

<https://doi.org/10.15407/frg2022.04.328>

УДК 581.1:632:633.1

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАХИСТУ ВІД ФУЗАРІОЗУ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА ВПЛИВУ КОМПОЗИЦІЇ ФУНГІЦИДІВ З ЕЛЕМЕНТАМИ ЖИВЛЕННЯ

О.Ю. САНИН, Т.І. МАКОВЕЙЧУК, В.О. ТРЕТЯКОВ, Л.М. МИХАЛЬСЬКА

*Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук України
03022 Київ 22, вул. Васильківська, 31/17
e-mail: Mykhalskaya_L@ukr.net*

В умовах польових дослідів 2019—2021 рр. на посівах пшениці озимої сортів Новосмуглянка та Подолянка вивчали вплив фунгіциду амістар екстра 280 SC, к.с. окремо та в композиції з додаванням елементів живлення (біфоліар мікромакс (рН 5,0—7,0)) за різного рівня рН на ефективність контролювання фузаріозу колоса та продуктивність культури. Рідке добриво біфоліар ОПТІ рН (рН 2,0), що має властивості буфера, використовували для підкислення робочого розчину. Внесення фунгіциду амістар екстра статистично достовірно контролювало у фазу цвітіння захворюваність фузаріозом колоса. Обробка рослин композицією фунгіциду з елементами живлення (біфоліар мікромакс, 0,6 л/га) з додаванням біфоліару ОПТІ рН (рН робочого розчину 5,5) знижувала рівень ураження пшениці озимої фузаріозом колоса на обох сортах пшениці. Внесення фунгіциду амістар екстра за рН 6,5—7,0 сприяло підвищенню у фазу цвітіння накопичення хлорофілу у прапорцевих листках рослин пшениці на 4,1—4,7 ум. од. SPAD. Додавання біфоліару ОПТІ рН до фунгіциду (рН 5,5) збільшувало вміст хлорофілу на 10—11 % (на 4,6—5,2 ум. од. SPAD) порівняно з контролем. Позакоренева обробка рослин розчином елементів живлення біфоліар мікромакс 0,6 л/га окремо та з додаванням біфоліару ОПТІ рН, а також у поєднанні з фунгіцидом сприяла підвищенню вмісту хлорофілу в прапорцевих листках пшениці озимої сорту Подолянка на 4,6—6,3 ум. од. SPAD (9,9—13,5 %), а у сорту Новосмуглянка — на 4,5—6,6 ум. од. (9,6—14 %) щодо необробленого контролю. Застосування на пшениці озимій композиції амістар екстра + біфоліар мікромакс, 0,6 л/га + біфоліар ОПТІ рН (рН 5,5) збільшувало показники маси 1000 насінин і було ефективнішим, ніж за використання добрив без фунгіциду і регулювання рН. Маса 1000 зерен за обробки цією композицією становила 51,7—52,3 г, тоді як у контролі — 44,1—44,2 г. Обробка посівів пшениці озимої обох сортів композиціями фунгіциду з добривами: амістар екстра + біфоліар мікромакс, 0,6 л/га (рН 6,5—7,0); амістар екстра + біфоліар ОПТІ рН (рН 5,5); та амістар екстра + біфоліар мікромакс, 0,6 л/га + біфоліар ОПТІ рН (рН 5,5) сприяла зростанню врожайності посіву сорту Подолянка на 11,4—17,2 % (7,1—10,7 ц/га) і на 12,9—17,9 % (7,8—10,8 ц/га) сорту Новосмуглянка, порівняно з контролем без обробки. Застосування біфоліару мікромакс, 0,6 л/га на пшениці децю збільшувало прирост урожаю — на 1,7—1,8 ц/га (2,7—3,0 %), а з додаванням біфоліару ОПТІ рН — на 3,4—4,1 ц/га (5,6—6,6 %). Застосування фунгіциду на рослинах пшениці підвищувало її вро-

Цитування: Санін О.Ю., Маквейчук Т.І., Третяков В.О., Михальська Л.М. Ефективність захисту від фузаріозу та продуктивність пшениці озимої за впливу композицій фунгіцидів з елементами живлення. *Фізіологія рослин і генетика*. 2022. 54, № 4. С. 328—339. <https://doi.org/10.15407/frg2022.04.328>

жайність на 3,7—4,9 ц/га (6,1—7,9 %) порівняно з контролем без обробки. Зроблено висновок, що застосування композиції азолу та стробілурину з добривами підвищує ефективність контролю фузаріозу колоса й продуктивність посівів сортів Новосмуглянка і Подолянка, а рН робочого розчину є важливим чинником щодо підвищення ефективності захисту від хвороби.

Ключові слова: *Triticum aestivum* L., *Fusarium* spp., фунгіциди, елементи живлення, рН розчину.

Головним чинником збільшення обсягу виробництва озимої пшениці є впровадження її високопродуктивних сортів разом із відповідними інноваційними технологіями вирощування [1—3].

В останні роки фузаріози є одними з найшкочинніших хвороб зернових колосових культур. Значна розповсюдженість та відсутність вузької спеціалізації в ураженні рослин-господарів, наявність в ґрунті й на рослинних рештках, а також сильні міграційні процеси інокулюму на далекі відстані зумовлюють постійну наявність в агрофітоценозах культурних рослин, зокрема зернових колосових культур, грибів різних видів роду *Fusarium*, що спричинюють виникнення корневих гнилей і хвороб вегетативних та генеративних органів рослин [4].

Погодні умови, такі як тепло та волога у період цвітіння—молочної стиглості зерна, значною мірою впливають на розвиток ураження фузаріозом колоса. Зволоження у цей період визначає рівень розвитку і поширення хвороби. Залежно від кількості опадів і температурного режиму, видовий склад грибів може змінюватись. Невелика кількість опадів може сприяти розвитку переважно *F. poae* у посівах зернових, а за значного рівня — *F. graminearum*. В посушливі роки діагностування фузаріозу колоса буває ускладненим [4].

Одним із важелів підвищення стійкості рослин та стримування розвитку захворювань пшениці, є застосування фунгіцидів у композиціях з добривами [5]. При цьому рН робочих розчинів композицій може впливати на ефективність агрохімікатів [6].

Показник рН більшості природних вод, які використовують для приготування робочих розчинів, близький до нейтрального — 6,8—7,3, рН річкової води, залежно від регіону, коливається в межах 6,5—8,5, атмосферних опадів — 4,6—6,1, болотної води — 5,5—6,0 [7]. Упродовж сезону рН води з природних джерел може змінюватись. Влітку величина рН більшості річкових вод становить 7,4—8,2, а взимку — 6,2—7,4, оскільки концентрація іонів H^+ змінюється протягом сезону і може залежати від місцезнаходження водозбірного басейну [8].

Згідно із затвердженими Державними санітарними нормами та правилами (2.2.4-171-10) «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», рН питної водопровідної води має відповідати значенням 6,5—8,5.

Величина рН води є критичним чинником прояву ефективності багатьох пестицидів і регуляторів росту. Багато препаратів найкраще проявляють свої властивості під час змішування з підкисленою во-

дою, тоді як деякі — за нейтрального або лужного рН. Значна кількість пестицидів чутлива до лужного гідролізу (руйнування в лужному середовищі за $\text{pH} > 7-8$). Лужний гідроліз спричиняє розпад активних речовин препарату, знижуючи при цьому його ефективність, тому не рекомендують залишати готові робочі розчини для обробки на тривалий час, до наступного дня і більше. На фізичні властивості та стабільність деяких хімічних сполук може впливати й кислий рН (гербициди на основі сульфонілсечовин краще діють за слаболужної реакції). Пестициди класів органофосфатів, синтетичних піретроїдів, карбаматів, хлорованих вуглеводнів, регулятор росту етефон тощо гідролізуються за рН вище 7. Швидкість та інтенсивність реакції визначаються чутливістю пестициду до гідролізу, тривалістю контакту пестициду з водою ($\text{pH} > 7$) і температурою робочої суміші.

Для більшості пестицидів оптимальним показником рН є слабокислий — від 4,5 до 6,5, який може забезпечити високу ефективність позакореневого підживлення і засвоєння органічних й неорганічних елементів. Деякі гербициди, фунгіциди (флудіоксоніл, беноміл та ін.), піретроїди й ряд інших інсектицидів, більшість карбаматів і органофосфатів чутливі до лужного гідролізу. Період напіврозпаду окремих органофосфатів за рН 4—7 може становити від 12 до 24 год, а за рН 7,5 і вище — істотно скорочується (до 20 хв) [6, 9—10].

Величина рН робочих розчинів також впливає на надходження елементів живлення до рослин. Часто солі для позакореневої обробки, що розчиняються в чистій воді, змінюють рН робочого розчину, а деякі компоненти розчину можуть мати екстремальні значення рН і, відповідно, впливати на процес поглинання пестицидів та елементів живлення рослинами. Наприклад, водні розчини більшості солей Fe (III) дуже кислі, тоді як розчини CaCl_2 мають лужні значення рН. Відхилення від оптимальних значень (рН 5,5—6,5) у будь-який бік може мати негативні наслідки для ефективності обробки та для рослин. Так, за нейтрального та слабкокислого рН (5—6,5) важлива для рослин мідь доступна, а за рН 8 — активність катіону істотно знижується. Розчин з рН 4,0—5,5 уповільнює процеси засвоєння рослиною фосфору й азоту, молібдену, кальцію, сірки та магнію. Кисле середовище сприяє швидшому засвоєнню заліза [11], алюмінію, цинку та марганцю, але їх надлишок для рослини може бути токсичним і спричиняти порушення метаболічних процесів. Деякі мембранні іонні канали і транспортери можуть регулюватися зовнішнім рН [12]. Нерозчинні сполуки (у формі гідроксидів тощо) більшості мікроелементів, таких як марганець, залізо, мідь, цинк і бор, утворюються за слаболужного рН (7,5—8,5) розчину і стають менш доступними для рослин. Через високі рН та осмотичний потенціал розчини для позакореневих обробок можуть бути фітотоксичними і мати негативний вплив на важливі фізіологічні процеси, такі як фотосинтез чи відкриття продихів [9—11]. Недостатня кількість елементів живлення інгібує ріст і розвиток рослин та спричинює втрати врожаю. Застосування розчинів із незбалансованим рН може призвести також до появи опіків, пригнічення росту чи відмирання тканин листків, стебел, репродуктивних органів.

Для збалансування рН застосовують підкислення робочих розчинів кондиціонерами, ад'ювантами, спеціальними підкислювачами на основі лимонної, оцтової чи ортофосфорної кислоти, або добривами з кислою реакцією. Вони також виконують роль буфера, регулюють і стабілізують рН розчину, змінюючи його властивості без впливу на ефективність препарату для обробки рослин. Проте ефективність їх застосування дискутується [13].

Фунгіциди — похідні азолів та стробілуринів широко застосовуються у зерновиробництві проти широкого спектра хвороб. Тому метою нашої роботи було дослідження впливу композиції сучасного фунгіциду амістар екстра 280 SC, к. с. (80 г/л ципроконазол + 200 г/л азоксистробін), 0,7 л/га (Syngenta, Швейцарія/Китай) та елементів живлення за різного рівня рН на рослини пшениці озимої. Для підкислення робочого розчину використовували нове рідке добриво біфоліар ОПТІ рН, яке має кислу реакцію розчину (рН 2,0) та властивості буфера.

Методика

Полеві дослідження проводили у Дослідному сільськогосподарському виробництві (ДСВ) Інституту фізіології рослин і генетики НАН України (ІФРГ) (сmt Глеваха, Київська обл.) на пшениці озимій (*Triticum aestivum* L.) сортів Новосмуглянка (короткостебловий, високоінтенсивний) та Подолянка (середньорослий, пластичний, інтенсивний) протягом вегетаційних сезонів 2019—2021 рр.

Погодно-кліматичні умови осінньої вегетації періоду 2019—2020 рр. були несприятливими для розвитку зернових культур через зниження кількості опадів на 34 %, внаслідок чого були отримані ослаблені сходи озимини. Тепла зима сприяла перезимівлі сапрофітів на рослинних рештках та у верхньому шарі ґрунту. Коливання температур навесні були небезпечними для виходу рослин озимих культур зі стану зимового спокою. Температура повітря у період закладання репродуктивних органів була нижчою, а під час наливу зерна — на 3,1 °C вищою за кліматичну норму. Період відновлення вегетації характеризувався зниженою нормою опадів, а в другій декаді травня спостерігалось різке підвищення температури та інтенсивне зволоження, яке перевищувало норму вдвічі. У червні утримувалась дуже тепла погода, з опадами різної інтенсивності, разом з грозами та шквалами, місцями з градом.

Середньорічна температура у 2021 р. була нижчою порівняно з 2019 та 2020 рр. Зимовий період відзначався значною кількістю опадів у вигляді снігу, дощу та снігу з дощем. Літній період був багатий на опади, що дало змогу сільськогосподарським культурам сформувати досить високу врожайність. Стійке підвищення температури повітря спостерігалось в усі сезони, і лише квітень та травень відзначилися дещо прохолоднішою погодою, а кількість опадів у весняний період була достатньою для нормального розвитку рослин. У період наливання зерна, у червні, температура повітря на 2,8 °C перевищувала кліматичну норму, а забезпечення рослин вологою знизилось на 29 %. В наступні літні місяці спостерігались часті опади з грозами

й шквалами та тепла погода. Загалом достатнє вологозабезпечення у вегетаційний період 2020—2021 рр. сприяло оптимальному росту й розвитку рослин пшениці.

Рослини вирощували на дерновому слабо- та середньопідзолисто- неоглеєному й глеюватому супіщаному ґрунті. Ґрунти типові для зони Полісся та характеризуються низьким рівнем родючості [14]. Облікова площа кожної ділянки — 10 м², повторність — 4-разова.

Посіви пшениці озимої обох сортів обробляли фунгіцидом одноразово навесні у фазу ВВСН 37: амістар екстра 280 SC, к.с. (80 г/л ципроконазол + 200 г/л азоксистробін), 0,7 л/га (Syngenta, Швейцарія/Китай), комплексом макро- та мікроелементів — біфоліар мікромакс (N — 10 %; P₂O₅ — 14; SO₂ — 2; B — 0,01; Cu — 2,39; Fe — 0,01; Mn — 1,43; Mo — 0,48; Zn — 2,3 %; органічні речовини — 3,0 %; рН 5—7) у дозі 0,6 л/га та регулятором рН робочих розчинів біфоліар® ОПТІ рН, 200 мл/га (N — 2,96, P₂O₅ — 16,87 %; рН 2,0) (ТОВ «Агронта», Україна). Контролем слугували рослини, необроблені робочими розчинами. Величина рН робочого розчину — 6,5—7,0. Норма витрати робочої рідини 200 л/га. Визначення реакції рН розчинів у польових умовах проводили за допомогою портативного рН-метра EZODO MP-103 з виносним електродом РУ41 та термодатчиком (Тайвань).

Аналіз ураження фузаріозом колоса та визначення вмісту хлорофілу в прапорцевих листках проводили у фазу ВВСН 61. Облік хвороб виконували за поширеністю рівня розвитку ураження колоса рослин у відсотках за загальноприйнятою методикою [4, 5]. Вміст хлорофілу в листках пшениці озимої вимірювали за допомогою польового хлорофіломіру SPAD-502 (Konica Minolta, Японія) [15, 16]. Показники структури врожаю визначали у фазу повної стиглості зерна.

Результати оброблено статистично з використанням програми Microsoft Excel 2019 з StatPlus від AnalystSoft Inc., Version v. 7 (<https://www.analystsoft.com/en/>). В таблицях наведено середньарифметичні значення та їх стандартні похибки.

Результати та обговорення

На посівах пшениці озимої сортів Подолянка і Новосмуглянка встановлено, що рослини з контрольних ділянок (без обробки) у період 2019—2020 рр. в середньому були ураженні фузаріозом колоса на рівні 8 %, тоді як у 2021 році ступінь захворюваності був на рівні 38—42 % (табл. 1).

Відомо, що за забезпечення рослин необхідними елементами живлення знижуються рівні ураження рослин пшениці збудниками фузаріозу [5]. Позакореневе внесення елементів живлення у формі добрива біфоліар мікромакс (0,6 л/га) зумовило зниження ураження рослин пшениці фузаріозом колоса до 4—5 % (20—27 %), а за додавання до цього розчину біфоліару ОПТІ рН спостерігали тенденцію до подальшого зниження рівнів ураження фузаріозом, до 3—4 % (15—21 %).

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАХИСТУ ВІД ФУЗАРІОЗУ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПШЕНИЦІ

ТАБЛИЦЯ 1. Вплив добрив та фунгіциду на захворювання фузаріозом колоса рослин пшениці озимої (ДСВ ІФРГ НАН України, усереднені дані за 2019–2020/2021 рр.)

Варіант	рН розчину	Рівень ураження фузаріозом, %			
		Новосмулянка		Подольанка	
		2019–2020	2021	2019–2020	2021
Контроль (природний фон)	6,5–8,5	8,0±3,8 ^a	42,2±20,2 ^a	8,0±3,8 ^a	38,2±18,3
Біфоліар мікромакс, 0,6 л/га	5,0–7,0	5,2±2,4 ^b	27,0±12,9 ^b	4,2±1,9 ^b	20,2±9,7 ^b
Біфоліар мікромакс, 0,6 л/га + + біфоліар ОПТІ рН, 0,6 л/га	5,5	4,0±1,9 ^b	21,2±10,1 ^b	3,3±1,4 ^b	15,2±7,3 ^b
Амістар екстра, 0,7 л/га	6,5–7,0	2,2±0,1 ^{бв}	10,0±4,8 ^b	3,0±1,4 ^b	9,2±4,3 ^b
Амістар екстра, 0,7 л/га + + біфоліар ОПТІ рН, 0,6 л/га	5,5	2,3±0,1 ^{бв}	10,2±4,9 ^b	2,2±0,1 ^{бв}	9,2±4,3 ^b
Амістар екстра, 0,7 л/га + + біфоліар мікромакс, 0,6 л/га	6,5–7,0	1,2±0,1 ^б	5,2±2,4 ^{бв}	1,0±0,1 ^б	5,2±2,4 ^{бв}
Амістар екстра, 0,7 л/га + + біфоліар мікромакс, 0,6 л/га + + біфоліар ОПТІ рН, 0,6 л/га	5,5	1,0±0,1 ^б	5,0±2,4 ^{бв}	1,0±0,1 ^б	5,0±2,4 ^{бв}
НІР _{0,05}		2,5	13,7	2,4	11,7

Примітка. Тут і в табл. 2–5 однаковими літерами позначено варіанти без статистично значущих відмінностей за $p < 0,05$.

За внесення фунгіциду амістар екстра у дозі 0,7 л/га (рН 6,5–7,0) у фазу цвітіння відзначено статистично достовірне поліпшення рівнів контролювання наявних у ценозі та на контрольних ділянках збудників фузаріозу колоса до 2–3 % (9–10 %). Додавання біфоліару ОПТІ рН до розчину фунгіциду і комплексу мікро- та макроелементів (біфоліар мікромакс) (рН 5,5) сприяло зниженню рівня ураження пшениці озимої фузаріозом колоса до 1 % (5 %) на обох сортах пшениці, як на короткостебловому, так і на середньорослому.

Таким чином, зниження рН (підкислення) робочого розчину фунгіциду з добривами при додаванні біфоліару ОПТІ було чинником, який сприяв підвищенню ефективності захисту рослин від фузаріозу колоса.

Вміст пігментів у фотосинтетичних тканинах є важливим показником стану рослин. Основну роль у фотосинтезі рослин, як відомо, відіграють пігментні системи, що виконують функції первинних акцепторів світлової енергії, яка далі перетворюється у хімічну. Кількість хлорофілу визначає потенційні можливості фотосинтетичного апарату в формуванні загальної біологічної продуктивності рослин.

Відомо, що фунгіциди здатні уповільнювати деградацію хлорофілу й білків у листках рослин, сприяючи подовженню фотосинтезу та використанню рослинами більшої кількості елементів живлення як протягом вегетації, так і в пізній фазі розвитку [17]. За внесення фунгіциду амістар екстра (рН 6,5–7,0) спостерігали поліпшення розвитку пшениці озимої у фазу цвітіння та зростання рівнів накопичення хлорофілу (SPAD-індекс) у прапорцевих листках рослин на 4,1–4,7 ум. од. щодо варіанта без обробки (до 51,2–51,3 ум. од. SPAD). Додавання біфоліару ОПТІ рН до розчину фунгіциду (рН 5,5) спри-

яло збільшенню вмісту хлорофілу в прапорцевих листках рослин пшениці на 4,6–5,2 ум. од. SPAD (9,8–11,2 %) порівняно з контролем (табл. 2).

Позакоренева обробка рослин пшениці озимої комплексом елементів живлення біфоліар мікромакс (0,6 л/га) окремо і з додаванням біфоліару ОПТІ рН та у поєднанні в композиції з фунгіцидом амістар екстра сприяла підвищенню вмісту хлорофілу в прапорцевих листках пшениці озимої сорту Подолянка на 4,6–6,3 ум. од. SPAD (9,9–13,5 %), а у сорту Новосмуглянка — на 4,5–6,6 ум. од. SPAD (9,6–14,0 %) щодо необробленого контролю.

Нами встановлено, що позакореневе внесення досліджуваних розчинів на пшениці озимій обох сортів у фазу ВВСН 37 привело до збільшення висоти головного пагона, довжини колоса, кількості колосків та насінин у ньому, а також маси 1000 зерен (табл. 3, 4).

Показник маси 1000 зерен є важливою характеристикою продуктивності й залежить як від погодних умов, так і від інтенсивності фотосинтезу, а також від рівня шкодочинності хвороб рослин у посіві. Найбільшу масу 1000 зерен утворюють рослини, вирощені за сприятливих метеорологічних умов упродовж періоду наливання й досягання зерна. За однакової кількості стебел і озерненості колоса зазвичай врожай вищий там, де більша маса 1000 зерен [2, 18].

Застосування на рослинах пшениці озимої обох сортів фунгіциду з добривами амістар екстра + біфоліар ОПТІ рН (рН 5,5); амістар екстра + біфоліар мікромакс, 0,6 л/га (рН 6,5–7,0) та амістар екстра + біфоліар мікромакс, 0,6 л/га + біфоліар ОПТІ рН (рН 5,5) позитивно впливало на формування зернівок (за рахунок поєднання високого рівня фунгіцидної активності, та, вочевидь, покращення умов живлення) і врожайність. Маса 1000 зерен у досліджуваних варіантах була більшою на 5,8–7,6 г (13–17 %) у сорту Подолянка та на 6,9–8,1 г (15,6–18 %) у сорту Новосмуглянка, а врожайність

ТАБЛИЦЯ 2. Вміст хлорофілу в прапорцевих листках пшениці озимої (ДСВ ІФРГ НАН України, усереднені дані за 2019–2021 рр.)

Варіант	рН розчину	Вміст хлорофілу, ум. од. SPAD	
		Новосмуглянка	Подолянка
Контроль (природний фон)	6,5–8,5	47,1±1,9 ^a	46,6±1,9 ^a
Біфоліар мікромакс, 0,6 л/га	5,0–7,0	51,6±1,9 ^a	51,2±1,9 ^a
Біфоліар мікромакс, 0,6 л/га + біфоліар ОПТІ рН, 0,6 л/га	5,5	52,5±1,8 ^b	52,0±1,8 ^b
Амістар екстра, 0,7 л/га	6,5–7,0	51,2±1,8 ^a	51,3±1,8 ^a
Амістар екстра, 0,7 л/га + біфоліар ОПТІ рН, 0,6 л/га	5,5	51,7±1,8 ^a	51,8±1,9 ^a
Амістар екстра, 0,7 л/га + біфоліар мікромакс, 0,6 л/га	6,5–7,0	52,7±1,9 ^b	52,2±1,8 ^b
Амістар екстра, 0,7 л/га + біфоліар мікромакс, 0,6 л/га + біфоліар ОПТІ рН, 0,6 л/га	5,5	53,7±1,8 ^b	52,9±1,8 ^b
НІР _{0,05}		2,1	2,1

ТАБЛИЦЯ 3. Структурний аналіз пшениці озимої сорту Новосмелянка (ДСВ ІФРГ НАН України, усереднені дані за 2019–2020 рр.)

Варіант	рН розчину	Продуктивні стебла, шт.	Висота рослини, см	Довжина колоса, см	Кількість колосків, шт.	Маса зерен з колоса, г	Кількість зерен, г	Маса 1000 зерен, г
Контроль (природний фон)	6,5–8,5	2,0±0,1 ^a	101,4±4,8 ^a	8,5±0,4 ^a	17,0±0,8 ^a	1,8±0,1 ^a	41,0±2,0 ^a	44,2±2,1 ^a
Біфоліар мікромакс, 0,6 л/га	5,0–7,0	2,0±0,1 ^a	106,5±4,9 ^a	8,9±0,4 ^a	17,0±0,8 ^a	2,1±0,1 ^b	43,0±2,0 ^b	47,1±2,4 ^a
Біфоліар мікромакс, 0,6 л/га + біфоліар ОППІ рН, 0,6 л/га	5,5	2,0±0,1 ^a	103,0±4,8 ^a	9,0±0,4 ^a	17,0±0,8 ^a	2,2±0,1 ^b	44,0±2,1 ^b	48,0±2,4 ^a
Амістар екстра, 0,7 л/га	6,5–7,0	3,0±0,2 ^b	102,0±4,9 ^a	9,0±0,4 ^a	18,0±0,9 ^b	1,9±0,1 ^a	43,0±2,1 ^b	49,5±2,5 ^b
Амістар екстра, 0,7 л/га + біфоліар ОППІ рН, 0,6 л/га	5,5	3,0±0,1 ^b	106,0±4,9 ^a	9,5±0,4 ^a	19,0±0,9 ^b	2,2±0,1 ^b	47,0±2,3 ^b	51,6±2,6 ^b
Амістар екстра, 0,7 л/га + біфоліар мікромакс, 0,6 л/га	6,5–7,0	3,0±0,1 ^b	103,0±4,4 ^a	9,5±0,4 ^b	18,0±0,8 ^b	2,2±0,1 ^b	47,0±2,3 ^b	51,1±2,6 ^b
Амістар екстра, 0,7 л/га + біфоліар мікромакс, 0,6 л/га + біфоліар ОППІ рН, 0,6 л/га	5,5	3,0±0,1 ^b	108,0±4,9 ^{ab}	10,5±0,5 ^{ab}	20,0±0,9 ^{ab}	2,7±0,1 ^{ab}	51,0±2,5 ^{ab}	52,3±2,6 ^b
НП _{0,05}		0,5	2,5	0,6	1,2	0,3	3,3	2,2

ТАБЛИЦЯ 4. Структурний аналіз пшениці озимої сорту Іюдовика (ДСВ ІФРГ НАН України, усереднені дані за 2019–2020 рр.)

Варіант	рН розчину	Продуктивні стебла, шт.	Висота рослини, см	Довжина колоса, см	Кількість колосків, шт.	Маса зерен з колоса, г	Кількість зерен, г	Маса 1000 зерен, г
Контроль (природний фон)	6,5–8,5	2,0±0,1 ^a	108,0±5,2 ^a	8,5±0,4 ^a	18,0±0,9 ^a	1,7±0,1 ^a	34,0±1,6 ^a	44,1±2,2 ^a
Біфоліар мікромакс, 0,6 л/га	5,0–7,0	2,0±0,1 ^a	108,5±5,2 ^a	9,0±0,5 ^a	19,0±0,9 ^a	1,8±0,1 ^a	36,8±1,7 ^b	46,9±2,3 ^a
Біфоліар мікромакс, 0,6 л/га + біфоліар ОППІ рН, 0,6 л/га	5,5	3,0±0,1 ^b	109,5±5,1 ^a	9,5±0,5 ^b	19,0±0,9 ^a	2,0±0,1 ^b	41,0±2,0 ^b	47,6±2,4 ^a
Амістар екстра, 0,7 л/га	6,5–7,0	3,0±0,1 ^b	112,0±5,2 ^a	10,5±0,5 ^{ab}	19,0±0,9 ^a	2,3±0,1 ^b	43,9±2,1 ^c	49,3±2,5 ^b
Амістар екстра, 0,7 л/га + біфоліар ОППІ рН, 0,6 л/га	5,5	3,0±0,1 ^b	113,5±5,3 ^a	10,5±0,5 ^{ab}	20,0±1,0	2,3±0,1 ^b	44,0±2,1 ^c	51,4±2,6 ^b
Амістар екстра, 0,7 л/га + біфоліар мікромакс, 0,6 л/га	6,5–7,0	3,0±0,1 ^b	113,0±5,3 ^a	10,5±0,5 ^{ab}	19,0±0,9 ^a	2,1±0,1 ^b	43,2±2,1 ^c	49,9±2,5 ^b
Амістар екстра, 0,7 л/га + біфоліар мікромакс, 0,6 л/га + біфоліар ОППІ рН, 0,6 л/га	5,5	3,0±0,1 ^b	114,0±5,4 ^{ab}	10,5±0,5 ^{ab}	20,0±1,0 ^b	2,6±0,2 ^c	45,8±2,2 ^c	51,7±2,6 ^b
НП _{0,05}		0,45	2,2	0,9	0,7	0,3	4,3	2,7

ТАБЛИЦЯ 5. Врожайність (ц/га) пшениці озимої за впливу добрив та фунгіциду (ДСВ ІФРГ НАН України, усереднені дані за 2019–2020 та за 2021 рр.)

Варіант	рН розчину	Новосмуглянка		Подільнянка	
		Врожайність, ц/га	Прибавка врожаю, %	Врожайність, ц/га	Прибавка врожаю, %
Контроль (природний фон)	6,5–8,5	60,5 ^а /74,0 ^а	—	62,1 ^а /71,1 ^а	—
Біфоліар мікромакс, 0,6 л/га	5,0–7,0	62,3 ^а /76,2 ^а	+3,0/+3,0	63,8 ^а /73,0 ^а	+2,7/+2,7
Біфоліар мікромакс, 0,6 л/га + біфоліар ОПТІ рН, 0,6 л/га	5,5	63,9 ^а /77,7 ^а	+5,6/+5,0	66,2 ^а /75,8 ^б	+6,6/+6,6
Амістар екстра, 0,7 л/га	6,5–7,0	64,2 ^б /78,4 ^а	+6,1/+5,9	67,0 ^б /76,7 ^б	+7,9/+7,9
Амістар екстра, 0,7 л/га + біфоліар ОПТІ рН, 0,6 л/га	5,5	68,5 ^б /83,6 ^б	+13,2/+13,0	69,3 ^б /79,3 ^б	+11,6/+11,5
Амістар екстра, 0,7 л/га + біфоліар мікромакс, 0,6 л/га	6,5–7,0	68,3 ^б /82,8 ^б	+12,9/+11,9	69,2 ^б /79,2 ^б	+11,4/+11,4
Амістар екстра, 0,7 л/га + біфоліар мікромакс, 0,6 л/га + біфоліар ОПТІ рН, 0,6 л/га	5,5	71,3 ^б /86,5 ^б	+17,9/+16,9	72,8 ^{бв} /83,4 ^в	+17,2/+17,2
НІР _{0,05}		3,9/4,7	—	3,6/4,1	—

Примітка. Перше число перед скісною рисою — усереднені дані врожайності у 2019–2020 рр., друге — 2021 р.

(2019–2020/2021 рр.) зростала відповідно на 11,4–17,2 % (7,1–10,7 ц/га)/(8,1–12,3 ц/га) та на 12,9–17,9 % (7,8–10,8 ц/га)/11,9–16,9 % (8,8–12,5 ц/га), порівняно з контролем без обробки (табл. 3–5). Маса 1000 насінин у варіантах із застосуванням біфоліару мікромакс (рН 5,0–7,0) зростала приблизно на 6,5 %, що статистично не доведено збільшувало прибавку зерна до 2,7–3,0 % (1,7–1,8 ц/га)/(1,9–2,2 ц/га), а з додаванням біфоліару ОПТІ рН — на 8,0–8,6 %, урожайність — на 5,0–6,6 % (3,4–4,1 ц/га)/(3,7–4,7 ц/га). Обробка рослин пшениці фунгіцидом збільшувала масу 1000 зерен майже на 12 %, а врожайність пшениці — на 6,1–7,9 % (3,7–4,9)/(4,4–5,6 ц/га) щодо контролю без обробки.

Отже, застосування на посівах пшениці озимої композиції амістар екстра + біфоліар мікромакс + біфоліар ОПТІ рН (рН 5,5) збільшувало масу 1000 зерен та сприяло приросту врожаю і було ефективнішим, ніж за використання добрив без фунгіциду і регуляції рН робочого розчину фунгіциду і добрив. Маса 1000 зерен за обробки цією композицією становила 51,7–52,3 г, тоді як у контролі — лише 44,1–44,2 г.

Таким чином, встановлено, що застосування композицій фунгіцидів — похідних азолів та стробілуринів одночасно з добривами у розчинах для обприскування сприяє підвищенню рівнів контролювання фузаріозу колоса та продуктивності посівів. При цьому величина рН робочого розчину для обприскування посівів істотно впливає на ефективність композицій фунгіциду та добрив щодо підвищення контролювання фузаріозу колоса і важливих складових продуктивності пшениці озимої. За додавання добрив до робочих розчинів фунгіциду доцільно контролювати рН робочих розчинів шляхом

використання добрив (елементів живлення) із властивостями підкислювачів та регуляторів рівня рН.

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Моргун В.В., Гаврилюк М.М., Швартау В.В., Мордерер Є.Ю., Коновалов Д.В., Гаврилюк В.М., Скрипльов В.О., Санін Є.В., Ростовський С.А., Терлецька Н.К. Клуб 100 центнерів. Сучасні сорти й гібриди та системи живлення і захисту рослин. Київ: Логос, 2018. 111 с.
2. 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.
3. Швартау В.В., Михальська Л.М. Фізіологічні основи живлення високопродуктивних посівів зернових злаків. *Фізіологія рослин і генетика*. 2016. **48**, № 4. С. 298—309. <https://doi.org/10.15407/frg2016.04.298>
4. Швартау В.В., Зозуля О.Л., Михальська Л.М., Санін О.Ю. Фузаріози культурних рослин. Київ: Колос, 2016. 164 с.
5. Швартау В.В., Зозуля О.Л., Михальська Л.М. Фузаріози: розповсюдження та основи контролювання. Київ: Логос, 2019. 219 с.
6. Roskamp J., Turco R., Bischoff M., Johnson W.G. The influence of carrier water pH and hardness on saflufenacil efficacy and solubility. *Weed Technol.* 2013. **27**. P. 527—533.
7. Осадчий В.І. Ресурси та якість поверхневих вод України в умовах антропогенного навантаження та кліматичних змін. *Вісн. НАН України*, 2017, № 8. С. 29—46. <https://doi.org/10.15407/vsn2017.08.029>
8. Набиванець Б.Й., Осадчий В.І., Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б. Аналітична хімія поверхневих вод. Київ: Наукова думка, 2007. 455 с.
9. Devkota P., Spaunhorst D.J., Johnson W.G. Influence of carrier water pH, hardness, foliar fertilizer, and ammonium sulfate on mesotrione efficacy. *Weed Technol.* 2016. **30**. P. 617—628. <https://doi.org/10.1614/WT-D-16-00019.1>
10. Devkota P., Johnson W.G. Glufosinate efficacy as influenced by carrier water pH, hardness, foliar fertilizer, and ammonium sulfate. *Weed Technol.* 2016. **30**, N 4. P. 848—859. <https://doi.org/10.1614/WT-D-16-00053.1>
11. Fernandez V., Sotiropoulos T., Brown P. Foliar fertilization: scientific principles and field practices, 1st ed. Paris, France: International Fertilizer Industry Association (IFA), 2013. 140 p.
12. Zeng W.Z., Liu D.S., Liu L., She L., Wu L.J., Xu T.L. Activation of acid-sensing ion channels by localized proton transient reveals their role in proton signaling. *Sci. Rep.* 2015. **5**. P. 14125.
13. Lee C. S. Pesticide Storage Dissipation in Surface Water Samples. Pesticides in Surface Water: Monitoring, Modeling, Risk Assessment, and Management. Editor(s): Kean S. Goh, Jay Gan., Dirk F. Young, Yuzhou Luo. Washington, DC: American Chemical Society. 2019. P. 89—100.
14. Швартау В.В., Рязанова М.Е., Михальская Л.М., Каменчук О.П. Влияние гидроксида меди и прокваиназида на урожайность и накопление микроэлементов в зерне озимой пшеницы. *Физиология растений и генетика*. 2015. **47**, № 4. С. 279—286.
15. Reynolds M.P., Pask A.J.D., Mullan D.M. Physiological Breeding I: Interdisciplinary approaches to improve crop adaptation. Mexico, D.F.: CIMMYT, 2012. 174 p.
16. Pask A.J.D., Pietragalla J., Mullan D.M., Reynolds M.P. Physiological Breeding II: A field guide to wheat phenotyping. Mexico, D.F.: CIMMYT, 2012. 133 p.
17. Lopez J.A., Rojas K., Swart J. The economics of foliar fungicide applications in winter wheat in Northeast Texas. *Crop Prot.* 2014. **67**. P. 35—42. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.09.007>
18. Harasim E., Weselowski M., Kwiatkowski C., Harasim P., Staniak M., Feledyn-Szewczyk B. The contribution of yield components in determining the productivity of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Acta Agrobot.* 2016. **69**, N 3. P. 1675. <https://doi.org/10.5586/aa.1675>

Отримано 30.05.2022

REFERENCES

1. Morgun, V.V., Gavrilyuk, M.M., Schwartau, V.V., Morderer, E.Y., Konovalov, D.V., Gavrilyuk, V.M., Skriplyov, V.O., Sanin, E.V., Rostovsky, S.A. & Terletskaya, N.K. (2018). Club 100 centners. Modern varieties and hybrids, and plant nutrition and protection systems. Kyiv: Logos [in Ukrainian].
2. Morgun, V.V., Schwartau, V.V. & Kyriziy, D.A. (2010). Physiological bases of formation of high productivity of grain cereals. *Physiology and Biochemistry of Cultivated Plants*, 42, No. 5, pp. 371-392 [in Russian].
3. Schwartau, V.V. & Mykhalska, L.M. (2016). Physiological bases of nutrition of highly productive crops of grain cereals. *Plant Physiology and Genetics*, 48, No. 4, pp. 298-309 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/frg2016.04.298>
4. Schwartau, V.V., Zozulya, O.L., Mykhalska, L.M. & Sanin, O.Yu. (2016). Fusariosis of plant crops. Kyiv: Logos [in Ukrainian].
5. Schwartau, V.V., Zozulya, O.L. & Mykhalska, L.M. (2019). Fusarium wilt: distribution and basics of control. Kyiv: Logos [in Ukrainian].
6. Roskamp, J., Turco, R., Bischoff, M. & Johnson, W.G. (2013) The influence of carrier water pH and hardness on saflufenacil efficacy and solubility. *Weed Technol.*, 27, pp. 527-533.
7. Osadchyi, V.I. (2017). Resources and surface water in Ukraine under conditions of anthropogenic load and climate change. *Visn. Nac. Acad. Nauk Ukr.*, No 8, pp. 29-46 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/visn2017.08.029>
8. Nabivanets, B.I., Osadchyi, V.I., Osadcha, N.M. & Nabivanets, Yu.B. (2007). Analytical chemistry of surface waters. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].
9. Devkota, P., Spaunhorst, D.J. & Johnson, W.G. (2016). Influence of carrier water pH, hardness, foliar fertilizer, and ammonium sulfate on mesotrione efficacy. *Weed Technol.*, 30, pp. 617-628. <https://doi.org/10.1614/WT-D-16-00019.1>
10. Devkota, P. & Johnson, W.G. (2016). Glufosinate efficacy as influenced by carrier water pH, hardness, foliar fertilizer, and ammonium sulfate. *Weed Technol.*, 30, No. 4, pp. 848-859. <https://doi.org/10.1614/WT-D-16-00053.1>
11. Fernandez, V., Sotiropoulos, T. & Brown, P.H. (2013). Foliar fertilization: scientific principles and field practices, 1st ed. Paris, France: International Fertilizer Industry Association (IFA).
12. Zeng, W.Z., Liu, DS, Liu, L., She, L., Wu, L.J. & Xu, T.L. (2015). Activation of acid-sensing ion channels by localized proton transient reveals their role in proton signaling. *Sci Rep.*, 5, pp. 14125.
13. Lee, C. S. (2019). Pesticide Storage Dissipation in Surface Water Samples. *Pesticides in Surface Water: Monitoring, Modeling, Risk Assessment, and Management*. Editor(s): Kean S. Goh, Jay Gan,, Dirk F. Young, Yuzhou Luo. Washington, DC: American Chemical Society, pp. 89-100.
14. Schwartau, V.V., Riazanova M.E., Mykhalska, L.M. & Kamenchuk, O.P. (2015). Influence of copper hydroxide and proquinazide on yield and accumulation of microelements in winter wheat grain. *Fiziol. rast. genet.*, 47, No. 4, pp. 279-286 [in Russian].
15. Reynolds, M.P., Pask, A.J.D. & Mullan, D.M. (2012). *Physiological Breeding I: Interdisciplinary approaches to improve crop adaptation*. Mexico, D.F.: CIMMYT.
16. Pask, A.J.D., Pietragalla, J., Mullan, D.M. & Reynolds, M.P. (2012). *Physiological Breeding II: A field guide to wheat phenotyping*. Mexico, D.F.: CIMMYT.
17. Lopez, J.A., Rojas, K. & Swart, J. (2014). The economics of foliar fungicide applications in winter wheat in Northeast Texas. *Crop Prot.*, 67, pp. 35-42. <https://doi.org/10.1016/j.cro-pro.2014.09.007>
18. Harasim, E., Weselowski, M., Kwiatkowski, C., Harasim, P., Staniak, M. & Feledyn-Szewczyk, B. (2016). The contribution of yield components in determining the productivity of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Acta Agrobot.*, 69, No., pp. 1675. <https://doi.org/10.5586/aa.1675>

Received 30.05.2022

EFFICIENCY OF PROTECTION AGAINST FUSARIOSIS AND PRODUCTIVITY OF WINTER WHEAT UNDER THE INFLUENCE OF COMPOSITION OF FUNGICIDES AND FERTILIZERS

O.Yu. Sanin, T.I. Makoveychuk, V.O. Tretiakov, L.M. Mykhalska

Institute of Plant Physiology and Genetics, National Academy of Sciences of Ukraine
31/17 Vasylykivska St., Kyiv, 03022, Ukraine
e-mail: Mykhalskaya_L@ukr.net

The effect on winter wheat plants of the fungicides cyproconazole (80 g/l) + azoxystrobin (200 g/l) (Amistar extra 280 SC, s.c.) and in the composition with the addition in the flowering phase of nutrients (Bifoliar MicroMax) at different pH levels was investigated in the field experiment. Liquid fertilizer Bifoliar® OPTI pH (pH 2.0), which has the properties of a buffer, was used to acidify the working solution. It was found that the application of the fungicide Amistar extra (pH of the working solution 6.5–7.0) statistically significantly controlled the presence of fusarium head blight in the cenosis. Treatment of plants by a composition of fungicide with nutrients (Bifoliar MicroMax 0.6 l/ha), with the addition of Bifoliar OPTI pH (pH 5.5), reduced the level of fusarium head in crops. Reducing the pH of the solution to 5.5 (Bifoliar OPTI pH) improved the absorption of biologically important nutrients without reducing the levels of protection against winter wheat plant diseases. It was found that the application of the fungicide Amistar extra (pH 6.5–7.0) contributed to the increase in the accumulation of chlorophyll in the flag leaves of wheat plants at the flowering stage by 4.1–4.7 SPAD units. Addition of Bifoliar OPTI pH to fungicides (pH 5.5) increased the chlorophyll content by 10–11 % (4.6–5.2 SPAD units) compared to the control. Foliar treatment of plants with a solution of nutrients Bifoliar MicroMax, 0.6 l/ha alone and with the addition of Bifoliar OPTI pH, and in combination with fungicide Amistar extra, increased chlorophyll content in the flag leaves of winter wheat Podolyanka variety by 4.6–6.3 SPAD units (9.9–13.5 %), and in the Novosmuglyanka variety — by 4.5–6.6 units (9.6–14.0 %) compared to the untreated control. Application of composition Amistar extra + Bifoliar MicroMax + Bifoliar OPTI pH (pH 5.5) increased yield of Podolyanka variety by 11.4–17.2 % (7.1–10.7 c/ha), and Novosmuglyanka variety — by 12.9–17.9 % (7.8–10.8 c/ha), compared to control without treatment.

Key words: *Triticum aestivum* L., *Fusarium* spp., fungicides, nutrients, solution pH.