
128. Мерзляк, М. Н. Активированный кислород и окислительные процессы в мембранных растительной клетки / М. Н. Мерзляк // Итоги науки и техники: ВИНТИ. – Сер. Физиология растений. – 1989. – Т. 6. – С. 1 – 168.
129. Методика биоэнергетической оценки технологии производства продукции растениеводства / под общ. ред. Е. И. Базарова, Е. В. Глинки. – М., 1983. – 44 с.
130. Микроэлементы поступление транспорт и физиологические функции в растениях [Э. В. Рудакова, К. Д. Каракис, Т. Н. Сидоркина и др.]; отв. ред. Л. К. Островская. – К.: Наук. думка, 1987. – 184 с.
131. Микроэлементы в сельском хозяйстве / [С. Ю. Булыгин, Л. Ф. Демишев, В. А. Доронин и др.]; под ред. С. Ю. Булыгина. – Днепропетровск: Сич, 2007. – 100 с.
132. Мирошниченко О. С. Биогенез, физиологическая роль и свойства каталазы / О. С. Мирошниченко // Биополимеры и клетка. – 1992. – Т. 8, № 6. – С. 3–25.
133. Морфология, биология, хозяйственная ценность пшеницы : монография / [В. В. Шелепов, В. М. Маласай, А. Ф. Пензев и др.] ; под ред. В. В. Шелепова. – Мироновка, 2004. – 524 с.
134. Мусиенко Н. Н. Корневое питание растений. / Н. Н. Мусиенко, А. И. Тернавский – К.: Вища школа, 1986. – 202 с.
135. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України // Мінагрополітики, Центрдержродючість, НААНУ, ННЦ ІГА ім. О.Н. Соколовського, НУБіП, 2010. – 113 с. – Режим доступу: [http://www.iogu.gov.ua/wp-content/uploads/2013/07/stan\\_gruntiv.pdf](http://www.iogu.gov.ua/wp-content/uploads/2013/07/stan_gruntiv.pdf) – Назва з екрану.

136. Нестеренко Т. В. Индукция флуоресценции хлорофилла и оценка устойчивости растений к неблагоприятным воздействиям / Т. В. Нестеренко, А. А. Тихомиров, В. Н. Шихов // Журнал общей биологии. – 2007. – Т. 68, № 6. – С. 444–458.
137. Николаевский В. С. Эколого-физиологические основы газоустойчивости растений / В. С. Николаевский. – М., 1998. – 64 с.
138. Ничипорович А. А. Активность фотосинтетического аппарата растений и азотный обмен / А. А. Ничипорович, А. Т. Осипова, М. К. Николаев, Е. Г. Романкова // Физиология растений. – 1967. – Т. 14, Вып. 5. – С. 849–859.
139. Ничипорович А. А. Фотосинтез и поглощение элементов минерального питания корнями растений / А. А. Ничипорович, Чень-Чинь. // Физиология растений. – 1959. – Т. 7, Вып. 6. – С. 513–518.
140. Новак В. А. Клеточный уровень АТФ, транспорт калия и электрические характеристики плазмалеммы элодеи при действии феррицианида / В. А. Новак, Н. Г. Иванкина // ДАН СССР. – 1986. – 286, № 2. – С. 498–501.
141. Новак В. А. Феррицианидредуктазная активность листьев элодеи и ее связь с энергетическим метаболизмом / В. А. Новак, А. И. Миклашевич // Физиология растений. – 1984. – 31, № 3. – С. 489–495.
142. Обухов А. И. Атомно-абсорбционный анализ в почвенно-биохимических исследованиях. / А. И. Обухов, И. О. Плеханова – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 184 с.
143. 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 : Агронімія і біологія. – 2013. – Вип. 3. – С. 110–114.
144. Опристов В. А. Биоэлектrogenез у высших растений. / В. А. Опристов, С. С. Пятыйгин, В. Г. Ретивин – М.: Наука, 1991. – 216 с.

145. Островская Я. К. Физиологическая роль меди и основы применения медных удобрений. / Я. К. Островская. – К.: Изд-во УАСХИ, 1961. – 300 с.
146. Основи наукових досліджень в агрономії / [В. О. Єщенко, П. Г. Копитко, В. П. Опришко, П. В. Костогриз]; за ред. В. О. Єщенка. – К.: Дія. – 2005. – 288 с.
147. Панас Р. Сучасні проблеми зниження родючості ґрунтів України і перспективи її відтворення та збереження / Р. Панас // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2013. – Вип. II (26). – С. 102–106.
148. Панас Р. Сучасні проблеми здійснення моніторингу ґрунтового покриву України / Р. Панас, М. Маланчук // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2013. – Вип. 78. – С. 201–205.
149. Пида С. В. Кореневі виділення: хімічний склад, значення в алелопатії та перспективи використання / С. В. Пида, С. П. Машковська // Агроекологічний журнал. – 2003. – №3. – С. 47–51.
150. Пида С. В. Еколого-трофічні взаємодії вищих рослин і мікроорганізмів / С. В. Пида, І. П. Григорюк, С. П. Машковська // Аграрна наука і освіта. – 2007. – Т. 8. – № 2. – С. 11–18.
151. Позакореневе підживлення водорозчинними добривами з мікроелементами як спосіб оптимізації умов живлення пшениці озимої / [О. М. Генгало, С. Д. Павлюк, А. А. Чумак, В. М. Кіщак] // Науковий вісник Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України. – 2010. – № 149. – С. 65–73.
152. Полевой В. В. Физиология растений. / В. В. Полевой – М.: Высш. шк., 1989. – 464 с.
153. Полевой В. В. Протонные насосы и их функциональная роль / В. В. Полевой, Т. С. Саламатова // Итоги науки и техники. Сер. Физиология растений. ВИНТИ. – 1980. – Т. 4. – С. 78–125.



154. Полевой В. В. Физиология роста и развития растений. / В. В. Полевой, Т. С. Саламатова – Л.: Изд-во ЛГУ, 1991. – 239 с.
155. Полупан М. І. Класифікація ґрунтів України / М. І. Полупан, В. Б. Соловей, В. А. Величко. – К.: Аграрна наука, 2005. – 300 с.
156. Портативний флуорометр «Флоротест»: настанова з експлуатації. – Інститут кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України, 2013. – 24 с.
157. Почвы Украины и повышение их плодородия. Т. 1. Экология, режимы и процессы, классификация, и генетико-производственные аспекты / под ред. Н. И. Полупана. – К.: Урожай, 1988. – 296 с.
158. Починок Х. Н. Методы биохимического анализа растений. / Х. Н. Починок – К.: Наук. думка, 1976. – 334 с.
159. Пузина Т. И. Значение гормонального баланса в реакции растений картофеля на условиях минерального питания / Т. И. Пузина // Агрохимия. – 2000. – № 4. – С. 27–32.
160. Пятыгин С. С. Распространяющиеся электрические сигналы в растениях / С. С. Пятыгин // Цитология. – 2008. – 50, № 2. – С. 154–158.
161. Ринькис Г. Я. Несбалансированность питания полевых культур макро- и микроэлементами в производственных условиях Латвийской ССР / Г. Я. Ринькис, Х. К. Рамане // Материалы XI Всесоюз. конф. [“Микроэлементы в биологии и их применение в с.-х. и медицине”]. – Самарканд, 1990. – С. 220–222.
162. Ринькис Г. Я. Сбалансированное питание растений макро- и микроэлементами. / Г. Я. Ринькис, В. Ф. Ноллендорф – Рига: Зинатне, 1982. – 304 с.
163. Рогач В. В. Вплив ретардантів на морфогенез, продуктивність і склад вищих жирних кислот олії ріпаку озимого: автореф. дис. на здобуття наук ступеня. канд. біол. наук: спец. 03.00.12 «Фізіологія рослин» / В. В. Рогач. – К., 2009. – 20 с.
164. Рожков А. О. Формування фотосинтетичного потенціалу тритикале ярого залежно від способів сівби та підживлення / А. О. Рожков, Р. А.

- Гутянський // Збірник наук. праць Національного наукового центру “Інститут землеробства НААН” – К.: ВП “Едельвейс”, 2015. – Вид. 1. – С. 34–46.
165. Романов Г. А. Ауксины и цитокинины в развитии растений. Последние достижения в исследовании фитогормонов: II Междунар. симпоз. (Прага, Чехия, 7–12 июля 2005 г.). / Г. А. Романов, С. С. Медведев // Физиология растений. – 2006. – 53 (2). – С. 309–319.
166. Романова Ю. Е. Интенсивность световых реакций фотосинтеза в зависимости от условий минерального питания растений / Ю. Е. Романова // Физиология и биохимия культурных растений. – 1988. – Т. 20, № 3. – С. 221–225.
167. Савинский С. В. Определение содержания зеатина, индолил-3-уксусной и абсцизовой кислот в одной растительной пробе методом высокоэффективной жидкосной хроматографии / С. В. Савинский, И. В. Драговоз, В. К. Педченко // Физиология и биохимия культурных растений. – 1991. – Т. 23, № 6. – С. 611–619.
168. Сапожников Д. П. Метод фиксации и хранения листьев для количественного определения пигментов пластид / Д. П. Сапожников, Т. Г. Маслова, О. Ф. Попова и др. // Ботан. журн. – 1978. – Т. 63, № 11. – С. 1586–1592.
169. Санін Ю. В. Особливості позакореневого підживлення сільськогосподарських культур мікроелементами / Ю. В. Санін, В. А. Санін // Агробізнес сьогодні. – 2012. – № 6 (229). – С. 38–40.
170. Сквирская Э. Б. Практикум по нуклеопотеидам и нуклеиновым кислотам / Э. Б. Сквирская, О. П. Чепинога. – М.: Высш. шк., 1964. – 214 с.
171. Скринник Я. Т. Технологічні прийоми застосування комплексних рідких добрив в системі живлення рослин кукурудзи / Я. Т. Скринник // Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони. – 2011. – № 1. – С. 136–140.

172. Сорти озимої пшениці. Білоцерківська дослідно-селекційна станція – [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://bc-selecstation.com.ua/ru/sorty\\_ozymoi\\_pshenyци](http://bc-selecstation.com.ua/ru/sorty_ozymoi_pshenyци) – Назва з екрану.
173. Тарарико Ю. А. Формирование устойчивых агроэкосистем / Ю. А. Тарарико. – К.: ДИА, 2007. – 560 с.
174. Тарчевский И. А. Водный обмен растений / И. А. Тарчевский, В. Н. Жолкевич. – М.: Наука, 1989. – 256 с.
175. Танчик С. Особливості вирощування пшениці озимої в Україні / С. Танчик, Л. Центилю // Пропозиція. – 2012. – № 9. – С. 38–40.
176. Терещенко А. Ф. Функционирование протонной помпы и механизм действия ауксинов / А. Ф. Терещенко // Физиология и биохимия культурных растений. – 1994. – Т.26, № 1. – С. 3–11.
177. Терещенко А. Ф. ИУК-индуцированные изменения рН среды инкубации гипокотили созревающих семян фасоли / А. Ф. Терещенко // Физиология и биохимия культурных растений. – 1992. – Т. 24, № 4. – С. 372–375.
178. Титика М. Активность и изоферментный состав нитратредуктазы у сахарной свеклы в зависимости от обеспеченности растений молибденом, бором и условий увлажнения / М. Титика, С. Лисник С. Тома // Ин-т физиол. раст. АН Респ. Молдова. – Кишинев, 1998. – 8 с.
179. 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 – С. 140–146.
180. 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.

181. 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.
182. 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.
183. Ткачук К. С. Азотний обмін і адаптація рослин до умов живлення. / К. С. Ткачук, Т. З. Богдан – К.: „Аверс”, 2000. – 200 с.
184. Ткачук К. С. Поглинання і акумуляція азоту в органах рослин кукурудзи за різних умов фосфорного живлення / К. С. Ткачук, С. М. Ковальчук // Физиология и биохимия культурных растений. – 1998. – 30, № 5. – С. 358–362.
185. Ткачук К. С. Реакція рослин кукурудзи на дефіцит і надлишок калію на початку онтогенезу / К. С. Ткачук, С. М. Ковальчук // Физиология и биохимия культурных растений. – 1999. – 31, № 1. – С. 66–72.
186. 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.
187. 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.
188. Ткачук К. С. Фізіологічна роль та ефективність використання калію і кальцію рослинами. / К. С. Ткачук, Т. В. Жукова. – К.: ДІА, 2009. – 112 с.

189. 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.
190. 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.
191. 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– К. – 2005. – Вип. 3. – С. 22–27.
192. Тонконоженко Е. В. Микроэлементы в почве и оптимизация условий питания растений / Е. В. Тонконоженко // Материалы XI Всесоюз. конф. [“Микроэлементы в биологии и их применение в с.-х. и медицине”]. – Самарканд, 1990. – С. 235–236.
193. Трофимова М. С.  $H^+$ -АТФаза плазмалеммы как компонент рН-стата цитозоля изолированных протопластов / М. С. Трофимова // Физиология растений. – 1992. – 39, № 1. – С. 5–14.
194. Удобрения и препараты с микроэлементами: сборник статей / отв. ред. П. А. Власюк. – К.: Наук. думка, 1975. – 200 с
195. Улич Л. Пшениця: сорти-дворучки – осіння сівба з весняним підсівом / Л. Улич // Пропозиція. – 2009. – №8. – С. 70–73.
196. Федоров М. В. Руководство к практическим занятиям по микробиологии / М. В. Федоров – М.: Гос. изд-во. сельскохоз. л-ры, 1951. – 279 с.
197. Физиологические основы питания растений / [ред. П. А. Власюк]. – К.: Наук. думка, 1971. – 344 с.

198. Фритц Д. Ионная хроматография / Д. Фритц, Д. Гьерде, К. Поланд. – М.: Мир, 1984. – 224 с.
199. Хорошкин Б. М. Необходимость применения медного и цинкового удобрения на Североприазовских карбонатных черноземах / Б. М. Хорошкин // Материалы XI Всесоюз. конф. [“Микроэлементы в биологии и их применение в с.-х. и медицине”]. – Самарканд, 1990. – С. 243–244.
200. Хапова С. А. Влияние меди на содержание белков и углеводов у *Fragaria ananassa* в зависимости от метода размножения / С. А. Хапова, Н. С. Пеплова // Сборник тез. обл. науч. конф. студ., аспирантов и мол. ученых. [“Соврем. пробл. естествозн.: биол. и хим”]. – Ярославль, 1999. – С. 24–25.
201. Хоменко О. Д. Сірчане живлення і продуктивність культурних рослин / О. Д. Хоменко // Вісник сільськогосподарської науки. – 1980. – № 2. – С. 17–20.
202. Худяков О. І. Ефективність позакореневого підживлення кукурудзи // Землеробство : міжвід. тематичний наук. збірник. – К.: ВП “Едельвейс”, 2011. – Вип. 83. – С. 67–71.
203. Цыганкова В. А. Генетический и эпигенетический контроль роста и развития растений. Гены биосинтеза ауксинов и ауксин-регулируемые гены, контролирующие деление и растяжение клеток растений. / В. А. Цыганкова, Л. А. Галкина, Л. И. Мусатенко, К. М. Сытник // Біополімери і клітина. – 2005. – 21 (2). – С. 107–133.
204. Чумаченко И. Н. Перспективы применения микроудобрений / И.Н. Чумаченко, В. А. Прошкин, Н. В. Войтович // Химия в с. х. – 1995. – № 6. – С. 22–26.
205. Школьник М. Я. Микроэлементы в питание растений. Физиология сельскохозяйственных растений. / М. Я. Школьник – М.: Изд-во МГУ, 1967. – Т. 2. – С. 128–203.

206. Шпигун О. Л. Ионная хроматография и применение в анализе вод / О. Л. Шпигун, Ю. А. Золотов. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 198 с.
207. Юдин Ф. А. Методика агрохимических исследований. / Ф. А. Юдин // 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1971. – 272 с.
208. Юрин В. М. Минеральное питание растений // В. М. Юрин., С. Н. Найдун. – Минск, 2004. – 236 с.
209. Юрин В. М. Физиология растений : учеб. пособие / В. М. Юрин. – Минск: БГУ, 2010. – 455 с.
210. Ягодин Б. А. Использование кобальта, молибдена, и цинка при выращивании яровой пшеницы / Б. А. Ягодин, О. П. Садовская, И. В. Верниченко, Л. В. Обуховская // Материалы XI Всесоюз. конф. [“Микроэлементы в биологии и их применение в с.-х. и медицине”]. – Самарканд, 1990. – С. 254–255.
211. Ягодин Б. А. Агрохимия / Б. А. Ягодин, Ю. П. Жуков, В. И. Кобзаренко / под. ред. Б. А. Ягодина. – М.: Колос, 2002. – 584 с.
212. Якість ґрунтів та сучасні стратегії удобрення: підручник За ред. Д. Мельничука, Дж. Хофман, М. Городнього. – К.: Арістей, 2004. – 488 с.
213. Ярошенко М. Фітогормони та фітогормональна регуляція рослин / М. Ярошенко, К. Бреммер, Х. Шонбергер // Агроном : науково-виробничий журнал. – 2012. – № 2. – С. 40–43.
214. Яцук І. П. Агроекологічний стан ґрунтів київської області / І. П. Яцук, Г. Д. Матусевич // Збалансоване природокористування. – 2014. – № 1. – С. 79–85.
215. Abutidze M. The effect of metal ions on tea leaves  $\beta$ -glucosidase activity / M. Abutidze, N. Mchedlishvili, G. Pruidze // Bull. Georg. Acad. sci. – 2000. – 161, № 3. – P. 525–526.
216. Aker J. Plasma membrane receptor complexes / J. Aker, S. C. de Vries // Plant Physiol. – 2008. – 147. – P. 1560–1564.
217. Aref F. Concentration of zinc and boron in corn leaf as affected by zinc

- sulfate and boric acid fertilizers in a deficient soil / F. Aref // *Life Science Journal*. – 2011. – V. 8, Issue 1. – P. 26–31.
218. Babalakova N. Copper-induced cupric-and ferric-chelate reduction by intact barley roots / N. Babalakova, D. Traykova // *Bulg. J. Plant Physiol.* – 2001. – 27, № 3–4. – P. 93–103.
219. Babalakova N. Copper induced modifications of tonoplast permeability and proton pump ion sensitivity depending on concentration of calcium in solutions of barley roots: Abstr. 11th Congress of the Federation of European Societies of Plant Physiologists, (Varna, September 7–11, 1998) / N. Babalakova, D. Traykova // *Bulg. J. Plant Physiol.* – 1998. – Spec. issue. – P. 120.
220. Blevins D. G. Boron in plant structure and function / D. G. Blevins, K. M. Lukaszewski // *Annu. Rev. Plant Physiol. and Plant Mol. Biol. Palo Alto (Calif.)*. – 1998. – Vol. 49. – P. 481–500.
221. Blevins D. G. Ironic problems in boron deficient, low ascorbate root tips / D. G. Blevins, T. M. Reinbott, K. M. Lukaszewski, B. M. Waters // *Plant Physiol.* – 1997. – 114, № 3, Suppl. – P. 259.
222. Bolwell G. P. Mechanisms for the generation of reactive oxygen species in plant defense – a broad perspective / G. P. Bolwell, P. Wojtaszek // *Physiol. Mol. Plant Pathol.* – 1997. – Vol. 51. – P. 347–366.
223. Bowszys T. Działanie nawozowe boru w uprawie buraka cukrowego / T. Bowszys, A. Krauze // *Acta Acad. Agr. ac Techn. Olsten. Agr.* – 1995. – № 61. – P. 85–91.
224. Brennan R. F. Effectiveness of different sources of manganese foliar sprays in alleviating manganese deficient soils in western Australia / R. F. Brennan // *J. Plant Nutr.* – 1996. – 19, № 2. – P. 293–304.
225. Buchanan B.B. Redox regulation: a broadening horizon / B. B. Buchanan, Y. Balmer // *Annu. Rev. Plant Biol.* – 2005. – 56. – P. 187–220.
226. Budoj G. Equations for fertilization in floriculture / G. Budoj // XXXI Annual Meeting of ESNA jointly organized with IUR working group soil-to-Plant



- transfer MAICH, (Chania, Crete, Greece, September 8–12, 2001). – Chania, Crete, Greece – P. 69–75.
227. Bujtás C. Connections between  $K^+$  and  $Cu^{2+}$  transport in winter wheat seedlings / C. Bujtás, E. Cseh // 6<sup>th</sup> Int. Trace Elem. Symp., (Lepzig, 1989). Vol. 2 – Jena, 1989. – P. 418–425.
228. Cakmak I. Morphological and physiological differences in the response of cereals to zinc deficiency: Selec. Pap. 5<sup>th</sup> Int. Wheat Conf., (Ankara, 6–10 June, 1996) / I. Cakmak, B. Torun, B. Erenoğlu, L. et al // Euphytica. – 1998. – 100, № 1–3. – P. 349–357.
229. Channabasavanna A. S. Yield and yield attributes of transplanted summer rice as influenced by organic manures and zinc levels / A. S. Channabasavanna, D. P. Biradar // J. Maharashtra Agr. Univ. – 2001. – 26, № 2. – P. 170–172.
230. Chatterjee C. Variation in calcium levels leads to changes in the copper metabolism in Barley / C. Chatterjee, N. Nautiyal // Soil. Sci and Plant Nutr. – 2001. – 47, № 1. – P. 9–16.
231. Colombo R. Regulation of tonoplast  $K^+$  channels by voltage in the range of physiological electric potentials / R. Colombo, R. Cerana, P. Lado // Plant Physiol. – 1990. – Vol. 93, № 1. – P. 350–352.
232. Dana D. Studies concerning the influence of un conventional agrochemical means (complex foliar fertilizers) on dry matter yield N,P,K content and N,P,K uptake of sunflower / D. Dana, I. Gawriluta, Gh. Budoii, M. Soare, L. Birescu // XXXI Annual Meeting of ESNA jointly organized with IUR working group soil-to-Plant transfer MAICH, (Chania, Crete, Greece, September 8–12, 2001). – Chania, Crete, Greece – 2001. – P. 64–68.
233. Das S. Role of micronutrient in rice cultivation and management strategy in organic agriculture – a reappraisal / S. Das // Agricultural Sciences. – 2014. – 5. – P. 765–769.
234. Drew M. C. Regulation of  $K^+$  uptake and transport to the xylem in barley roots;  $K^+$  distribution determined by electron probe X-ray microanalysis of frozen-

- hydrated cells / M. C. Drew, J. Webb, L. R. Saker // *J. Exp. Bot.* – 1990. – Vol. 41, № 228. – P. 815–825.
235. Du C. W. Study on the physiological mechanism of boron utilization efficiency in rape cultivars / C. W. Du, Y. H. Wang, F. S. Xu et al // *J. Plant Nutr.* – 2002. – 25, № 2. – P. 231–244.
236. Fleischer A. The boron requirement and cell wall properties of growing and stationary suspension-cultured *Chenopodium album* L. cells / A. Fleischer, Ch. Titel, R. Ehwald // *Plant Physiol.* – 1998. – 117, № 4. – P. 1401–1410.
237. Fleischer A. The pore size of non-graminaceous plant cell walls is rapidly decreased by borate ester cross-linking of the pectic polysaccharide rhamnogalacturonan II / A. Fleischer, M. A. O'Neill, R. Ehwald // *Plant Physiol.* – 1999. – 121, № 3. – P. 829–838.
238. Genc Y. Critical deficiency concentration of zinc in barley genotypes differing in zinc efficiency and its relation to growth responses / Y. Genc, G. K. McDonald, R. D. Graham // *J. Plant Nutr.* – 2002. – 25, № 3. – P. 545–560.
239. Goldbach H. E. Influence of B-deficiency on net proton-release of *Daucus* cells and membrane resistance of *Elodea densa* / H. E. Goldbach, J. Blaser-Grill, D. Hartmann // *Plant Physiol.* – 1990. – 79, № 2, Pt 2. – P. 93.
240. Hager A. Acetic acid ester and permeable weak acids induce active proton extrusion and extension growth coleoptile segments by lowering the cytoplasmic pH / A. Hager, I. Masser // *Planta.* – 1985. – 163, № 3. – P. 391–400.
241. Henriques F. S. Leaf Chlorophyll Fluorescence: Background and Fundamentals for Plant Biologists / F. S. Henriques // *Bot. Rev.* – 2009. – Vol. 75. – P. 249–270.
242. Hisox J. D. The method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration / J. D. Hisox, R. J. Israelstam // *Can. J. Bot.* – 1979. – V. 57, № 12. – P. 1332–1334.

243. Absorption of various types of chelated copper in a low concentration range by cucumber / K. Hino, C. de Kreijl, C. W. van Elderen // J. Plant Nutr. – 1995. – 18, № 5. – P. 1049–1056.
244. Hlisnikovský L. Effect of Mineral and Organic Fertilizers on Yield and Technological Parameters of Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.) on Illimerized Luvisol // L. Hlisnikovský, E. Kunzová // Polish Journal of Agronomy. – 2014. – 17. – P. 18–24.
245. Hoth S. Susceptibility of the guard-cell  $K^+$  - uptake channel KST1 to  $Zn^{2+}$  requires histidine residues in the S3-S4 linker and in the channel pore / S. Hoth, R. Hedrich // Plant. – 1999. – 209, № 4. – P. 543–546.
246. Kastori R. Photosynthesis, chlorophyll fluorescence and soluble carbohydrates in sunflower leaves affected by boron deficiency / R. Kastori, M. Plesničar, D. Panković, Z. Sakač // J. Plant Nutr. – 1995. – 18, № 9. – P. 1751–1763.
247. Kennett E. C. Redox reactions and electron transfer across the red cell membrane / E. C. Kennett, P.W. Kuchel // IUBMB Life. – 2003. – 55. – P. 375–385.
248. Kenbaev B. Response of field- grown baley cultivars grown on zinc-deficient soil to zinc application / B. Kenbaev, B. Sade // Commun. Soil Sci. and Plant Anal. – 2002. – 33, № 3–4. – P. 533–544.
249. Kummerová M. The effect of manganese on biomass formation and the content of assimilation pigments in maize / M. Kummerová, I. Burešová // Scr. fac. sci. nature. UJEP Brun. – 1989. – 19, № 1–2. – P. 63–70.
250. Küpper H. Cellular compartmentation of zinc in leaves of the hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens* / H. Küpper, F. J. Zhao, St. P. McGrath // Plant Physiol. – 1999. – 119, № 1. – P. 305–311.
251. Kyoko M. Boron transport in plants: co-ordinated regulation of transporters / M. Kyoko, F. Toru // Annals of Botany. – 2010 – 105 – P. 1103–1108.
252. Loomis W. D. Chemistry and biology of boron / W. D. Loomis, R. W. Durst // Bio Factors. – 1992. – 3, № 4. – P. 219– 239.

253. Macfie S. M. Effect of excess manganese on production of organic acids in Mn-tolerant and Mn-sensitive cultivars of *Triticum aestivum* L. (Wheat) / S. M. Macfie, Ed. A. Cossing, G. J. Taylor // *J. Plant Physiol.* – 1994. – 143, № 2. – P. 135–144.
254. Marschner H. Mineral nutrition of higher plants / H. Marschner 2nd Edn. London: Academic Press, 1995. – 862 p.
255. Marschner P. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants (Third Edition) / Marschner P. – Academic Press, 2012. – 672 p.
256. Masarovičová E. Effect of copper on growth and chlorophyll content of some herbs / E. Masarovičová, M. Holubová // *Rostl. výroba.* – 1998. – 44, № 6. – P. 261–265.
257. Mtoh T. Localization of boron (B) in higher plant apoplast : Pap. Annual Meeting and Symposia, (Kyoto, March 28–30, 1999) / T. Mtoh, A. Matsuda, M. Kobayashi, H. Sekiya // *Plant and Cell Physiol.* – 1999. – 40, Suppl. – P. 149.
258. Mehlhorn H. Manganese deficiency enhances ozone toxicity in bush beans (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Saxa): [Pap] 1st Int. Symp. Veg. Stress, (Munich, June 19–21, 1995) / H. Mehlhorn, A.A. Wenzel // *J. Plant Physiol.* – 1996. – 148, № 1 – 2. – P. 155–159.
259. Mtoh T. Boron works in the cell wall: Abstr. Annu. Meet. and 37<sup>th</sup> Symp. Jap. Soc. Plant Physiol., (March 27–29, 1997) / T. Mtoh // *Plant and Cell Physiol.* – 1997. – 38, Suppl. – P. 5.
260. Mühling K.H. Apoplastic and membrane-associated Ca<sup>2+</sup> in leaves and roots as affected by boron deficiency / K.H. Mühling, M. Wimmer, H.E. Goldbach // *Physiol. Plant.* – 1998. – 102, № 2. – P. 179–184.
261. Nadim M. A. Response of wheat (*Triticum aestivum* L.) To different micronutrients and Their application methods / M. A. Nadim, I. U. Awan, M. S. Baloch, et al // *The Journal of Animal and Plant Sciences.* – 2012 – 22 (1). – P. 113–119.

262. Nowak G.A. Response of soybean to gibberellin A<sub>3</sub> application under conditions of high boron availability / G.A. Nowak, J. Czapla // *J. Plant Nutr.* – 1995. – 18 № 10. – P. 2179–2190.
263. Ouzounidou G. Changes in variable chlorophyll fluorescence as a result of Cu-treatment: Dose-response relations in *Silene* and *Thlapsi* / G. Ouzounidou // *Photosynthetica*: – 1993. – 29, № 3. – P. 455–462.
264. Ouzounidou G. Chlorophyll fluorescence and photoacoustic characteristics in relationship to changes in chlorophyll and Ca<sup>2+</sup> content of a Cu-tolerant *Silene compacta* ecotype under Cu treatment / G. Ouzounidou, M. Moustakas, R. Lannoye // *Physiol. Plant.* – 1995. – 93, № 3. – P. 551–557.
265. Pádua M. Maganese interaction on copper toxicity in pae chloroplast: Abstr. 9th Congr. Fed. Eur. Soc. Plant Physiol., (Brno, 3–8 July, 1994) / M. Pádua, A. Casimiro // *Biol. Plant.* – 1994. – 36, Suppl. – P. 154.
266. Pandey N. Copper effect on photosynthesis and transpiration in safflower / N. Pandey, C.P. Sharma // *Indian J. Exp. Biol.* – 1996. – 34, № 8. – P. 821–822.
267. Pätsikkä E. Increase in the quantum yield of photoinhibition contributes to copper toxicity in vivo / E. Pätsikkä, Eva-M. Aro, E. Tyystjärvi // *Plant Physiol.* – 1998. – 117, № 2. – P. 619–627.
268. Pearson J.N. Uptake and distribution of <sup>65</sup>Zn and <sup>54</sup>Mn in wheat grown at sufficient and deficient levels of Zn and Mn. I. During vegetative growth / J.N. Pearson, Z. Rengel // *J. Exp. Bot.* – 1995. – 46, № 288. – P. 833–839.
269. Prasad K.V.S.K. Detoxification of toxic oxygen species in crop plants exposed to zinc toxicity: Abstr. Plant Biol. '97: Annu. Meet. Amer. Soc. Plant Physiol., Vancouver, Aug. 2-6, 1997 / K.V.S.K. Prasad, J.T. Puthur, P. Sharmila, P.P. Saradhi // *Plant Physiol.* – 1997. – 114, № 3, Suppl. – P. 56.
270. Rengel Z. Importance of seed Zn content for wheat growth on Zn-deficient soil / Z. Rengel, R.D. Graham // *Plant and Soil.* – 1995. – 173, № 2. – P. 267–274.

271. Rizvi S. I. Erythrocyte plasma membrane redox system in human aging / S.I. Rizvi, R. Jha, R. K. Maurya // *Rejuvenation Research*. – 2006. – 9, № 4. – P. 470–474.
272. Rubinstein B. Plasma membrane redox activity: Components and role in plant processes / B. Rubinstein, D. G. Luster // *Annu. Rev. Plant. Physiol. Plant. Mol. Boil.* – 1993. – 44. – P. 131 – 155.
273. Sala F. Differentiated Contribution of Minerals through Soil and Foliar Fertilization to the Winter Wheat Yield / F. Sala<sup>1</sup> H. Rawashdeh, M. Boldea // *American Journal of Experimental Agriculture*. – 2015. – 6 (3). – P. 158–167.
274. Salama Z. A. Effect of zinc deficiency on photosynthesis in chick-pea and maize plants / Z. A. Salama, G. N. Lazova, Zh. G. Stoinova et al. // *Докл. БЪЛГ. АН.* – 2002. – 55, № 3. – P. 65–68.
275. Sekimoto H. Zinc deficiency affects the levels of endogenous gibberellins in *Zea mays* L. / H. Sekimoto, M. Hoshi, T. Nomura, T. Yolota // *Plant and Cell Physiol.* – 1997. – 38, № 9. – P. 1087–1090.
276. Schon M. K. Boron induces hyperpolarization of sunflower root cell membranes and increases membrane permeability to  $K^+$  / M. K. Schon, A. Novacky, D. G. Blewins // *Plant Physiol.* – 1990. – 93, № 2. – P. 566–571.
277. Schreiber U. Chlorophyll fluorescence as a non-intrusive indicator for rapid assessment of in vivo photosynthesis. – In: *Ecophysiology of photosynthesis (Ecological Studies, vol 100)* / U. Schreiber, W. Bilger, C. Neubauer ed. by Schulze E. D., Caldwell, M.M. – Springer. – Berlin, Heidelberg, New York, 1994. – P. 49–70.
278. Sharma P. N. Induction of oxidative stress by deficiency and toxicity of zinc in wheat plants grown in solution culture / P. N. Sharma, S. S. Bisht, Praveen Kumar, M. K. Mishra // *Indian J. Agr. Biochem.* – 1999. – 12, № 1. – P. 10–13.

279. Sharma P. N. Water relations and photosynthesis in mustard plants subjected to boron deficiency / P. N. Sharma, T. Ramchandra // *Indian J. Plant Physiol.* – 1990. – 33, № 1. – P. 150–154.
280. Shelp B. J. Boron mobility in plants / B. J. Shelp, E. Marentes, A. M. Kitheka, P. Vevekanandan // *Physiol. Plant.* – 1995. – 94, № 2. – P. 356–361.
281. Shen Z. Effect of boron on the nitrate reductase activity in oilseed rape plants / Shen Z., Liang Y., Shen K. // *J. Plant Nutr.* – 1993. – 16, № 7. – P. 1229–1239.
282. Srivastava N. K. Influence of boron deficiency on  $^{14}\text{CO}_2$  and  $[\text{U-}^{14}\text{C}]$  saccharose incorporation in primary metabolites in relation to essential oil accumulation in *Mentha piperita* / N. K. Srivastava, R. Luthra // *Photosynthetica.* – 1993. – 29, № 3. – P. 437–445.
283. Stancheva I. Effect of copper and arsenic on the yield and plastid pigment content of rice inoculated with *Azospirillum brasilense* / I. Stancheva, N. Kaloianova, E. Atanasova // *Почвозн., агрохим. и екол.* – 1999. – 34, № 4 – 5. – P. 140–144.
284. Sun Y. Redox regulation of transcriptional activators / Y. Sun, L.W. Oberley // *Free Rad. Biol. Med.* – 1996. – 21. – P. 335–348.
285. Takaki H. “Auksin – induced root formation” and zinc: Pap. Annual Meeting and Symposia, (Kyoto, March 28-30, 1999) / H. Takaki, H. Matuo, A. Yasukouchi et al. // *Plant and Cell Physiol.* – 1999. – 40, Suppl. – P. 45.
286. Tkachuk K. S. Photosynthetic activity of the leaves depends on both  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  correlation of uptake and localization in the plant root cells / K. S. Tkachuk, T. V. Zhukova, M. M. Bohdan, D. A. Kiriziy // *Abstr. International Conference [“Photosynthesis and Crop Production”]*, (Kyiv, October 7–11, 2002). – Kyiv, 2002 – P. 102.
287. Tkachuk K. S. Calcium ion uptake and functional activity of winter wheat root and leaves at nutrient stress / K. S. Tkachuk, T. V. Zhukova, D. A. Kiriziy, M. M. Bohdan // *Abstr. International Symposium Moscow*, K.A. Timiryazev

- Institute of Plant Physiology [“Plant under Environmental stress”], (Moscow, October 23-28, 2001). – Moscow, 2001. – P. 300–301.
288. Tkachuk K. S. The reaction of winter wheat phytohormone system on mineral nutrition change / K. S. Tkachuk, A. B. Karlova, M. M. Bogdan, A. I. Demjanenko // 2nd International symposium [“Plant Growth Substances: Intracellular Hormonal Signaling and Agriculture Application”], (Kyiv, October 7–13, 2007) – Kyiv, 2007. – P. 157.
289. Vázquez M. D. Localization of zinc and cadmium: *Thlaspi caerulescens* (*Brassicaceae*), a metallophyte that can hyperaccumulate both metals / M. D. Vázquez, J. Barcelo, Ch. Poschenrieder et al // J. Plant Physiol. – 1992. – 140, № 3. – P. 350–355.
290. Wang J. Computer, simulated evaluation of possible mechanisms for sequestering metal ion activity in plant vacuoles / J. Wang, B. P. Evangelou, M. T. Nielsen, G. J. Wagner // Plant Physiol. – 1992. – 99, № 2. – P. 621–626.
291. Wang Z. Y. Effect of boron and low temperature on membrane integrity of cucumber leaves / Z. Y. Wang, Y. L. Tang, F. S. Zhang, H. Wang // J. Plant Nutr. – 1999. – 22, № 3. – P. 543–550.
292. Zare M. Influence of potassium and boron on some traits in wheat (*Triticum aestivum* cv. Darab 2) / M. Zare, M. Zadehbagheri, A. Azarpanah // The International Journal of Biotechnology. – 2013. – 2(8). – P. 141–153.



## **ДОДАТКИ**

## Додаток А

### АКТ

**ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ  
провідного інженера відділу вірусів рослин  
Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України  
Богдана Михайла Михайловича**

Цей акт складений про те, що в 2014-2015 рр. в Острозькому районі Рівненської області, проведено впровадження результатів науково-дослідної роботи за темою «Фізіологічне обґрунтування застосування комплексних добрив у посівах пшениці озимої» Богдана М.М.

Відповідальний за впровадження І.І. Біндюк.

Встановлено, що внесення NPK 90:90:90 кг/га діючої речовини спільно із дворазовим позакореневим підживленням рослин пшениці у фази: виходу в трубку і колосіння комплексними добривами призвело до підвищення врожайності пшениці на 0,6 т/га – за обробки Фізіоживлін при нормі витрати 6 л/га; підвищення врожайності пшениці на 0,65 т/га за обробки Брексіл Мікс при нормі витрати 0,5 кг/га; підвищення врожайності пшениці на 0,6 т/га за обробки Плантафол 5.15.45 при нормі витрати 4 кг/га; підвищення врожайності пшениці на 0,5 т/га за обробки Мастер 18.18.18. при нормі витрати 4 кг/га. Загальна площа вирощування пшениці озимої сорту Смуглянка за відповідних рекомендацій технології вирощування становила 100 га.

Застосування позакореневого підживлення даними комплексними добривами рослин забезпечило збільшення чистого прибутку пшениці м'якої озимої сорту Смуглянка на 5826,4 - 6189,7 грн. з 1 га.

Директор ПСП «Людмила» \_\_\_\_\_



*I.I. Binkyuk*

підпис

І.І. Біндюк

## Додаток Б

### Сорти пшениці м'якої озимої

Пшениця озима (*Triticum aestivum* L.) сорту Ятрань 60. Даний сорт створений в ІФРГ НАН України. Він занесений до Реєстру сортів рослин України з 2001 року для вирощування у поліській та лісостеповій, а з 2002 року і у степовій зоні України. Сорт середньоранній, стійкий до вилягання, зимостійкий та посухостійкий. Має середню стійкість до ураження борошнистою россою, стійкий до ураження бурою листовою іржею. Борошномельні та хлібопекарські властивості високі. В зерні сорту Ятрань 60 міститься 13,9–15,8% білка, 28,4–33,6% сирої клейковини, сила борошна 416–538 о.а. Об'єм хліба з 100 г борошна 1103–1300 мл, загальна оцінка хлібопекарських якостей 4,1–4,8 бали. Маса 1000 зерен 39,0–41,0 г. Сорт віднесений до сильних, м'яких пшениць, високо урожайний, інтенсивного типу. Технологія вирощування звичайна [104]

Пшениця озима (*Triticum aestivum* L.) сорту Смуглянка. Даний сорт створений в ІФРГ НАН України та Миронівському інституті пшениці ім. В.М. Ремесла УААН. Занесений до реєстру сортів рослин України на 2004 рік для вирощування у Поліській, Лісостеповій та Степовій зонах України. Національний стандарт для усіх зон України. Сорт короткостебловий високоінтенсивного типу. Середньоранній, вегетаційний період 278–281 день. Високостійкий до вилягання, борошнистої роси та бурої листової іржи, стікання, проростання та обсипання зерна. Стійкий до посухи. Зимостійкість вище середньої та хороша. Різновидність еритроспермум. Борошномельні та хлібопекарські властивості добрі і відмінні. Зерно сорту Смуглянка містить 13,0–14,4% білка, 28,9–38,8% сирої клейковини, сила борошна 328–343 а.о., об'єм хліба із 100 г борошна 1000–1100 мл, загальна оцінка хлібопекарських властивостей 4,0–4,2 бала. Віднесений до сильних м'яких пшениць. Технологія вирощування звичайна як для сортів високо інтенсивного типу. [104]

Пшениця озима (*Triticum aestivum* L.) сорту Подолянка, даний сорт створений в ІФРГ НАН України та Миронівському інституті пшениці ім. В.М.

Ремесла УААН. Занесений до реєстру сортів рослин України на 2003 рік для вирощування у поліській, лісостеповій та степовій зонах України. Сорт середньостебловий, інтенсивного типу, середньостиглий. Має високі зимо-, посухостійкість, стійкість до обсипання зерна навіть за перестою, середньостійкий до вилягання та ураження борошнистою россою, бурою листковою іржею, кореневими гнилями. Різновидність лютесценс. Борошномельні та хлібопекарські властивості відмінні. Зерно Подолянки містить 13,5–14,7% сирі клейковини, сила борошна 320–410 а.о. об'єм хліба із 100 г борошна 1100–1210 мл, загальна оцінка хлібопекарських властивостей 4,0–4,2 бала. Віднесений до сильних пшениць. Сорт високопродуктивний, універсального типу використання. Норма висіву насіння 4,5–5,5 млн схожих зерен на 1 га залежно від зони волого забезпечення [104].

Пшениця озима (*Triticum aestivum* L.) сорту Фаворитка Даний сорт створений в ІФРГ НАН України і Миронівському інституті пшениці ім. В.М. Ремесла УААН. Занесений до реєстру сортів рослин України на 2005 рік для вирощування в поліській та лісостеповій зонах України. Сорт середньостебловий, середньостиглий. Вегетаційний період 283–787 днів. Має середню зимо- та високу посухостійкість. Стійкий до вилягання, ураження борошнистою россою та бурою листковою іржею. Стійкий до проростання та обсипання зерна. Різновидність лютесценс. Борошномельні та хлібопекарські властивості добрі. Зерно сорту Фаворитка містить 12,5–13,8% білка, 26,7–30,1% сирі клейковини, сила борошна 248–296 а.о., об'єм хліба із 100 г борошна 960–1000 мл, загальна оцінка хлібопекарських властивостей 4,0–4,5 бала. Належить до цінних пшениць. Сорт високоврожайний високоінтенсивного типу. Забезпечує отримання високих та стабільних по роках урожаїв на різних фонах мінерального живлення. Невибагливий до умов вирощування, попередників і строків сівби, має високу екологічну пластичність. Норма висіву насіння 5,5–6,0 млн схожих зерен на 1 га залежно від зони та волого забезпечення [104].

Пшениця озима (*Triticum aestivum* L.) сорту Зимоярка. Даний сорт створений в ІФРГ НАН України, Миронівському інституті пшениці ім. В.М.

Ремесла УААН. Занесений в Державний реєстр сортів рослин на 2007 рік для вирощування у лісостеповій зоні України. Сорт поєднує два типи розвитку: озимий та ярий і є двуручкою. Середньорослий, інтенсивного типу, середньостиглий. Вегетаційний період – 273–297 днів. Має середню морозостійкість. Стійкий до посухи, вилягання, ураження борошнистою россою, бурою листковою іржею та фузаріозом. Сорт Зимоярка стійкий до вірусних хвороб. Стійкий до осипання зерна, стікання та проростання зерна в колосі. Різновидність лютесценс. Борошномельні та хлібопекарські властивості добрі та високі. Висока якість зберігається в умовах високої зволоженості. Зерно Зимоярки містить 13,8–14,6% білка, 28,1–31,8% сирової клейковини, сила борошна 296–359 а.о., об'єм хліба із 100 г борошна 1050–1130 мл, загальна оцінка хлібопекарських властивостей 4,2–4,5 бала. Сильна пшениця. Сорт високоврожайний інтенсивного типу. Сорт можна використовувати як в підзимньому, так і весняному посіві. Специфічним для цього сорту є необхідність посіву у пізні, але оптимальні для озимої пшениці строки (як озима форма) та дуже рано навесні (як яра форма). Ранні посіви восени призводять до переростання сходів та їх вимерзання. Решта агротехнічних вимог є типовими для озимих та ярих пшениць. Норма висіву насіння 5,5–6,0 млн схожих зерен на 1 га. При весняному посіві норму висіву треба дещо збільшити [104].

Пшениця озима – дворучка (*Triticum aestivum* L.) сорту Хуторянка. Даний сорт створений в ІФРГ НАН України та ФГ «Теософ». Занесений до реєстру сортів рослин України на 2008 рік для вирощування у Поліській, Лісостеповій зонах України. Сорт короткостебловий, середньоранній. Стійкий до вилягання, борошнистої роси та бурої листкової іржи, кореневими гнилями. Стійкий до посухи. Сорт Хуторянка є одним із перших сортів – дворучок, який можна висівати восени – в кінці оптимальних строків, під зиму, у зимові відлиги та ранньою весною. Борошномельні та хлібопекарські властивості добрі. Зерно сорту Хуторянки містить 13,6–14,2% білка, 27,9–29,9% сирової клейковини, сила борошна 375–418 а.о., об'єм хліба із 100 г борошна 1000–1150 мл, загальна оцінка хлібопекарських властивостей 4,0–4,4 бала. Відмінність цього сорту від

типово озимих в тому, що він потенційно може розвиватися як озима і як яра культура. Отже, якщо насіння дворучки сіяти під осінь – рослина кущиться і зимує, а весною наступного року продовжує вегетацію, колоситься і дає урожай зерна (озима культура). Якщо ж таке насіння сіяти рано навесні, то воно розвивається за ярим типом розвитку (яра культура). Але для кращого розвитку і отримання більших врожаїв насіння дворучок, як озиму культуру краще сіяти в кінці пізніх строків висіву озимих, а як яру культуру – раніше весняного сіву – у «лютневі вікна» [104, 195].

Пшениця озима (*Triticum aestivum* L.) сорту Перлина Лісостепу. Даний сорт створений в Білоцерківській дослідно-селекційній станції. У Реєстрі сортів рослин України з 2001р, рекомендований для вирощування в зонах Полісся і Лісостепу, визнаний національним стандартом для середньорослих сортів цих зон. Відмінні особливості та апробаційні ознаки. Сорт відноситься до різновидності лютесценс, колос циліндричний, білий, безостий з кільовими зубцями середньої довжини на верхівці колоса; зернівка червона крупна, маса 1000 насінин 43 г. Плече колоскової луски дуже широке, пряме, зубець короткий, злегка зігнутий. На колосі, прапорцевому листку, соломині – сильний восковий наліт. Прапорцевий лист розміщений вертикально. Рослина середньої висоти – 88–100 см з міцним стеблом. Середньостиглий: виколошується на 5–6 днів пізніше ранньостиглих сортів Білоцерківська напівкарликова і Олеся. При проморожуванні сорт показав середню і вище середню зимостійкість, має підвищену стійкість до випрівання і до зимових коливань температур, зимостійкість в польових умовах становила 4,4–4,7 бала (за 5-бальною шкалою). Посухостійкість підвищена – 4,5 бала. До бурої іржі сорт резистентний, менше стандарту уражується і борошнистою россою, до фузаріозу колоса середньо стійкий. Сорт досить стійкий до проростання на пні, стійкий до вилягання та осипання. За хлібопекарськими якостями сорт віднесений до цінних пшениць, за даними лабораторії якості Держкомісії, в середньому вміст клейковини становив 28.4%, білку – 13.2%, ІДК – 65 о.п [172].

Пшениця озима (*Triticum aestivum* L.) сорт Панна. Оригінатор: Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення, м. Одеса. Різновид – феругінеум. Високопродуктивний – за роки конкурсного сортовипробування на полях інституту середня врожайність становила 68,7 ц/га. Середньостиглий. Досить стійкий щодо вилягання, осипання та проростання зерна в колосі. Зимо- та посухостійкість високі. Має високу стійкість проти бурої та стеблової іржі, борошнистої роси, вірусів, твердої сажки. Якість зерна. Перший сорт в Україні, за якістю зерна віднесений до надсильних пшениць. Має винятковий білково-клейковинний комплекс: вміст білка – 15,3, клейковини – 30,4–34,6%, сила борошна – 326–460 о.а., об'єм хліба – 1480–1520 см<sup>3</sup>. Загальна оцінка хліба – 5,1–5,4 бала. Чудовий поліпшувач слабких сортів. Комбінація нових алелів із максимальним позитивним впливом на якість зерна зумовлює виняткові особливості стійкості клейковини щодо ферментів клопа-черепашки. Середньорослий – 95–110 см. Колос червоний, довгий (9–11 см), середньої щільності, циліндричний до веретеноподібного. Остюки довгі, червоні, середньої цупкості. Зерно червоне, яйцеподібне, велике (маса 1000 зерен – 36–42 г).