

<https://doi.org/10.15407/frg2021.06.523>

УДК 581.1

ВПЛИВ КОМПОЗИЦІЙ НЕОРГАНІЧНИХ ІОНІВ І ПРОТРУЙНИКА НАСІННЯ НА РОЗВИТОК ПРОРОСТКІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

Л.М. МИХАЛЬСЬКА¹, В.В. ШВАРТАУ¹, Т.І. МАКОВЕЙЧУК¹, О.Л. ЗОЗУЛЯ²

¹Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук України
03022 Київ, вул. Васильківська, 31/17

e-mail: Mykhalskaya_L@ukr.net

²ТОВ «Сингента»

03022 Київ, вул. Козацька, 120/4

Встановлено, що ефективність композиційного протруйника вайбранс інтеграл (триазол + фенілпірол + інгібітор сукцинатдегідрогенази + інсектицид) може залежати від вмісту елементів живлення у розчині для протруєння. В лабораторних і польових умовах за передпосівної обробки насіння пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) сорту Подолянка композиціями вайбранс інтеграл (2,0 л/т) з неорганічними добривами монокалійфосфат (МКФ), кальцію нітрат, магнію сульфат, брексил мікс спостерігали зміни розвитку рослин на початку вегетації. На п'яту добу виявлено ретардантний ефект препарату вайбранс інтеграл, вірогідно внаслідок дії тебуконазолу. Встановлено, що додавання добрив із низьким зольним індексом (кальцію нітрат, брексил мікс) не чинить фітотоксичної дії до сходів культури, поліпшує розвиток кореневої системи пшениці, сприяє ослабленню ретардантної дії протруйника вайбранс інтеграл. Передпосівна обробка насіння елементами живлення істотно не впливала на масу сухої кореневої системи пшениці та збільшувала надземну масу проростка на 6,5—24,5 %. Ретардантної активності протруйника у фазу ВВСН 12 не спостерігали. Обробка насіння протруйником із $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (1,0 кг/т) і брексил мікс (0,5 кг/т) сприяла росту сходів рослин пшениці й збільшенню маси сухих коренів на 19,1 і 25,6 % відповідно, а також надземної частини проростків на 26 %, порівняно з рослинами контрольного варіанта. У польових умовах обробка пшениці озимої препаратом вайбранс інтеграл сприяла помітному зниженню рівня ураження сходів рослин кореневими гнилями. Застосування кальцію нітрату та брексил міксу у суміші з протруйником не знижувало ефективності контролювання корневих гнилей на початку вегетації. Наявність *Fusarium graminearum* на сходах пшениці озимої фіксували майже в усі періоди проведення польових досліджень за винятком посушливої осені 2019 р. Отримані результати важливі для вдосконалення систем захисту і живлення сортів пшениці озимої, протидії формуванню резистентності збудників хвороб і підвищення продуктивності пшениці озимої.

Ключові слова: *Triticum aestivum* L., *Fusarium graminearum* L., фунгіциди, живлення, хвороби, ефективність.

Захист сільськогосподарських культур від ґрунтових і насінневих патогенних організмів під час проростання й на ранніх етапах росту має значення для забезпечення швидкого та безпечного їх укорінення і

Цитування: Михальська Л.М., Швартау В.В., Маковейчук Т.І., Зозуля О.Л. Вплив композицій неорганічних іонів і протруйника насіння на розвиток проростків пшениці озимої. *Фізіологія рослин і генетика*. 2021. 53, № 6. С. 523—531. <https://doi.org/10.15407/frg2021.06.523>

подальшої реалізації генетичного потенціалу сорту [1, 2]. До складу сучасних фунгіцидів для захисту насіння можуть входити кілька активних інгредієнтів із різними напрямками дії, що дає змогу контролювати широкий спектр патогенних організмів і знижує вірогідність виникнення резистентності [3–5].

Похідні триазолів належать до основних класів фунгіцидів для обробки насіння культурних рослин, а тебуконазол до сьогодні є умовним стандартом із широким спектром використання для контролювання корневих гнилей, передусім — фузаріозних [5]. Проте високі дози триазолів можуть викликати ретардантний ефект, що призводить до затримки сходів культури. За нестачі вологи восени затримка сходів на 2–3 дні може зумовити зрідженість посівів, а зниження доз триазолів істотно скорочує тривалість фунгіцидного захисту від корневих гнилей. За позакорневих обробок фунгіцидами переважно акропетальний рух токсикантів різко знижує ефективність контролювання збудників хвороб на кореневій системі.

Відомо, що низка фунгіцидів має ще й потенційну біостимулювальну активність, вони можуть формувати стійкість рослин до біотичних та абіотичних стресових чинників на ранніх етапах росту й розвитку культури [6]. Встановлено вплив інгібіторів сукцинатдегідрогенази (SDHI) на фізіологічні показники рослин [7]. До цієї групи (Fungicide Resistance Action Committee (FRAC) group 7) фунгіцидів належать численні діючі речовини: флутоланіл, боскалід, пентіопірад, флуксапіроксад, флуопірам, підифлуметофен, біксафен, ізопіразамін, седаксан тощо [8]. Седаксан із похідних піразол-4-карбоксилатамідів (суміш *транс*- і *цис*-ізомерів N-[2-(1,1'-біциклопропіл)-2-іл-феніл]-3-(дифлуометил)-1-метил-1H-піразол-4-карбоксаміду) — фунгіцид широкого спектра дії для обробки насіння [9]. Він інгібує енергетичний обмін у клітинах патогену, а саме: метаболізм грибів унаслідок зв'язування з ферментом сукцинатдегідрогеназою у процесі клітинного дихання [8].

Седаксан використовують для локального й системного захисту насіння, проростків та коренів зернових культур від патогенних грибів, які знаходяться на зерні й у ґрунті [7, 8, 10]. У разі надходження седаксану з насіння у ґрунт і в тканини рослин поліпшується розвиток коренів, нижніх відділів стебла злаків. Зернові культури позитивно реагують на дію седаксану: пришвидшується їх ріст, збільшується біомаса рослин, підвищується стійкість до посухи та осмотичного стресу [7, 11, 12]. В зв'язку з цим застосування композицій протруйників насіння на основі триазолів, фенілпіролів і SDHI є перспективним.

Обробка насіння елементами живлення сприяє формуванню належного фону живлення рослин, поліпшенню схожості та росту проростків, формуванню посівів, збільшенню врожайності, важливо й для біофортифікації зерна [13, 14]. Рослини на початкових фазах росту і розвитку, від формування фотосинтетичних тканин, чутливі до нестачі елементів живлення. Магній впливає на всі процеси, які відбуваються в клітинах рослин (фотосинтез, дихання, гліколіз тощо), підвищує вміст у рослинах органічних і неорганічних форм фосфору. Разом із кальцієм магній бере участь у побудові пектинових речовин клітинних стінок, впливає на транспорт і засвоєння фосфору. За недостатніх кількостей азоту, фосфору і калію погіршується розвиток надземної

частини рослин, тоді як нестача кальцію спричинює сповільнення росту кореневої системи. Кальцій необхідний для нормального росту надземних органів і коренів рослин, для пришвидшення розвитку корневих волосків, формування активної поглинальної зони.

Отже, формування рослин із високою здатністю кореневої системи до поглинання води та іонів за оптимального фону живлення від початку вегетації важливе для досягнення максимальної продуктивності сорту/гібриду. Проте застосування елементів живлення під час обробки насіння може призводити до зниження схожості внаслідок зростання осмотичного тиску робочого розчину та зумовлювати пошкодження сходів культури за дефіциту вологи у ґрунті на початку вегетації. В зв'язку з цим, у композиціях із протруйниками варто застосовувати лише добрива з низьким зольним індексом: МКФ, нітрати, нефітотоксичні складні добрива з мікроелементами, зокрема брексил мікс, тощо. Слід зазначити, що інформації щодо використання добрив із сучасними фунгіцидно-інсектицидними протруйниками на сьогодні обмаль. Важливо визначити особливості взаємодії між елементами фону живлення та інгібіторами сукцинатдегідрогенази II покоління у композиціях з триазолами і фенілпіролами, які чинять стимулювальну дію на розвиток кореневої системи.

У зв'язку з цим метою нашої роботи було дослідити вплив передпосівної обробки насіння сучасним протруйником насіння вайбранс інтеграл, складовою діючою речовиною якого є седаксан, та елементами живлення на розвиток сходів пшениці озимої.

Методика

У лабораторних умовах досліджували рослини пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) сорту Подолянка селекції Інституту фізіології рослин і генетики НАН України.

Відкаліброване насіння пшениці озимої обробляли такими препаратами: вайбранс інтеграл (25 г/л седаксан + 25 г/л флудіоксоніл + 10 г/л тебуконазол + 175 г/л тіаметоксам) (Syngenta, Швейцарія/Китай) — 2,0 л/т окремо та в композиції з добривами — монокалійфосфат ($\text{KН}_2\text{PO}_4$) (Ізраїль) — 1,0 кг/т; кальцію нітрат ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) (Китай) — 1,0 кг/т; магнію сульфат (MgSO_4) (Китай) — 1,0 кг/т; брексил мікс (Mg 6 %, B 1,2, Fe 0,6, Mn 0,7, Zn 5, Cu 0,8, Mo 1,0 %) (Valagro, Італія) — 0,5 кг/т. Зерно контрольного варіанта обробляли водою.

Оброблене насіння впродовж доби просушували, після чого висівали у ґрунтово-піщану суміш (1 : 1) у посудини (1350 г) по 20 насінин. Повторність досліду чотириразова. Насіння пророщували за температури 18 ± 2 °С, вологість ґрунту — 60 % ПВ.

В умовах польових дослідів вегетаційних сезонів 2019—2020 рр. досліджували ураженість сходів пшениці корневими гнилями. Дослідження проводили в польових та лабораторних умовах. Восени відібрали зразки рослинного матеріалу озимої пшениці. Зразки рослин відбирали двічі: на початку вегетації (ВВСН 12) та після відновлення вегетації (ВВСН 26).

Із рослин, які мали характерні ознаки ураження кореневими гнилями, в подальшому виділяли ДНК та аналізували методом ПЛР для визначення наявності *Fusarium graminearum* L. Тотальну ДНК екстрагували за допомогою комерційного набору для виділення ДНК з біологічного матеріалу («Агроген ново», Україна). Концентрацію та ступінь чистоти ДНК, отриманої з досліджуваних зразків, визначали на спектрофотометрі NanoDrop 1000 («Thermo Fisher Scientific», США). Ступінь чистоти ДНК оцінювали за співвідношенням A260/A280, її концентрацію розраховували вимірюванням спектра поглинання за довжини хвилі 260 нм. Після цього концентрацію ДНК доводили стерильною водою 1-го класу до кінцевої 10 нг/мкл. ПЛР у режимі реального часу проводили за допомогою приладу Bio-Rad CFX96 Real-Time Detection System (Bio-Rad Laboratories Ltd., США).

Молекулярну ідентифікацію виду грибів роду *Fusarium* виконували з використанням комплекту реагентів для ПЛР-ампліфікації ДНК фітопатогенів методом ПЛР у режимі реального часу згідно з інструкцією виробника («Агродіагностика», Росія). Для контролю виділення ДНК і визначення інгібування ПЛР використовували воду 1-го класу, отриману на Ultra Pure Water System Scholar-UV Nex UP-1000 (Human Corporation, Корея).

Результати оброблено за допомогою програмного забезпечення MS Excel 2019 зі StatPlus LE version 7.3.0.0 (AnalystSoft Inc., США) (<https://www.analystsoft.com/en>).

Результати та обговорення

Польова схожість насіння першого класу зернових культур передбачає не менш як 95 % пророслих насінин [15]. Обробка насіння пшениці озимої кальцію нітратом (1,0 кг/т) стимулювала проростання насіння порівняно з насінням контрольного варіанта, обробленим водою. Обробка зерна МКФ, магнію сульфатом (1,0 кг/т) і брексил міксом (0,5 кг/т) істотно не впливала на проростання насіння, показники залишались майже на рівні контрольного варіанта (табл. 1).

Насіння пшениці контрольного варіанта, оброблене водою, мало вищі показники проростання, ніж оброблене протруйником. За обробки насіння протруйником відсоток проростання у ґрунтовій культурі на 5-ту добу був незначним. Спостерігали виражений ретардантний ефект високої дози (2,0 л/т) препарату вайбранс інтеграл, вірогідно внаслідок дії тебуконазолу [16, 17]. Добавляння до протруйника елементів живлення істотно не впливало на рівень проростання насіння станом на 5-ту добу. На 9-ту добу схожість насіння, обробленого елементами живлення, наближалась до контрольних показників. Ретардантної дії протруйника у цей час не виявлено. Насіння пшениці озимої за його сумісної обробки МКФ, Ca(NO₃)₂, брексил міксом у композиції з протруйником досягало схожості 95,0—97,5 %, спостерігалася тенденція до пришвидшення проростання порівняно з контролем. У композиції з протруйником найвищі рівні схожості визначено у варіантах із добавлянням кальцію нітрату та брексил міксу.

ВПЛИВ КОМПОЗИЦІЙ НЕОРГАНІЧНИХ ІОНІВ І ПРОТРУЙНИКА НАСІННЯ

ТАБЛИЦЯ 1. Вплив передпосівної обробки насіння пшениці озимої сорту Подолянка протруйником вайбранс інтеграл з елементами живлення на його проростання (5–9-та доба)

Варіант	Енергія проростання насіння (5-та доба), %	Схожість насіння (9-та доба), %
Контроль	65,0 ^а	100,0 ^а
КН ₂ РО ₄ , 1,0 кг/т	67,5 ^а	97,5 ^а
МgSO ₄ , 1,0 кг/га	52,5 ^б	97,5 ^а
Са(NO ₃) ₂ , 1,0 кг/га	85,0 ^в	100,0 ^а
Брексил мікс, 0,5 кг/га	65,0 ^а	100,0 ^а
Вайбранс інтеграл, 2,0 л/га	5,0 ^г	97,5 ^а
КН ₂ РО ₄ , 1,0 кг/т + вайбранс інтеграл, 2,0 л/га	15,0 ^а	95,0 ^а
МgSO ₄ , 1,0 кг/га + вайбранс інтеграл, 2,0 л/га	–	90,0 ^б
Са(NO ₃) ₂ , 1,0 кг/га + вайбранс інтеграл, 2,0 л/га	–	97,5 ^а
Брексил мікс, 0,5 кг/га + вайбранс інтеграл, 2,0 л/га	10,0 ^а	97,5 ^а
НІР _{0,05}	8,5	5,5

Примітка. Тут і в табл. 2, 3 літери слугують для порівняння вибірок ($p < 0,05$). Однаковими літерами позначені варіанти без статистично значущих відмінностей.

Встановлено, що передпосівна обробка насіння протруйником вайбранс інтеграл та елементами живлення позитивно впливає на схожість насіння пшениці озимої навіть за використання максимально можливої дози композиційного протруйника й, відповідно, тебуконазолу. В результаті багаторічних спостережень ми виявили, що зменшення дози протруйника за цих умов до 1,0–1,5 л/т насіння знижує рівень контролю *Microdochium nivale* у фазу ВВСН 26 та в подальшому [16, 17]. Отже, протруювання насіння з додаванням елементів живлення з низьким зольним індексом, відсутністю фітотоксичності до сходів культури і стимулювальним ефектом на розвиток кореневої системи (кальцію нітрат, брексил мікс), які також ослаблюють ретардантну дію протруйника вайбранс інтеграл, є важливим елементом технології живлення і захисту посівів.

Добре розвинена коренева система у рослин сприяє ефективному використанню вологи, поживних речовин та отриманню в подальшому високого врожаю сільськогосподарських культур. Це має важливе значення для розвитку рослин, дає їм можливість максимально використовувати закладений у них генетичний потенціал. Добре розвинена коренева система ліпше поглинає вологу й поживні речовини з ґрунту, сприяє розвитку рослин, стійких до стресу, забезпечує тривалий захист від насінневих і ґрунтових хвороб, шкідників, а також впливає на життєздатність рослин. Лише розвинена коренева система здатна реалізувати потенціал урожайності сорту навіть у складних умовах вирощування. Формування і ріст кореневої системи тісно пов'язані з розвитком надземних органів рослин, корені забезпечують їх необхідними для росту вологою та елементами мінерального жив-

ТАБЛИЦЯ 2. Вплив протруйника вайбранс інтеграл та елементів живлення на накопичення маси сухої речовини проростків озимої пшениці сорту Подолянка (ВВСН 12)

Варіант	Коренева система, мг	%	Надземна частина, мг	%
Контроль	37,1 ^a	100,0	58,0 ^a	100,0
КН ₂ РО ₄ , 1,0 кг/т	40,1 ^a	109,4	62,5 ^a	109,6
МgSO ₄ , 1,0 кг/га	29,4 ^b	79,2	67,3 ^a	118,1
Са(NO ₃) ₂ , 1,0 кг/га	38,6 ^a	104,0	71,0 ^{ab}	124,5
Брексил мікс, 0,5 кг/га	36,4 ^a	98,1	67,0 ^{ab}	117,5
Вайбранс інтеграл, 2,0 л/га	34,1 ^a	91,9	60,7 ^a	
КН ₂ РО ₄ , 1,0 кг/т + вайбранс інтеграл, 2,0 л/га	37,7 ^a	101,6	68,7 ^{ab}	120,5
МgSO ₄ , 1,0 кг/га + вайбранс інтеграл, 2,0 л/га	38,5 ^a	103,8	63,8 ^b	105,4
Са(NO ₃) ₂ , 1,0 кг/га + вайбранс інтеграл, 2,0 л/га	44,2 ^b	119,1	71,8 ^b	125,9
Брексил мікс, 0,5 кг/га + вайбранс інтеграл, 2,0 л/га	46,7 ^b	125,6	71,7 ^b	125,8
НІР _{0,05}	4,8		5,0	

Примітка. Наведено масу кореневої системи/надземної частини однієї рослини. Вміст азоту в ґрунтовій суміші 12,0 мг/кг.

лення. Чим активніше розвивається коренева система і більша її вбирна здатність, тим інтенсивніше ростуть надземні органи, накопичується біомаса і формується листкова поверхня [1].

Встановлено, що передпосівна обробка насіння елементами живлення істотно не впливала, за винятком МКФ (зростання на 9,4 %) на масу сухої кореневої системи пшениці, однак надземна маса рослин збільшувалась на 6,5—24,5 % (табл. 2). Ретардантної активності протруйника у фазу ВВСН 12 не зафіксовано. Показники маси сухої речовини надземної частини рослин зростали як за впливу добрив, так і за дії композицій добрива + протруйник. Обробка насіння кальцію нітратом та брексил міксом у композиції з вайбранс інтегралом у досліджах найсильніше впливала на розвиток кореневої системи і збільшення надземної маси проростків пшениці озимої. Так, маса сухих коренів зростала до 44,2—46,7 мг, що становить 19,1 і 25,6 % відповідно, а маса надземної частини проростка майже до 72,0 мг — на 26 % порівняно з проростками контрольного варіанта.

Отже, обробка насіння препаратом вайбранс інтеграл у суміші з Са(NO₃)₂ і брексил міксом сприяла росту сходів рослин і збільшенню накопичення сухої речовини коренями й надземною частиною проростків пшениці озимої сорту Подолянка.

У разі застосування протруйника схожість насіння на початкових етапах проростання дещо знижувалась, проте додавання до нього у передпосівну обробку елементів живлення сприяло підвищенню схожості та накопиченню маси сухої речовини проростками, тобто позитивно впливало на інтенсивність росту коренів і надземної частини проростків пшениці озимої.

ВПЛИВ КОМПОЗИЦІЙ НЕОРГАНІЧНИХ ІОНІВ І ПРОТРУЙНИКА НАСІННЯ

ТАБЛИЦЯ 3. Ураженість рослин пшениці озимої сорту Подолянка кореневими гнилями за впливу протруйника вайбранс інтеграл та елементів живлення (ДСВ ІФРГ НАН України, Васильківський район Київської області, 2019/2020 р.)

Варіант	ВВСН 12		ВВСН 26	
	Ураженість кореневими гнилями, бали	Ураженість <i>Fusarium graminearum</i>	Ураженість кореневими гнилями, бали	Ураженість <i>Fusarium graminearum</i>
Контроль	21 ^a /35 ^a	+/+	51 ^a /78 ^a	+/+
Вайбранс інтеграл, 2,0 л/т	5 ^b /5 ^b	-/+	12 ^b /25 ^b	+/+
КН ₂ РО ₄ , 1,0 кг/т + вайбранс інтеграл, 2,0 л/т	4 ^b /5 ^b	-/+	12 ^b /23 ^b	+/+
МgSO ₄ , 1,0 кг/т + вайбранс інтеграл, 2,0 л/т	6 ^b /7 ^b	-/+	11 ^b /22 ^b	+/+
Са(NO ₃) ₂ , 1,0 кг/т + вайбранс інтеграл, 2,0 л/т	4 ^b /4 ^b	-/+	11 ^b /25 ^b	+/+
Брексил мікс, 0,5 кг/т + вайбранс інтеграл, 2,0 л/т	3 ^b /5 ^b	-/+	11 ^b /19 ^b	+/+
НІР _{0,05}	7/13	—	9/12	—

Примітка: «—» — не ідентифіковано; «+» — ідентифіковано *Fusarium graminearum*.

У роки проведення польових досліджень попередником був ріпак озимий на сидерат. За цих умов на легких ґрунтах Полісся, у Київській області, рівень ураження кореневими гнилями сходів пшениці озимої був невисоким. Застосування препарату вайбранс інтеграл помітно знижувало рівень захворюваності на кореневі гнилі. Обробка насіння композиціями протруйника з добривами істотно не впливала на рівень контролю хвороб (табл. 3). Наявність *Fusarium graminearum* на сходах пшениці озимої визначали в усі періоди проведення досліджень за винятком початку вегетації 2019 р.

Отже, обробка насіння композицією брексил мікс (0,5 кг/т) або Са(NO₃)₂ (1,0 кг/т) з вайбранс інтеграл (2,0 л/т) сприяла підвищенню схожості насіння пшениці озимої, накопиченню сухої речовини коренями і надземною частиною проростків рослин пшениці озимої сорту Подолянка. Застосування елементів живлення не впливало на ретардантну дію протруйника щодо пшениці озимої. Індукування розвитку кореневої системи рослин за дії композицій вайбранс інтеграл + кальцію нітрат або брексил мікс може мати значення для підвищення ефективності використання елементів живлення і води упродовж вегетації, що сприятиме формуванню посіву, резистентного до нестачі вологи й високих температур, зокрема у другій половині вегетації.

У разі застосування кальцію нітрату та брексил міксу разом із протруйником насіння ефективність контролювання корневих гнилей на початку вегетації не знижувалась. Якщо у вологому сезоні 2020 р. *F. graminearum* ідентифікували протягом осіннього та ранньовесняного періодів, то в більш посушливому сезоні 2019 р. *F. graminearum* восени на сходах пшениці за впливу протруйника не виявлено.

Результати досліджень дають змогу вдосконалювати системи контролювання хвороб на початку вегетації пшениці озимої. Засто-

сування композицій протруйника вайбранс інтеграл із добривами кальцію нітратом та брексил міксом для обробки насіння важливе також і для ліпшого формування кореневої системи культури, ефективність контролювання корневих гнилей при цьому не знижувалась. Можна припустити, що посіви з більш розвиненою кореневою системою на початку вегетації ефективніше використовуватимуть елементи живлення і сформуєть вищий рівень резистентності до нестачі вологи й високих температур у подальшому. Слід зазначити, що застосування протруйника з вмістом триазолу, фенілпіролу та SDHI похідним є ефективним засобом для протидії утворенню резистентних біотипів збудників шкодочинних хвороб на сходах пшениці.

Отримані результати важливі для вдосконалення систем захисту і живлення сортів пшениці озимої, підвищення продуктивності посівів та рентабельності зерновиробництва.

REFERENCES

1. Morgun, V.V., Schwartau, V.V. & Kiriziy, D.A. (2010). Physiological fundamentals of grain cereals high productivity forming. *Fiziologiya i biokhimiya kult. rasteniy*, 4, No. 5, pp. 371-392 [in Russian].
2. Sharma, K.K., Singh, U.S., Sharma, P., Kumar, A. & Sharma, L. (2015). Seed treatments for sustainable agriculture — a review. *J. Appl. & Nat. Sci.*, 7, No. 1, pp. 521-539.
3. Kitchen, J.L., van den Bosch, F., Paveley, N.D., Helps, J. & van den Berg, F. (2016). The evolution of fungicide resistance resulting from combinations of foliar-acting systemic seed treatments and foliar-applied fungicides: a modeling analysis. *PLoS One*, 11, No. 8, p. e0161887. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161887>
4. Kilani, J. & Fillinger, S. (2016). Phenylpyrroles: 30 Years, Two Molecules and (Nearly) No Resistance. *Front. Microbiol.*, 7, p. 2014. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.02014>
5. Price, C.L., Parker, J.E., Warrilow, A.G., Kelly, D.E. & Kelly, S.L. (2015). Azole fungicides — understanding resistance mechanisms in agricultural fungal pathogens: Mode of action and resistance mechanisms to azole fungicides. *Pest. Manag. Sci.*, 71, No. 8, pp. 1054-1058. <https://doi.org/10.1002/ps.4029>
6. Dal Cortivo, C., Conselvan, G.B., Carletti, P., Barion, G., Sella, L. & Vamerali, T. (2017). Biostimulant effects of seed-applied sedaxane fungicide: morphological and physiological changes in maize seedlings. *Front. Plant Sci.*, 8, p. 2072. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02072>
7. Ajigboye, O.O., Lu, C., Murchie, E.H., Schlatter, C., Swart, G. & Ray, R.V. (2016). Altered gene expression by sedaxane increases PSII efficiency, photosynthesis and growth and improves tolerance to drought in wheat seedlings. *Pestic. Biochem. Physiol.*, 137, pp. 49-61. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2016.09.008>
8. Zeun, R., Scalliet, G. & Oostendorp, M. (2013). Biological activity of sedaxane — a novel broad-spectrum fungicide for seed treatment. *Pest. Manag. Sci.*, 69, pp. 527-534. <https://doi.org/10.1002/ps.3405>
9. Abdourahime, H., Anastasiadou, M., Brancato, A., Brocca, D., Cabrera, L. C., De Lentdecker, Ch., Ferreira, L., Greco, L., Jarrah, S., Kardassi, D., Leuschner, R., Lostia, A., Lythgo, Ch., Medina, P., Miron, I., Molnar, T., Nave, S., Pedersen, R., Raczky, M., Reich, H., Ruocco, S., Sacchi, A., Santos, M., Stanek, A., Sturma, J., Tarazona, J., Theobald, A., Vagenende, B., Verani, A. & Villamar-Bouza, L. (2019). Review of the existing maximum residue levels for sedaxane according to Article 12 of Regulation (EC) No. 396/2005. *EFSA Journal*, 17, No. 1, pp. 1-42. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5544>
10. Barchietto, T., Prevot, C., Rambach, O., Petit, M., Seng, J. M. & Schlatter, C. (2012). Sedaxane: towards a new concept in plant protection? *Phytoma*, 653, pp. 7-10.
11. Karpets, Yu.V., Kolupaev, Yu.E., Yastreb, T.O., Lugovaya, G.A. & Zayarnaya, E.Yu. (2016). Influence of fungicide sedaxane on resistance of wheat (*Triticum aestivum* L.) plants of various ecotypes to soil drought. *Visn. Kharkiv. nat. agrarian un-tu. Ser. Biology*, 1, No. 37, pp. 103-110 [in Russian].

12. Shkliarevsky, M.A., Yastreb, T.O., Shvidenko, M.V., Lugova, G.A., Karpets, Yu.V. & Kolupaev, Yu.E. (2019). Influence of sedaxane on state of antioxidative and Osmoprotective systems of corn seedlings under conditions of Salt stress. *Fiziol. rast. genet.*, 51, No. 5, pp. 425-435. <https://doi.org/10.15407/frg2019.05.425> [in Ukrainian].
13. Farooq, M., Wahid, A. & Siddique, K.H.M. (2012). Micronutrient application through seed treatments — a review. *J. Soil Sci. Plant Nutr.*, 12, No. 1, pp. 125-142 <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162012000100011>
14. Mondal, S. & Bose, B. (2019). Impact of micronutrient seed priming on germination, growth, development, nutritional status and yield aspects of plants. *Journal of Plant Nutrition*, 42, No. 19, pp. 2577-2599. <https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1655032>
15. DSTU 2240-93 Seeds of agricultural crops. Varietal and sowing quality. Specifications. 01.07.1994 [in Ukrainian].
16. Schwartau, V.V., Zozulia, O.L., Mykhalska, L.M. & Sanin, O.Yu. (2019). Influence of fungicides compositions on the effectiveness of controlling *Fusarium* species and winter wheat performance. *Karantyn i zakhyst roslyn*, No. 7–8, pp. 23-28 [in Ukrainian].
17. Mykhalska, L.M., Zozulia, O.L., Hrytsev, O.A., Sanin, O.Yu. & Schwartau, V.V. (2019). Distribution of species of *Fusarium* and *Alternaria* genera on cereals in Ukraine. *Biosystems Diversity*, 27, No. 2, pp. 186-191. <https://doi.org/10.15421/011925>

Received 15.11.2021

INFLUENCE OF INORGANIC IONS AND SEED TREATMENT COMPOSITIONS ON DEVELOPMENT OF WINTER WHEAT SEEDLINGS

L.M. Mykhalska¹, V.V. Schwartau¹, T.I. Makoveychuk¹, O.L. Zozulia²

¹Institute of Plant Physiology and Genetics, National Academy of Sciences of Ukraine
31/17 Vasylykivska St., Kyiv, 03022, Ukraine
e-mail: Mykhalskaya_L@ukr.net

²TOV «Syngenta»
120/4 Kozatska St., Kyiv, 03022, Ukraine

It was found that the effectiveness of the composite (triazole + phenylpyrrole + succinate dehydrogenase inhibitor + insecticide) Vibrans Integral for seed treatment may depend on the content of nutrients in the treatment solution. In laboratory and field conditions it was tested pre-sowing treatment of seeds of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) variety Podolyanka compositions of Vibrans Integral, 2.0 l/t with inorganic fertilizers: monopotassium phosphate (MPP), calcium nitrate, magnesium sulfate, and Brexil Mix on plant development at the beginning of the growing season. On the 5th day, a retardant effect of a high dose of Vibrans Integral was detected, probably due to the action of tebuconazole. It was found that the addition of fertilizers with low ash index (calcium nitrate, Brexil Mix) has no phytotoxicity to seedlings, stimulates development of the root system of wheat and helps to weaken the retardant effect of Vibrans Integral. Pre-sowing treatment of seeds with nutrients did not significantly affect the mass of the dry root system of wheat and increased the above-ground mass of seedlings by 6.5–24.5 %. No retardant activity of the disinfectant in the BBCH 12 stage was observed. Seeds treatment with a pesticide + Ca(NO₃)₂ (1.0 kg/t) or Brexil Mix (0.5 kg/t), contributed to the increase of wheat germination levels and the dry weight of roots by 19.1 and 25.6 %, respectively, and aboveground part of seedlings by 26 %, compared with the control. In the field, treatment of winter wheat with Vibrans Integral contributed to a significant reduction in the level of damage to seedlings by root rot. Seed treatment with pesticide + nutrients compositions did not significantly affect the level of disease control. The use of calcium nitrate and Brexil Mix in a mixture with the disinfectant did not reduce the effectiveness of root rot control at the beginning of the growing season. The presence of *Fusarium graminearum* on the seedlings of winter wheat was observed in almost all periods of field research, except for the dry autumn of 2019. The obtained results are important for the improvement of winter wheat protection and nutrition systems, counteraction to the formation of pathogens resistance, and increase of winter wheat productivity.

Key words: *Triticum aestivum* L., *Fusarium graminearum* L., fungicides, nutrition, diseases, efficiency.