

<https://doi.org/10.15407/frg2019.05.399>

УДК 581.132:632.954:633.15

ВМІСТ НЕОРГАНІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ У ЗЕРНІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА КОНТРОЛЮВАННЯ ФУЗАРІОЗУ

Л.М. МИХАЛЬСЬКА, В.В. ШВАРТАУ, О.Ю. САНІН, В.О. ТРЕТЯКОВ

*Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук України
03022 Київ, вул. Васильківська, 31/17
e-mail: victorschwartau@gmail.com*

Досліджено вплив сучасних фунгіцидів класів триазолів, стробілуринів, а також добрив із вмістом мікроелементів та амінокислот на накопичення макро- й мікроелементів у зерні високопродуктивних сортів пшениці озимої. Вміст неорганічних елементів у зразках зерна визначали на мас-спектрометрах з індуктивно зв'язаною плазмою ICP-MS «Agilent 7700» і «Agilent 7500» із використанням ICP-MS Mass Hunter Work Station. Встановлено, що застосування добрив на основі комплексу мікроелементів (брексил мікс) та на основі гідролізатів водоростей (із вмістом амінокислот) — мегафол у позакореневих обробках істотно не впливає на елементний склад зерна пшениці озимої сортів Смуглянка і Подолянка. З'ясовано, що внесення фунгіцидів альто супер, амістар екстра та магнелло у фазу ВВСН 37 забезпечує найбільшу пролонговану дію для захисту від збудників хвороб. Застосування амістар екстра та магнелло сприяло подовженню вегетації посівів, що може зумовлювати зміни в елементному складі зерна пшениці озимої.

Ключові слова: *Triticum aestivum* L., *Fusarium*, ICP-MS, фунгіциди, неорганічні елементи, ефективність.

Проблема забезпечення людства продуктами харчування є вкрай складною, а для України з потужним зерновиробництвом також і стратегічним завданням щодо забезпечення продовольчої та економічної безпеки держави. Світове виробництво продуктів харчування у наступні 30 років має подвоїтись. Разом із потребою у зростанні продуктивності підвищуються вимоги до якості та виробництва харчових продуктів, які забезпечують здорове харчування, й ці процеси посилюються зі зростанням економіки країн, що розвиваються [1–3].

Фузаріоз колоса зернових колосових культур є високошкодочинною хворобою, яка щорічно знижує рівень врожайності зернових в Україні та призводить до забруднення урожаю небезпечними для людини і тварин мікотоксинами. Забруднення агрофітоценозів інокулюмом збудників *Fusarium* носить глобальний характер [4–9].

Досягнути високих і якісних урожаїв зернових можна за комплексного застосування різних стратегій боротьби з хворобою: створення і впровадження резистентних сортів/гібридів, агро-

технічні методи, насамперед повернення рослинництва країни до біологічно обґрунтованих сівозмін та застосування високоефективних фунгіцидів і добрив, здатних забезпечувати високі рівні реалізації генетичного потенціалу сорту, зниження ризику накопичення мікотоксинів, забезпечення високої якості зерна та економічної доцільності зерновиробництва.

Дефіцит мікроелементів у зерні спостерігається за впровадження сучасних технологій вирощування зернових культур, насамперед при створенні високопродуктивних сортів із відповідним низьким зольним індексом зерна. Рентабельне та продуктивне рослинництво залежить від з'ясування механізмів регуляції іоному й забезпечення рослин належними кількостями макро- та мікроелементів, а також накопичення неорганічних елементів у врожаї, що важливі для збалансованої дієти людини.

Відомо, що відмінності у реакції сорту пшениці на інфікування збудниками роду *Fusarium* залежать від вмісту й балансу елементів живлення та фази розвитку рослин [6, 7, 10]. Як вказують автори, забезпечення сорту елементами живлення за потребами знижувало рівні ураження рослин пшениці збудниками фузаріозу. Численними класичними дослідженнями показано ефективність основного внесення фосфору (у вигляді ортофосфату), калію, сірки, магнію щодо зниження величини інфікування посівів збудниками фузаріозів. Внесення мікроелементів, які є компонентами редокс-систем рослин, також може сприяти підвищенню стійкості рослин до ураження збудниками хвороб. Важливими при цьому є мідь, залізо, манган і цинк [11–14].

Експериментальними дослідженнями встановлено, що застосування азоту у фазу цвітіння істотно підвищує вміст білка в зерні пшениці та не приводить до зростання ураження рослин фузаріозом колоса і накопичення DON (деоксиніваленолу) й NIV (ніваленолу) [15]. Ці результати свідчать, що підживлювати пшеницю азотом можна ближче до фази цвітіння без побоювання, що в зерні зросте накопичення мікотоксинів за ураження рослин фузаріозом колоса. Разом з тим показано [16], що підвищення фону азотного живлення з 0 до 160 кг/га викликало відповідне зростання рівня захворюваності колосків пшениці на фузаріоз колоса з 2,2 (0 N) до 6,6 % (160 кг N/га). Форма внесеного азоту достовірно не впливала на рівень ураженості рослин фузаріозом. У другій серії експериментів, за штучного інокулювання штамми *F. graminearum* і *F. culmorum*, накопичення DON зростало за підвищення фону азотного живлення з 0 до 80 кг/га. За подальшого збільшення дози азоту рівень накопичення DON залишався незмінним. Встановлено також [17], що додаткове внесення азоту призводило до зростання ураження пшениці й тритикале збудниками *Fusarium*.

Визначено, що генотип, а також рівень живлення цинком є чинниками, які впливають на стійкість пшениці до корневих гнилей. За дефіциту цинку накопичення маси сухої речовини проростків пшениці здебільшого знижувалось. Інфікування *F. solani* істотно зменшувало масу проростка лише в одного сорту з досліджених. Проте за інфікування збудником знижувався рівень SH-груп у коренях. Об-

робка цинком перед інфікуванням *Fusarium* підвищувала резистентність рослин пшениці до збудника [14, 18–23].

Аналіз тканин рослин є важливим для оцінювання фізіологічного стану рослин і рівнів їх живлення. Більшість аналізів неорганічних елементів у рослинах на сьогодні виконують методами ICP-OES або ICP-MS, які у поєднанні з мікрохвильовою підготовкою зразків дають змогу швидко й точно вимірювати багатоелементні профілі компонентів агрофітоценозів [24].

Біологічно значущими мікроелементами, які відіграють важливу роль у багатьох процесах життєдіяльності людини, є насамперед компоненти редокс-систем — залізо, цинк, манган, мідь. Дефіцит мікроелементів у харчуванні визнано прихованим голодуванням. За статистикою ВООЗ, у світі налічується понад 2 млрд людей, які страждають на анемію, кожна третя дитина і майже кожна вагітна жінка й мати-годувальниця страждають на залізодефіцитну анемію різного ступеня тяжкості [11].

2001 р. у США в центрі біоресурсів (ВССАМ) методами ICP та ААС вперше було досліджено 135 колекційних сортозразків ячменю на вміст заліза. Мінливість за цією ознакою становила від 21,0 до 83,0 мг/кг. В Японії серед 274 сортозразків вміст заліза змінювався від 24,6 до 63,3 мг/кг. В останні десятиліття почалась інтенсивна селекція злаків за цією ознакою [11, 25–29]. За результатами досліджень, виконаних в останні роки у провідних лабораторіях США та Японії, вміст цинку в зерні ячменю варіює від 18 до 40 мг/кг [11, 26, 30].

Отже, склад неорганічних елементів у зерні зернових колосових культур є важливим показником, що визначає як якісні показники врожаю, так і посівні якості насіння. При цьому дослідження щодо змін вмісту неорганічних елементів за широкого використання фунгіцидів і добрив для позакоренових обробок обмежені.

У зв'язку з цим метою нашої роботи було з'ясування впливу сучасних фунгіцидів класів триазолів і стробілуринів у композиціях із добривами з вмістом мікроелементів та амінокислот, які широко використовують за одночасного внесення з фунгіцидами, на накопичення макро- та мікроелементів у зерні високопродуктивних сортів пшениці озимої.

Методика

Полеві дослідження на посівах пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) сортів Смуглянка і Подолянка проводили у ДСВ Інституту фізіології рослин і генетики НАН України в смт Глеваха Васильківського району Київської області. Ґрунти — дернові слабо- й середньопідзолисті неоглеєні та глеюваті супіщані, рН сольовий (КС1) 5,8. Вміст в орному шарі гумусу 1,8 %, фосфору — 55 мг/кг (за Кірсановим), калію — 30 мг/кг (за Кірсановим). За сезон вносили мінеральних добрив $N_{180}P_{100}K_{200}$. Досліди за наведеною схемою обробок проводили у період 2015–2018 рр. У таблицях наведено усереднені дані мас-спектрометрії 2015–2016 рр., які були близькими й типовими для

років досліджень. Площа облікових ділянок становила 10 м², повторність — 5—6-разова.

Посіви пшениці озимої обробляли одноразово навесні у фазу ВВСН 37 фунгіцидами, які в останні 5 років широко використовують в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України: амістар екстра 280 SC, к.с. (80 г/л ципроконазол + 200 г/л азоксистробін), альто супер 330 EC, к.е. (80 г/л ципроконазол + 250 г/л пропіконазол), магнелло 350 EC, к.е. (100 г/л дифеноконазол + 250 г/л тебуконазол), у дозах відповідно 0,7; 0,5; 1,0 л/га. Посіви також обробляли комплексом макро- та мікроелементів брексил мікс (Mg 6 %; B 1,2; Fe 0,6; Mn 0,7; Zn 5; Cu 0,8; Mo 1,0 %), який застосовували у дозі 0,5 кг/га, і комплексом макро- та мікроелементів із вмістом амінокислот із гідролізатів рослин — мегафол (всього амінокислот 28,0 %; азот (N) — 3,0 %, у тому числі органічний — 1,0 %, амідний — 2,0 %; розчинний калій (K₂O) — 8,0 %; органічний вуглець (C) рослинного походження — 9,0 %), який застосовували у дозі 2,0 л/га (Valagro, Італія).

Протягом вегетації рослини обробляли гербіцидами та інсектицидами, зокрема у фази куціння, цвітіння та по прапорцевому листку. Проводили основне підживлення рослин і фенологічні спостереження. Урожай збирали прямим комбайнуванням.

Вміст елементів у зразках зерна визначали на мас-спектрометрах Agilent Technologies з індуктивно зв'язаною плазмою ICP-MS «Agilent 7700x» (в Інституті фізіології рослин і генетики НАН України) та «Agilent 7500» (на базі Чорнобильської атомної електростанції) з використанням ICP-MS Mass Hunter Work Station. Зразки (0,400 г) озолювали в азотній кислоті кваліфікації ICP-grade у мікрохвильовій системі пробопідготовки Milestone Start D. Після охолодження до зразків добавляли воду, коефіцієнт розчинення 250x. Усі розчини готували на воді 1-го класу (18 МОм), підготовленій після бідистиляції на системі очищення води Scholar-UV Nex Up 1000 (Human Corporation, Корея). Як калібрувальні стандарти використовували ICP-MS Complete Standard IV-ICP-MS-71A, як внутрішній стандарт — 1 ppb розчин Sc (обидва виробництва Inorganic Ventures, США) [31].

В аргоновій плазмі обрані елементи можуть утворювати хибні піки. Наприклад, однакові за масою ⁵⁶CaO та ⁵⁶Fe чи ArN або ArO з іншими ізотопами заліза. ArNH та KO можуть маскувати Mn, Ba²⁺ — Zn, а ⁴⁰Ar¹⁶O — ⁵⁶Fe. Усі шість ізотопів кальцію можуть взаємодіяти з O, H та Ar, що призводить до помилок у визначенні Cu, Fe, Sc, Se. Більшість ізотопів селену маскується ізобаричним перекриттям Ar чи Ge (маси 74, 76, 78, 80, 82) або багатоатомними інтерференціями, здебільшого Ar₂ щодо мас 76, 78, 80. Хоча мідь добре іонізується в аргоновій плазмі (90 %), визначення нукліда ⁶³Cu ускладнюється взаємодією NaAr і видами P, а ⁶⁵Cu перекривається SO₂/SO₂H; ⁶³Cu — ⁴⁰Ar²³Na; також ізотопи міді інтерферують з оксидами кальцію і титану. В зв'язку з цим визначення окремих елементів проводили у режимі продувки гелієм, що ефективно видаляє згадані матричні та елементні інтерференції [29, 31].

Результати оброблено статистично за допомогою програмного забезпечення ICP-MS Mass Hunter Software та MS Excel 2019.

Результати та обговорення

Встановлено, що у контрольному варіанті вміст катіонів у зерні був вищим у короткостебловому сорту Смуглянка порівняно із середньорослим сортом Подолянка (табл. 1).

Застосування добрив брексил мікс 0,5 кг/га + мегафол 2,0 л/га позакоренево у фазу ВВСН 37 слабо впливало на елементний склад зерна пшениці озимої. У короткостебловому сорту Смуглянка зросло накопичення калію й кальцію. У середньорослого пластичного й істотно більш резистентного до посушливих умов вирощування сорту Подолянка підвищення вмісту калію в зерні не зафіксовано.

Щодо визначення окремих іонів зазначимо, що магній міститься в рослинах та ґрунті у значних кількостях і легко іонізується — до 90 %, в аргонній плазмі. Кальцій також значно поширений в агроценозах. Рівень іонізації кальцію досягає 99 %, проте його складно визначати методом ICP-MS, оскільки основний пік нукліда ^{40}Ca перекривається піком ^{40}Ar плазми, тому вміст кальцію визначали за наявності ^{43}Ca .

Встановлено, що вміст магнію у зерні не змінювався за позакореневого внесення добрив. При застосуванні композицій добрив із фунгіцидами вміст магнію був дещо вищим у варіанті з внесенням амістар екстра у сорту Смуглянка та альто супер і добрива у сорту Подолянка.

Застосування композиції фунгіцидів пропіконазол 250 г/л + ципроконазол 80 г/л (альто супер 0,5 л/га) не впливало на накопичення калію, магнію і кальцію у сорту Смуглянка, при цьому накопичення кальцію та натрію у сорту Подолянка дещо зросло.

Усі похідні триазолів інгібують фермент, що відіграє ключову роль у біосинтезі стеролів. Стероли, у свою чергу, є структурними компонентами й забезпечують правильний розвиток і функціонування клітинних стінок та мембран клітин грибів, тому тенденція до слабого підвищення вмісту двовалентних катіонів, насамперед кальцію та магнію, може бути пов'язана з компенсацією пулів кальцію у клітинній стінці рослин.

Застосування композиції фунгіцидів ципроконазол 80 г/л + азоксистробін 200 г/л (амістар екстра 0,70 л/га) зумовлювало незначне зниження вмісту калію, магнію і натрію в зерні сорту Смуглянка. У пластичного середньорослого сорту Подолянка вміст цих макроелементів не знижувався.

Слід зазначити, що дифеноконазол має широкий спектр дії на фітопатогени, у тому числі є селективним проти збудників септоріозу, не чинить побічного ретардантного ефекту на сходині й рослини на відміну від високих доз тебуконазолу. Діючі речовини досліджених фунгіцидів ефективні у контролюванні шкодочинних хвороб пшениці, сприяють істотному підвищенню врожайності культури [10], тому тенденція до зниження вмісту неорганічних катіонів

ТАБЛИЦЯ 1. Вміст катіонів у зерні пшениці озимої сорти Смулянка та Подолянка за впливу фунгіцидів і добрив

| Варіант | Смулянка | | | | Подолянка | | | |
|--|------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| | К, г/кг | Mg, г/кг | Ca, мг/кг | Na, мг/кг | К, г/кг | Mg, г/кг | Ca, мг/кг | Na, мг/кг |
| Контроль | 3,7 ^a | 0,93 ^a | 30,7 ^a | 173 ^a | 3,6 ^a | 0,79 ^a | 25,1 ^a | 155 ^a |
| Брексил 0,5 кг/га + + метафол 2,0 л/га | 4,2 ^b | 0,90 ^a | 35,1 ^b | 149 ^b | 3,6 ^a | 0,87 ^a | 30,2 ^b | 269 ^b |
| Альто супер 0,5 л/га | 3,8 ^a | 0,86 ^a | 28,6 ^a | 146 ^b | 3,6 ^a | 0,92 ^b | 34,1 ^b | 274 ^b |
| Альто супер 0,5 л/га + + брексил 0,5 кг/га + + метафол 2,0 л/га | 3,9 ^a | 0,97 ^a | 30,9 ^a | 151 ^b | 3,9 ^b | 0,92 ^b | 29,2 ^b | 345 ^b |
| Амістар екстра 0,7 л/га | 3,2 ^b | 0,73 ^b | 33,9 ^a | 133 ^b | 3,4 ^a | 0,88 ^a | 33,1 ^b | 199 ^b |
| Амістар екстра 0,7 л/га + + брексил 0,5 кг/га + + метафол 2,0 л/га | 3,4 ^b | 0,82 ^a | 32,1 ^a | 254 ^a | 3,7 ^a | 0,80 ^a | 24,9 ^a | 337 ^b |
| Магнелло 1,0 л/га | 3,8 ^a | 0,89 ^a | 29,9 ^a | 257 ^a | 3,5 ^a | 0,88 ^a | 30,8 ^b | 214 ^b |
| Магнелло 1,0 л/га + + брексил 0,5 кг/га + + метафол 2,0 л/га | 3,6 ^a | 0,93 ^a | 34,1 ^a | 251 ^a | 3,3 ^a | 0,85 ^a | 29,9 ^b | 306 ^a |

Примітка. Тут і в табл. 2, 3 однаковими літерами позначені величини, що не відрізняються за $p = 0,05$.

у зерні може бути пов'язана з можливим зростанням продуктивності посівів за дії фунгіцидів.

Важливими показниками якості зерна є вміст низки аніонів: фосфору, бору, селену. Одним із ключових елементів щодо впливу на якість врожаю пшениці є фосфор. Визначення елемента ускладнене за низького рівня (7,5 %) іонізації в аргонній плазмі мас-спектрометра. Хоча фосфор є моноізотопним елементом, його визначення можливе лише за продування гелієм за інтерференції з NO та NOH.

Встановлено, що застосування добрив брексил мікс 0,5 кг/га + мегафол 2,0 л/га у фазу ВВСН 37 не призводило до статистично достовірних змін вмісту фосфору в зерні. За використання фунгіцидів вміст фосфору також не змінювався. Композиції добрив із фунгіцидами статистично достовірно не впливали на накопичення цього елемента в зерні (табл. 2).

Бор є винятково важливим для рослин. Його особливістю є низькі рівні реутилізації з ярусу нанесення за позакореневого застосування та легке промивання у профілі ґрунту опадами. Тому вміст бору в зерні за позакореневого застосування добрив істотно не змінюється. Зростання вмісту бору у зерні може мати значення в насінневих посівах, де важливим показником є посівні якості насіння.

Зазначимо, що рівні бору в зерні обох сортів пшениці озимої низькі. Встановлено, що за обробки добривами вміст бору в зерні не змінювався. В усіх варіантах дослідів вміст бору в зерні був дещо нижчим, ніж у зерні контрольних варіантів, за винятком варіанта з брексил мікс 0,5 кг/га + мегафол 2,0 л/га + магнелло 1,0 л/га. Фунгіциди також не впливали на накопичення бору в зерні, за винятком варіанта тебуконазол + дифеноконазол (магнелло) з добривами. Відносне зростання пулів бору за дії композиції тебуконазол + дифеноконазол може бути пов'язане з високою активністю дифеноконазолу проти дуже поширеного і шкодочинного у другій половині вегетації культури септоріозу, збудники якого можуть поглинати значні кількості цього елемента. Підвищенню вмісту елемента може також сприяти подовження вегетації за дії композиції фунгіцидів, селективних проти септоріозу та фузаріозу.

На відміну від інших аніонів вміст селену в ґрунті й рослинах низький [32]. Більшість ізотопів селену складно визначити за ізобаричної інтерференції Ar чи Ge (маси 74, 76, 78, 80, 82) або поліатомних інтерференцій переважно Ar₂ щодо мас 76, 78, 80, які ефективно видаляються в режимі продування гелієм, тому вміст селену визначали за його нуклідом ⁷⁸Se.

Вміст селену в зерні контрольних варіантів також був низьким. Застосування фунгіцидів слабо впливало на його вміст за високого рівня варіабельності показників у дослідах. У зерні пшениці контрольних варіантів обох сортів вміст селену був нижчим за 0,3 мг/кг. Застосування добрив і фунгіцидів достовірно не впливало на вміст селену в зерні. Проте у варіанті із застосуванням альто супер + брексил + мегафол він достовірно підвищувався.

Ймовірно, ця залежність пов'язана з тим, що обробка азоксистробіном зумовлює подовження вегетації та підвищення вмісту хло-

ТАБЛИЦЯ 2. Вміст аніонів у зерні пшениці озимої сорти Смуглянка та Подолька за впливу фунгіцидів і добрив

| Варіант | Смуглянка | | | Подолька | | |
|---|-------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|
| | Р, г/кг | В, мг/кг | Se, мкг/кг | Р, г/кг | В, мг/кг | Se, мкг/кг |
| Контроль | 3,00 ^а | 2,6 ^а | 267 ^а | 3,02 ^а | 2,2 ^а | 278 ^а |
| Брексил 0,5 кг/га + мегафол 2,0 л/га | 2,88 ^а | 2,3 ^а | 318 ^а | 2,96 ^а | 2,3 ^а | 307 ^а |
| Альто супер 0,5 л/га | 2,79 ^а | 2,5 ^а | 326 ^а | 3,02 ^а | 2,2 ^а | 327 ^а |
| Альто супер 0,5 л/га + брексил 0,5 кг/га + + мегафол 2,0 л/га | 3,07 ^а | 2,4 ^а | 433 ^б | 3,17 ^а | 2,8 ^а | 460 ^б |
| Амістар екстра 0,7 л/га | 2,44 ^а | 2,4 ^а | 303 ^а | 2,75 ^а | 2,6 ^а | 385 ^а |
| Амістар екстра 0,7 л/га + брексил 0,5 кг/га + + мегафол 2,0 л/га | 2,53 ^а | 2,4 ^а | 279 ^а | 2,75 ^а | 2,4 ^а | 363 ^а |
| Магнелло 1,0 л/га | 2,73 ^а | 2,3 ^а | 324 ^а | 2,99 ^а | 2,2 ^а | 327 ^а |
| Магнелло 1,0 л/га + брексил 0,5 кг/га + + мегафол 2,0 л/га | 2,82 ^а | 3,7 ^б | 300 ^а | 2,92 ^а | 5,7 ^б | 295 ^а |

рофілу й водорозчинних білків у рослинах, зниження вмісту малонілальдегіду та рівня виходу електролітів, що також свідчить про зростання стабільності плазмолемі та інших мембранних структур. При цьому активність антиоксидантних ферментів — супероксиддисмутази, каталази та пероксидази також була вищою у прапорцевих листках оброблених рослин порівняно з необробленими рослинами контрольного варіанта [33].

Вміст мікроелементів — складових редокс-систем рослин, а саме заліза, міді, мангану та цинку, в зерні обох сортів був низьким. При цьому інші мікроелементи, за винятком мангану, містилися в більших кількостях у зерні короткостеблового сорту порівняно із середньорослим. За позакореневого внесення добрив вміст мікроелементів у зерні достовірно не змінювався. Проте за дії азоксистробіну при застосуванні композиції тебуконазол + дифеноконазол дещо зростало накопичення в зерні заліза й мангану. Застосування композиції добрив брексил мікс 0,5 кг/га + мегафол 2,0 л/га з альто супер і магнелло сприяло підвищенню вмісту заліза в зерні пшениці озимої сорту Подолянка (табл. 3). За обробки фунгіцидами дещо зростало накопичення заліза й цинку в зерні обох сортів. За обробки добривами одночасно з фунгіцидами в усіх варіантах рівень накопичення цинку був вищим, ніж за дії лише одного фунгіциду. Близькі до зазначених залежності спостерігалися й щодо рівнів накопичення заліза, мангану та міді (див. табл. 3).

Отже, встановлено, що застосування у фазу ВВСН 37 позакоренево комплексу мікроелементів брексил мікс разом із добривом на основі комплексу амінокислот мегафол істотно не впливало на накопичення макроелементів і низки аніонів у зерні пшениці сортів Смуглянка та Подолянка.

Відомо, що мікроелементи слабо реутилізуються з вегетативних органів до генеративних. Підвищення стабільності мембранних структур і зміни у функціонуванні проростків за дії азоксистробіну зумовлюють підвищення ефективності використання вологи. Цей ефект використовують у багатьох програмах, спрямованих на підвищення резистентності культурних рослин до посухи, а його суміжною дією може бути підвищення вмісту неорганічних редокс-елементів у зерні.

Виражений ефект подовження періоду фотосинтетичної активності пов'язаний зі зростанням активності супероксиддисмутази та зниженням рівня супероксидного радикал-аніона, особливо у рослин протягом другої половини вегетації. Активність пероксидази в оброблених рослин була вдвічі вищою в прапорцевих листках, а в листках 1-го ярусу — у 4 рази. Встановлено й істотне зростання рівнів H_2O_2 в оброблених фунгіцидом рослинах. Паракватіндуковане зростання рівнів O_2^- на стадіях ВВСН 65—69 ефективно інгібувалося азоксистробіном [32, 33]. Отже, азоксистробін впливає на подовження вегетації, що пов'язано з підвищенням антиоксидантного потенціалу рослини.

Обробка проростків рослин азоксистробіном зумовлює збільшення кількості клітин [цит. за 10]. Транскриптомний аналіз свідчить про підвищення експресії генів редокс-гомеостазу і транспорту цукрів. Хоча вміст заліза й цукрів не змінювався, рівні NO та

ТАБЛИЦЯ 3. Вміст мікроелементів у зерні пшениці озимої сорти Смулянка та Подольнка за впливу фунгіцидів і добрив, мг/кг

| Варіант | Смулянка | | | | Подольнка | | | |
|---|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| | Fe | Cu | Mn | Zn | Fe | Cu | Mn | Zn |
| Контроль | 58,8 ^a | 2,8 ^a | 27,4 ^a | 8,7 ^a | 50,0 ^a | 2,4 ^a | 28,8 ^a | 2,4 ^a |
| Брексил 0,5 кг/га + мегафол 2,0 л/га | 57,4 ^a | 2,1 ^a | 36,4 ^b | 11,5 ^b | 72,9 ^b | 2,8 ^a | 31,8 ^a | 2,6 ^a |
| Альто супер 0,5 л/га | 62,7 ^a | 4,1 ^b | 30,4 ^a | 9,4 ^a | 55,0 ^a | 2,5 ^a | 31,6 ^a | 2,4 ^a |
| Альто супер 0,5 л/га + брексил 0,5 кг/га + + мегафол 2,0 л/га | 66,3 ^b | 4,7 ^b | 37,7 ^b | 10,2 ^b | 77,5 ^b | 2,6 ^a | 43,9 ^b | 4,4 ^b |
| Амістар екстра 0,7 л/га | 57,5 ^a | 2,7 ^a | 30,8 ^a | 9,5 ^b | 72,1 ^b | 3,0 ^a | 43,7 ^b | 3,4 ^a |
| Амістар екстра 0,7 л/га + брексил 0,5 кг/га + + мегафол 2,0 л/га | 57,4 ^a | 2,8 ^a | 32,0 ^a | 11,2 ^b | 77,9 ^b | 2,5 ^a | 42,3 ^b | 4,9 ^b |
| Магнелло 1,0 л/га | 55,4 ^a | 2,8 ^a | 31,6 ^a | 8,0 ^a | 71,5 ^b | 2,8 ^a | 32,6 ^a | 3,4 ^a |
| Магнелло 1,0 л/га + брексил 0,5 кг/га + + мегафол 2,0 л/га | 74,8 ^b | 2,9 ^a | 39,4 ^b | 12,7 ^b | 86,6 ^a | 2,7 ^a | 39,6 ^b | 4,2 ^b |

нітратредуктази істотно зростали за дії фунгіциду. Припускається, що азоксистробінопосередковані ефекти ініціюються експресією підгрупи транскрипційних факторів Ib *bHLHs* та вищими рівнями NO [34].

За результатами численних досліджень ми встановили зростання вмісту азоту в надземних органах, зерні та підвищення рівнів реутилізації азоту з вегетативних органів у зерно [10]. Усі ці ефекти розглянуто як складові реакції подовження вегетації за дії азоксистробіну. В разі застосування фунгіциду зберігалися високі рівні надходження пластичних речовин/вуглецю до зерна, а також азоту. Вплив фунгіциду на вміст білка у зерні залежав від умов сезону та сорту пшениці.

Достовірно подовження періоду вегетації за дії азоксистробіну приводить до підвищення продуктивності посіву як унаслідок зростання рівня загальної біомаси, так і $K_{\text{госп}}$, тобто ефективності перерозподілу пластичних речовин до зерна.

Що стосується магнелло, то тебуконазол і дифенконазол легко транспортуються акропетально й інгібують синтез ергостеролу в мембранах клітин фітопатогенів. Підвищення при цьому ефективності асиміляції вуглецю може зумовлювати певне зростання накопичення низки мікроелементів у зерні сортів пшениці озимої.

Отже, застосування добрив на основі комплексу мікроелементів (брексил мікс) та на основі гідролізатів водоростей (із вмістом амінокислот) — мегафол у позакореневих обробках істотно не впливає на елементний склад зерна пшениці озимої обох високопродуктивних сортів — короткостеблового Смуглянка та середньорослого Подольняка. Діючі речовини досліджених фунгіцидів ефективні щодо контролювання шкодочинних хвороб пшениці та сприяють істотному підвищенню врожайності культури [10]. У зв'язку з цим тенденція до зниження вмісту неорганічних катіонів у зерні може бути пов'язана з можливим відповідним зростанням продуктивності посівів за дії фунгіцидів. Внесення фунгіцидів альто супер, амістар екстра та магнелло у фазу ВВСН 37 забезпечує пролонговану дію для захисту від збудників хвороб. Застосування амістар екстра та магнелло сприяло подовженню вегетації посівів, що може зумовлювати зміни в елементному складі зерна пшениці озимої, зокрема сприяти зростанню накопичення низки неорганічних катіонів та аніонів.

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Моргун В.В., Швартау В.В., Киризий Д.А. Физиологические основы формирования высокой продуктивности зерновых злаков. *Физиология и биохимия культ. растений*. 2010. **42**, № 5. С. 371–392.
2. Fedoroff N.V. Food in a future of 10 billion. *Agric. & Food Secur.* 2015. **4**. P. 11.
3. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) website: <http://www.csiro.gov.au> (select: Agribusiness/Field Crops/Field Crops & Australia).
4. Ретьман С.В., Кислих Т.М. Фузариоз колоса. Аналіз змін у патогенному комплексі збудників хвороби. *Карантин і захист рослин*. 2011. № 2. С. 1–3.
5. Ретьман С.В., Шевчук О.В., Горбачева Н.П. Хвороби листя і колоса зернових колосових культур: поширення, розвиток та заходи захисту. *Карантин і захист рослин*. 2011. № 4. С. 25–27.
6. Гагкаева Т.Ю., Дмитриев А.П., Павлюшин В.А. Микробиота зерна — показатель его качества и безопасности. *Защита и карантин растений*. 2012. № 9. С. 14–18.

7. Гагкаева Т.Ю., Гаврилова О.П., Левитин М.М., Новожилов К.В. Фузариоз зерновых культур. Приложение к журналу «Защита и карантин растений». 2011. № 5. 120 с.
8. McMullen M., Halley S., Schatz B., Meyer S., Jordahl J., Ransom J. Integrated strategies for Fusarium head blight management in the United States. *Cereal Res. Commun.* 2008. **36**. P. 563–568.
9. McMullen M.P., Bergstrom G.C., De Wolf E., Dill-Macky R., Hershman D., Shaner G., Van Sanford D. A unified effort to fight an enemy of wheat and barley: Fusarium head blight. *Plant Dis.* 2012. **96**. P. 1712–1728.
10. Швартау В.В., Зозуля О.Л., Михальська Л.М., Санін О.Ю. Фузаріози культурних рослин. Київ: Логос, 2016. 164 с.
11. Cakmak I., Ozkan H., Braun H.J., Welch R.M., Romheld V. Zinc and iron concentrations in seeds of wild, primitive and modern wheats. *Food Nutr. Bull.* 2000. **21**. P. 401–403.
12. Cakmak I. Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification? *Plant and Soil.* 2008. **302**(1). P. 1–17.
13. Rosado J.L., Hambidge K.M., Miller L.V., Garcia O.P., Westcott J., Gonzalez K., Conde J., Hotz C., Pfeiffer W., Ortiz-Monasterio I., Krebs N.F. The quantity of zinc absorbed from wheat in adult women is enhanced by biofortification. *J. Nutr.* 2009. **139**(10). P. 1920–1925.
14. Lyons G., Cakmak I. Agronomic biofortification of food crops with micronutrients. *Fertilizing Crops to Improve Human Health: a Scientific Review. Food and Nutrition Security.* Paris, IFA-IPNI Publ. 2012. **1**. P. 97–122.
15. Yoshida M., Nakajima T., Tonooka T. Effect of nitrogen application at anthesis on Fusarium head blight and mycotoxin accumulation in breadmaking wheat in the western part of Japan. *J. Gen. Plant Pathol.* 2008. **74**. P. 355.
16. Lemmens M., Haim K., Lew H., Ruckebauer P. The Effect of nitrogen fertilization on Fusarium head blight development and deoxynivalenol contamination in wheat. *Journal of Phytopathology.* 2004. **152**(1). P. 1–8.
17. Marin P., Moretti A., Ritieni A., Jurado M., Vázquez C., Gonzalez-Jaen M.T. Phylogenetic analyses and toxigenic profiles of *Fusarium equiseti* and *Fusarium acuminatum* isolated from cereals from Southern Europe. *Food Microbiol.* 2012. **2**. P.229–237. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2012.03.014>
18. Khoshgoftarmansh A.H., Kabiri S., Shariatmadari H., Sharifnabi B., Schulin R. Zinc nutrition effect on the tolerance of wheat genotypes to Fusarium root-rot disease in a solution culture experiment. *Soil Science and Plant Nutrition.* 2010. **56**(2). P. 234–243.
19. Grewal H.S., Graham R.D., Rengel Z. Genotypic variation in zinc efficiency and resistance to crown rot disease (*Fusarium graminearum* Schw. Group 1) in wheat. *Plant Soil.* 1996. **186**. P. 219–226.
20. Sparrow D.H., Graham R.D. Susceptibility of zinc-deficient wheat plants to colonization by *Fusarium graminearum* Schw. Group 1. *Plant Soil.* 1988. **112**. P. 261–266.
21. Gaur R.B., Vaidya P.K. Reduction of root rot of chickpea by soil application of phosphorus and zinc. *International Chickpea Newsletter.* 1983. **9**. P. 17–18.
22. Dordas C. Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development.* Springer Verlag/EDP Sciences/INRA. 2008. **28**(1). P. 33–46.
23. Cakmak I., Kutman B. Agronomic biofortification of cereals with zinc. A review. *Eur. J. Soil Sci.* 2018. **69**. P. 172–180.
24. Masson P., Dalix T., Bussière S. Determination of major and trace elements in plant samples by inductively coupled plasma-mass spectrometry. *Communications in Soil Science and Plant Analysis.* 2010. **41**(3). P. 231–243. <https://doi.org/10.1080/00103620903460757>
25. Bouis H.E., Hotz C., McClafferty B., Meenakshi J.V., Pfeiffer W.H. Biofortification: a new tool to reduce micronutrient malnutrition. *Food Nutr. Bull.* 2011. **32**. P. 31–40.
26. Cubadda F., Baldini M., Carcea M., Pasqui L.A., Raggi A., Stacchini P. Influence of laboratory homogenization procedures on trace element content of food samples: an ICP-MS study on soft and durum wheat. *Food Additives and Contaminants.* 2001. **18**(9). P. 778–787.
27. Gomez-Becerra H.F., Yazici A., Ozturk L., Budak H., Peleg Z., Morgounov A., Fahima T., Saranga Y., Cakmak I. Genetic variation and environmental stability of grain mineral nutrient concentrations in *Triticum dicoccoides* under five environments. *Euphytica.* 2010. **171**. P. 39–52.

28. Hebbern C.A., Pedas P., Schjoerring J.K., Knudsen L., Husted S. Genotypic differences in manganese efficiency: field experiments with winter barley (*Hordeum vulgare* L.). *Plant Soil*. 2005. **272**. P. 233–244.
29. Pokhylko S.Yu., Schwartau V.V., Mykhalska L.M., Dugan O.M., Morgun B.V. ICP-MS analysis of bread wheat carrying the GPC-B1 gene of *Triticum turgidum* ssp. *dicoccoides*. *Biotechnologia Acta*. 2016. **9**, N 5. P. 64–69. <https://doi.org/10.15407/biotech9.05.064>
30. El-Haramein F.J., Grando S. Determination of iron and zinc content in food barley. Ceccarelli S., Grando S. (eds). 2010. Proceedings of the 10th International Barley Genetics Symposium. 5–10 April 2008, Alexandria, Egypt. ICARDA, POBox 5466, Aleppo, Syria. P. 603–606.
31. Persson D.P., Hansen T.H., Laursen K.H., Husted S., Schjoerring J.K. ICP-MS and LC-ICP-MS for analysis of trace element content and speciation in cereal grains. *Plant Metabolomics. Series Methods in Molecular Biology*. 2012. **860**. P. 193–211.
32. Pilon-Smits Elizabeth A.H. Selenium in Plants. Luitge U., Beyschlag W. (eds.). *Progress in Botany. Springer International Publishing Switzerland*. 2015. **76**. P. 93–107.
33. Zhang Y.-J., Zhang X., Chen C.-J., Zhou M.-G., Wang H.-C. Effects of fungicides JS399-19, azoxystrobin, tebuconazole and carbendazim. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 2010. **98**, is. 2. P. 151–157.
34. Van Dingenen J., Antoniou C., Filippou P., Pollier J., Gonzalez Sanchez N., Dhondt S., Goossens A., Fotopoulos V., Inzé D. Strobilurins as growth-promoting compounds: how Strob regulates Arabidopsis leaf growth. *Plant Cell and Environment*. 2017. **40**(9). P. 1748–1760.

Отримано 27.08.2019

REFERENCES

1. Morgun, V.V., Schwartau, V.V. & Kiriziy, D.A. (2010). Physiological fundamentals of grain cereals high productivity forming. *Fiziologiya i biokhimiya kult. rastenii*, 42, No. 5, pp. 371-392 [in Russian].
2. Fedoroff, N. V. (2015). Food in a future of 10 billion. *Agric. & Food Secur.*, 4, p. 11.
3. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) website: <http://www.csiro.gov.au> (select: Agribusiness/Field Crops/Field Crops & Australia).
4. Retman, S.V. & Kislyh, T.M. (2011). Fusariosis of the ear. Analysis of changes in the pathogenic complex of pathogens. *Quarantine and plant protection*, No. 2, pp. 1-3 [in Ukrainian].
5. Retman, S.V., Shevchuk, O.V. & Gorbachev, N.P. (2011). Diseases of the leaves and ear of cereal crops: distribution, development and protection measures. *Quarantine and Plant Protection*, No. 4, pp. 25-27 [in Ukrainian].
6. Gagkayeva, T.Yu., Dmitriev, A.P. & Pavlyushin, V.A. (2012). The grain microbiota is an index of its quality and safety. *Protection and quarantine of plants*, No. 9, pp. 14-18 [in Russian].
7. Gagkaeva, T.Y., GavriloVA, O.P., Levitin, M.M. & Novozhilov, K.V. (2011). Fusariosis of Grain Cultures. Appendix to the journal “Protection and Plant Quarantine”, No. 5, p. 120 [in Russian].
8. McMullen, M., Halley, S., Schatz, B., Meyer, S., Jordahl, J. & Ransom, J. (2008). Integrated strategies for Fusarium head blight management in the United States. *Cereal Res. Commun.*, No. 36, pp. 563-568.
9. McMullen, M.P., Bergstrom, G.C., DeWolf, E., Dill-Macky, R., Hershman, D., Shaner, G. & Van Sanford, D. (2012). A unified effort to fight an enemy of wheat and barley: Fusarium head blight. *Plant Dis.*, No. 96, pp. 1712-1728.
10. Schwartau, V.V., Zozulya, O.L., Mykhalska, L.M. & Sanin, O.Yu. (2016). Fusariosis of plant crops. Kyiv: Logos [in Ukrainian].
11. Cakmak, I., Ozkan, H., Braun, H.J., Welch, R.M. & Romheld, V. (2000). Zinc and iron concentrations in seeds of wild, primitive and modern wheats. *Food Nutr. Bull.*, No. 21, pp. 401-403.
12. Cakmak, I. (2008). Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification? *Plant and Soil*, No. 302(1), pp. 1-17.

13. Rosado, J.L., Hambidge, K.M., Miller, L.V., Garcia, O.P., Westcott, J., Gonzalez, K., Conde, J., Hotz, C., Pfeiffer, W., Ortiz-Monasterio, I. & Krebs, N.F. (2009). The quantity of zinc absorbed from wheat in adult women is enhanced by biofortification. *J. Nutr.*, No. 139(10), pp. 1920-1925.
14. Lyons, G. & Cakmak, I. (2012). Agronomic biofortification of food crops with micronutrients. *Fertilizing Crops to Improve Human Health: a Scientific Review. Food and Nutrition Security*. Paris, IFA-IPNI Publ., No. 1, pp. 97-122.
15. Yoshida, M., Nakajima, T. & Tonooka, T. (2008). Effect of nitrogen application at anthesis on Fusarium head blight and mycotoxin accumulation in breadmaking wheat in the western part of Japan. *J. Gen. Plant Pathol.*, No. 74, p. 355.
16. Lemmens, M., Haim, K., Lew, H. & Ruckebauer, P. (2004). The effect of nitrogen fertilization on Fusarium head blight development and deoxynivalenol contamination in wheat. *Journal of Phytopathology*, No. 152(1), pp. 1-8.
17. Marin, P., Moretti, A., Ritieni, A., Jurado, M., Vazquez, C. & Gonzalez-Jaen, M.T. (2012). Phylogenetic analyses and toxigenic profiles of *Fusarium equiseti* and *Fusarium acuminatum* isolated from cereals from Southern Europe. *Food Microbiol.*, No. 2, pp. 229-237. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2012.03.014>
18. Khoshgoftarmansh, A.H., Kabiri, S., Shariatmadari, H., Sharifnabi, B. & Schulin, R. (2010). Zinc nutrition effect on the tolerance of wheat genotypes to Fusarium root-rot disease in a solution culture experiment. *Soil Science and Plant Nutrition*, No. 56(2), pp. 234-243.
19. Grewal, H.S., Graham, R.D. & Rengel, Z. (1996). Genotypic variation in zinc efficiency and resistance to crown rot disease (*Fusarium graminearum* Schw. Group 1) in wheat. *Plant Soil*, No. 186, pp. 219-226.
20. Sparrow, D. H. & Graham, R. D. (1988). Susceptibility of zinc-deficient wheat plants to colonization by *Fusarium graminearum* Schw. Group 1. *Plant Soil*, No. 112, pp. 261-266.
21. Gaurs, R.B. & Vaidya, P.K. (1983). Reduction of root rot of chickpea by soil application of phosphorus and zinc. *International Chickpea Newsletter*, No. 9, pp. 17-18.
22. Dordas, C. (2008). Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, Springer Verlag/EDP Sciences/INRA, No. 28(1), pp. 33-46.
23. Cakmak, I. & Kutman, B. (2018). Agronomic biofortification of cereals with zinc. *A review. Eur. J. Soil Sci.*, No. 69, pp. 172-180.
24. Masson, P., Dalix, T. & Bussiere, S. (2010). Determination of major and trace elements in plant samples by inductively coupled plasma-mass spectrometry. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, No. 41(3), pp. 231-243. <https://doi.org/10.1080/00103620903460757>
25. Bouis, H.E., Hotz, C., McClafferty, B., Meenakshi, J.V. & Pfeiffer, W. H. (2011). Biofortification: a new tool to reduce micronutrient malnutrition. *Food Nutr. Bull.*, No. 32, pp. 31-40.
26. Cubadda, F., Baldini, M., Carcea, M., Pasqui, L.A., Raggi, A. & Stacchini, P. (2001). Influence of laboratory homogenization procedures on trace element content of food samples: an ICP-MS study on soft and durum wheat. *Food Additives and Contaminants*, 18, No. 9, pp. 778-787.
27. Gomez-Becerra, H.F., Yazici, A., Ozturk, L., Budak, H., Peleg, Z., Morgounov, A., Fahima, T., Saranga, Y. & Cakmak, I. (2010). Genetic variation and environmental stability of grain mineral nutrient concentrations in *Triticum dicoccoides* under five environments. *Euphytica*, No. 171, pp. 39-52.
28. Hebborn, C.A., Pedas, P., Schjoerring, J.K., Knudsen, L. & Husted, S. (2005). Genotypic differences in manganese efficiency: field experiments with winter barley (*Hordeum vulgare* L.). *Plant Soil*, No. 272, pp. 233-244.
29. Pokhylko, S.Yu., Schwartau, V.V., Mykhalska, L.M., Dugan, O.M. & Morgun, B.V. (2016). ICP-MS analysis of bread wheat carrying the GPC-B1 gene of *Triticum turgidum* ssp. *dicoccoides*. *Biotechnologia Acta*, No. 9(5), pp. 64-69. <https://doi.org/10.15407/biotech9.05.064>
30. El-Haramein, F.J. & Grando, S. Determination of iron and zinc content in food barley. Ceccarelli, S. & Grando, S. (eds). (2010). *Proceedings of the 10th International Barley*

- Genetics Symposium. 5–10 April 2008, Alexandria, Egypt. ICARDA, POBox 5466, Aleppo, Syria, pp. 603-606.
31. Persson, D.P., Hansen, T.H., Laursen, K.H., Husted, S. & Schjoerring, J.K. (2012). ICP-MS and LC-ICP-MS for analysis of trace element content and speciation in cereal grains. *Plant Metabolomics*, series Methods in Molecular Biology, No. 860, pp. 193-211.
 32. Pilon-Smits Elizabeth, A.H. (2015). *Selenium in Plants*. Liittge, U., Beyschlag, W. (eds.). Progress in Botany. Springer International Publishing Switzerland, No. 76, pp. 93-107.
 33. Zhang, Y.-J., Zhang, X., Chen, C.-J., Zhou, M.-G. & Wang, H.-C. (2010). Effects of fungicides JS399-19, azoxystrobin, tebuconazole and carbendazim. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 98, is. 2, pp. 151-157.
 34. Van Dingenen, J., Antoniou, C., Filippou, P., Pollier, J., Gonzalez Sanchez, N., Dhondt, S., Goossens, A., Fotopoulos, V. & Inze, D. (2017). Strobilurins as growth-promoting compounds: how Strobly regulates Arabidopsis leaf growth. *Plant Cell and Environment*, 40(9), pp. 1748-1760.

Received 27.08.2019

СОДЕРЖАНИЕ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЗЕРНЕ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ ПРИ КОНТРОЛИРОВАНИИ ФУЗАРИОЗА

Л.Н. Михальская, В.В. Швартау, А.Ю. Санин, В.О. Третьяков

Институт физиологии растений и генетики Национальной академии наук Украины, Киев

Исследовано влияние современных фунгицидов классов триазолов, стробилуринов, а также удобрений, содержащих микроэлементы и аминокислоты, на накопление макро- и микроэлементов в зерне высокопродуктивных сортов пшеницы озимой. Содержание неорганических элементов в образцах зерна определяли на масс-спектрометрах с индуктивно связанной плазмой ICP-MS «Agilent 7700×» и «Agilent 7500» с использованием ICP-MS Mass Hunter Work Station. Установлено, что применение удобрений на основе комплекса микроэлементов (брексил микс) и на основе гидролизатов водорослей (содержащих аминокислоты) — мегафол во внекорневых обработках существенно не влияет на элементный состав зерна пшеницы озимой сортов Смуглянка и Подолянка. Выявлено, что внесение фунгицидов алто супер, амистар экстра и магнелло в фазу ВВСН 37 обеспечивает наибольшее пролонгированное действие для защиты от возбудителей болезней. Применение амистар экстра и магнелло способствовало удлинению вегетации посевов, что может обуславливать изменения в элементном составе зерна пшеницы озимой.

Ключевые слова: *Triticum aestivum* L., *Fusarium*, ICP-MS, фунгициды, неорганические элементы, эффективность.

CONTENT OF INORGANIC ELEMENTS IN WINTER WHEAT GRAIN WHEN CONTROLLING FUSARIUM

L.M. Mykhalska, V.V. Schwartau, O.Yu. Sanin, V.O. Tretiyakov

Institute of Plant Physiology and Genetics, National Academy of Sciences of Ukraine
31/17 Vasylkivska St., Kyiv, 03022, Ukraine
e-mail: victorschwartau@gmail.com

The influence of modern fungicides of triazole and strobilurin classes, as well as fertilizers containing microelements and amino acids on the accumulation of macro- and microelements in the grain of highly productive varieties of winter wheat has been studied.

Determination of inorganic elements content in grain samples was carried out on mass spectrometers with inductively coupled plasma ICP-MS «Agilent 7700×» and «Agilent 7500» using ICP-MS Mass Hunter Work Station. It has been established that the application of fertilizers based on the complex of microelements (Brexil Mix) and on algae hydrolyzates (which contain amino acids) — Megafol, in foliar treatments, does not significantly affect the grain elemental composition of winter wheat varieties Smuglyanka and Podolyanka. It has been revealed that the application of fungicides Alto Super, Amistar Extra and Magnello in the phase of BBCH 37 provides the greatest prolonged protective action against pathogens. The use of Amistar Extra and Magnello contributed to the elongation of crops vegetation, which may cause changes in the elemental composition of winter wheat.

Key words: *Triticum aestivum* L., *Fusarium*, ICP-MS, fungicides, inorganic elements, effectiveness.