

<https://doi.org/10.15407/frg2020.06.538>
УДК 581.1:632:633.1

ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ ТА ФУНГІЦИДІВ НА ВМІСТ ХЛОРОФІЛУ В ЛИСТКАХ ВИСОКОПРОДУКТИВНИХ СОРТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

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

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

Досліджено вплив елементів живлення і фунгіцидів та їх композицій на вміст хлорофілу в листках пшениці озимої високопродуктивних сортів Смуглянка і Подолянка. Встановлено тенденцію до збільшення вмісту хлорофілу в прапорцевих листках озимої пшениці та статистично достовірне підвищення його вмісту в листках 2- і 3-го ярусів за дії композиції похідних триазолів, стробілурину й мікроелементів із магнієм та амінокислотами, що може сприяти підвищенню продуктивності культури.

Ключові слова: *Triticum aestivum* L., неорганічні елементи, фунгіциди, *Fusarium*, хлорофіл, SPAD-індекс.

Проблема забезпечення людства продуктами харчування є вкрай складною, а для України з її потужним зерновиробництвом також і стратегічним завданням щодо забезпечення продовольчої та економічної безпеки держави. Разом з потребою у підвищенні продуктивності зростають вимоги до виробництва якісних харчових продуктів, які б забезпечували здорове харчування. Озима пшениця є основним продуктом харчування у понад 40 країн світу, а в Україні серед зернових культур вона за посівними площами посідає чільне місце і є головною продовольчою культурою [1, 2].

Питання взаємозв'язку врожайності, якості зерна та рівня мінерального живлення традиційне для рослинництва [1, 2]. Продуктивність озимої пшениці визначається багатьма чинниками: кліматичними, метеорологічними, ґрунтовими, сортовими, а також попередниками, рівнями мінерального живлення і захисту посівів тощо. Важливими чинниками регуляції, що впливають на складові продуктивності, є добрива і пестициди. Питання взаємозв'язку продуктивності, якості зерна, рівнів мінерального живлення і захисту глибоко вивчаються та є традиційними для сучасної фізіології рослин. Відомо, що на урожайність та якість зерна озимої пшениці впливають біотичні й абіотичні чинники: стійкість сортів до кліматичних умов, пошкодження шкідливими організмами, а також сівозміни, рівні мінерального живлення, ефективність захисту від шкідників і патогенів тощо [3, 4].

Цитування: Михальська Л.М., Санін О.Ю., Третяков В.О. Вплив елементів живлення та фунгіцидів на вміст хлорофілу в листках високопродуктивних сортів пшениці озимої. *Фізіологія рослин і генетика*. 2020. 52, № 6. С. 538–549. <https://doi.org/10.15407/frg2020.06.538>

Захист від хвороб створює належні умови для росту і розвитку культури, сприяє інтенсивному перебігу фізіологічних процесів, що підвищує продуктивність посівів [3, 5, 6]. Фунгіциди сприяють реалізації генетичного потенціалу сорту контролюванням ураження посівів шкочинними хворобами, а рівень вмісту хлорофілів у листках і стеблах пшениці залежить також й від ефективності захисту культури від хвороб.

В останнє десятиліття застосування фунгіцидів в Україні на посівах зернових колосових культур істотно зросло. Це насамперед пов'язано із скороченими сівозмінами і зниженням витрат на обробіток ґрунту з відповідним погіршенням фітосанітарного стану агрофітоценозів в усіх ґрунтово-кліматичних зонах. У другій половині вегетації пшениці озимої головними хворобами, що знижують продуктивність, є фузаріоз колоса та численні плямистості листків і стебел. Головною умовою успішного контролювання ураження шкочинними хворобами є впровадження інноваційних резистентних до хвороб сортів пшениці озимої [2, 7].

Сучасні високоінтенсивні сорти цієї важливої продовольчої культури істотно відрізняються від попередніх архітектонікою рослини, деякими біохімічними показниками і потенційною продуктивністю [2, 8—14]. Зокрема встановлено, що в роки зі сприятливими погодними умовами хлорофільний фотосинтетичний потенціал сучасних короткостеблових сортів вищий, ніж у довгостеблових. Опубліковано дані, що короткостеблові сорти пшениці в разі підвищення дози азотного живлення більшою мірою використовують азот для формування зерна, ніж високорослі [1, 2, 8, 9]. Водночас, не виявлено відмінності в ефективності утилізації азоту в зерно, яку оцінювали за відношенням вмісту азоту в зерні до його кількості в надземній масі між контрастними за зерновою продуктивністю сортами озимої пшениці. При цьому високопродуктивні сорти відрізнялися ефективнішим поглинанням азоту з ґрунту [1, 2, 9]. Одним із чинників, що зумовлює переваги сучасних сортів пшениці, може бути структурна організація фотосинтетичного апарату рослин. За літературними даними [1, 8, 9, 13—15], саме показники фотосинтетичної активності найтісніше корелюють із зерновою продуктивністю рослин. Ми встановили залежність між показниками асиміляційного апарату сортів м'якої озимої пшениці та рівнем мінерального живлення, а саме: підвищення рівня мінерального живлення призводить до зростання показників фотосинтетичної діяльності посівів — листкового індексу та вмісту хлорофілу в листках [8].

Відомо, що основою для фотосинтетичного перетворення енергії сонячної радіації на енергію хімічних зв'язків є пігментний комплекс рослин [16]. Чимало дослідників довело, що основні фотосинтетичні пігменти — хлорофіли пов'язані з продуктивністю пшениці [9, 17]. Крім цього, фотосинтетичний апарат високопродуктивних сучасних сортів пшениці вирізняється тривалішим функціонуванням у репродуктивний період розвитку [18]. Такі генотипи характеризуються уповільненим старінням листків, тобто меншою втратою хлорофілу. Водночас питання реакції фотосинтетичного апарату нових сортів цієї культури на високі дози мінерального живлення та за сумісного засто-

сування елементів живлення і фунгіцидів, які потрібні для реалізації їх генетичного потенціалу, майже не досліджено. Врахувавши те, що здатність до подовження функціонування фотосинтетичного апарату до та після цвітіння вважають потенційно пов'язаною зі збільшенням продуктивності [19], ми проаналізували вплив елементів живлення і фунгіцидів на вміст хлорофілу в листках озимої пшениці короткостеблого сорту Смуглянка і середньостеблого сорту Подолянка.

Слід зазначити, що розуміння закономірностей формування врожаю і чинників, які його зумовлюють, дає змогу ефективно використовувати ресурси добрив з урахуванням економічної доцільності, екологічної безпеки виробництва та отримання максимальних урожаїв. У сучасному рослинництві за високої продуктивності посіву застосування фунгіцидів класів триазолів і стробілуринів є невід'ємним елементом технологій вирощування культури.

Метою нашого дослідження було визначення впливу композицій сучасних фунгіцидів та елементів живлення для позакореневого застосування на вміст хлорофілу в листках високопродуктивних сортів озимої пшениці.

Методика

Дослідження проводили у Дослідному сільськогосподарському виробництві (ДСВ) Інституту фізіології рослин і генетики (ІФРГ) НАН України (Київська обл.) протягом 2014—2017 рр. на сортах пшениці озимої Смуглянка (високоінтенсивного типу) та Подолянка (інтенсивного типу). Облікова площа кожної ділянки становила 10 м², повторність дослідів чотириразова.

Досліди у ДСВ ІФРГ НАН України проводили на дерновому слабко- та середньопідзолистому неоглеєному й глеюватому супіщаному ґрунті. Ґрунт ДСВ типовий для зони Полісся і характеризується низьким рівнем родючості. Склад неорганічних елементів ґрунту визначали на ICP-MS Agilent 7700x (Agilent Technologies, США) після озолення зразків у ICP-grade азотній кислоті в мікрохвильовій пічці Milestone Start D (Італія) (валовий вміст) або після екстрагування в 0,5 н ацетатному буфері з рН 4,8 (рухомі форми). Усі розчини готували на воді Type I — Ultrapure water з опором >18 МОм, питомою електропровідністю <0,056 мкСм/см та <50 ppb of Total Organic Carbons (ТОС). Воду готували за допомогою системи Scholar-UV Nex Up 1000 (Human Corporation, Корея). Розчини IV-ICPMS-71A (Inorganic Ventures, США) використовували як зовнішні калібрувальні стандарти. Внутрішній стандарт — 1 ppm Sc (Inorganic Ventures, США). Результати мас-спектрометрії обробляли з використанням ICP-MS Mass Hunter Software, США.

Високий вміст фракцій призводив до прояву дефіциту багатьох елементів живлення навіть за достатнього їх вмісту в ґрунті внаслідок зниження вмісту рухомих форм [20] (табл. 1). Дефіцит елементів живлення частково компенсували позакореневим внесенням відповідних мікроелементів з магнієм та амінокислотами.

Температура повітря впродовж квітня—червня 2015 р. була на 0,4—1,8 град вищою за норму, а в 2016 і 2017 р.р. у квітні й липні пе-

ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ ТА ФУНГІЦИДІВ

ТАБЛИЦЯ 1. Вміст елементів у ґрунтах Дослідного сільськогосподарського виробництва Інституту фізіології рослин і генетики НАН України

Елемент	Валовий вміст, мг/кг	Рухома форма, мг/кг
K	1490±112	180±14
Na	214±14	26±7
Mg	418±55	71±5
Ca	968±58	122±14
Mn	214±18	16±4
Fe	5251±298	28±8
Cr	20±3	1±1
Co	2,4±0,1	1±1
Cu	6,0±0,9	1±1
Zn	19,9±4,3	2±1

ревищувала середню багаторічну на 1,1–3,1 град, тоді як у травні була на рівні з нею. Водночас у 2015 р. кількість опадів була недостатньою у квітні та червні, у 2016 р. лише у червні, у 2017 р. — протягом усього періоду весняно-літньої вегетації пшениці озимої (<http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=33345&month=4&year=2015>). Отже, температура повітря в роки досліджень відрізнялась менше, ніж кількість опадів (табл. 2).

Посіви пшениці озимої обох сортів обробляли одноразово навесні у фазу ВВСН 37: 80 г/л ципроконазол + 200 г/л азоксистробін (амістар екстра 280 SC, к. с. (Syngenta)), 80 г/л ципроконазол + 250 г/л пропіконазол (альто супер 330 EC, к. е. (Syngenta)), 100 г/л дифеноконазол + 250 г/л тебуконазол (магнелло 350 EC, к. е. (Syngenta)) у дозах 0,6, 1,5 і 1,0 л/га відповідно, а також 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 % (Valagro, Італія)) й комплексом макро- та мікроелементів із вмістом амінокислот із гідролізатів рослин — мегафол (всього амінокислот 28,0 %, азоту — всього 3,0 %, у тому числі органічного 1,0 %, амідного 2,0 %; розчинного калію (K₂O) 8,0 %; органічного вуглецю рослинного походження 9,0 % (Valagro, Італія)) у дозі 1,5 л/га.

Зразки відбирали протягом періоду ВВСН 51–77 (цвітіння—молочно-воскова стиглість). Вміст хлорофілу в листках пшениці озимої вимірювали за допомогою польового хлорофіломіра SPAD-502 (Konica Minolta, Японія) [21, 22].

Експериментальні дані оброблено статистично загальноприйнятими методами в програмі Statistica 13.3 (StatSoft Inc., США), достовірність різниці оцінено за критерієм Стьюдента.

Результати та обговорення

Фунгіциди застосовують з метою контролювання розвитку хвороб. Фузаріоз колоса зернових колосових культур є високошкодочинною хворобою, яка щорічно знижує врожайність зернових в Україні та спричинює забруднення врожаю небезпечними для людей і тварин мікотоксинами. Відомо, що відмінності в реакції сорту пшениці на інфікування збудниками роду *Fusarium* залежать від вмісту й балансу елементів живлення та фази розвитку рослин. У багаторічних польових досліджах ми встановили, що похідні триазолів і стробілуринів, які широко використовують у рослинництві України, не забезпечують високих рівнів контролювання фузаріозу колоса пшениці озимої, а

ТАБЛИЦЯ 2. Метеорологічні показники вегетаційного сезону 2015–2017 рр.

Місяць	Середньодобова температура повітря, °С						Сума опадів, мм											
	Фактична			Норма			Відхилення від норми, +/-			Фактична			Норма			Відхилення від норми, +/-		
	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017
Квітень	9,7	12,4	10,4	9,3	9,3	9,3	0,4	3,1	1,1	5	68	25	46	46	46	-41	22	-21
Травень	16	15,5	15,3	15,5	15,5	15,5	0,5	0	-0,2	79	146	35	57	57	57	22	89	-22
Червень	20,4	20,6	20	18,6	18,6	18,6	1,8	2,0	1,4	13	15	28	82	82	82	-69	-67	-54

забезпечення за потребами сорту елементами живлення знижувало рівні ураження рослин пшениці збудниками фузаріозу. Внесення мікроелементів, які є компонентами редокс-систем рослин, може сприяти підвищенню стійкості рослин до ураження збудниками хвороб [23, 24].

Тенденцію до підвищення ефективності контролювання фузаріозу спостерігали за внесення композиції дифенокназолу з тебуконазолом. Комплекс мікроелементів із магнієм (брексил мікс), який вносили разом із гідролізатом водоростей (мегафол), не впливав на рівень контролювання фузаріозу. При цьому за добавляння добрив до робочих розчинів фунгіцидів посилювалась фунгіцидна активність лише композиції триазолу із стробілурином, а в 2016 р. — посилювалась ефективність селективної проти фузаріозу композиції дифенокназол + тебуконазол. За внесення неселективної проти фузаріозу композиції триазолів ципроконазол + пропіконазол у 2016 р. ефективність фунгіцидів за добавляння добрив знижувалась (табл. 3).

У разі добавляння до робочих розчинів фунгіцидів добрив важливим є також вплив композиції на культуру, зокрема відсутність фітотоксичної дії на рослини сучасних фунгіцидів. У численних досліджах останніх років було встановлено фітотоксичну дію фунгіцидів на різні культури. При цьому добавляння добрив до робочих розчинів фунгіцидів може знижувати фітотоксичну дію композицій на рослини [23, 24].

У наших дослідженнях з визначення впливу добрив і фунгіцидів на вміст хлорофілу в прапорцевих листках пшениці озимої ми встановили тенденцію до посилення накопичення або достовірне підвищення вмісту хлорофілу в прапорцевих листках пшениці озимої (табл. 4).

Зокрема, згідно з даними таблиці, вміст хлорофілу в контрольному варіанті був на 4–6 % нижчим, ніж у варіантах із застосуванням фунгіцидів, що, ймовірно, зумовлено дією сполук

ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ ТА ФУНГІЦИДІВ

ТАБЛИЦЯ 3. Ураженість пшениці озимої сортів Смуглянка і Подолянка фузаріозом колоса, ВВСН 71, % (2015—2017 рр.)

Варіант	Смуглянка			Подолянка		
	Рік					
	2015	2016	2017	2015	2016	2017
Контроль	10 ^a	20 ^a	5 ^a	8 ^a	25 ^a	4 ^a
Брексил мікс + мегафол	8 ^a	18 ^a	5 ^a	8 ^a	25 ^a	4 ^a
Ципроконазол, 80 г/л + + пропіконазол, 250 г/л	1 ^b	4 ^b	1 ^b	1 ^b	3 ^b	1 ^a
Ципроконазол, 80 г/л + + пропіконазол, 250 г/л + + брексил мікс + мегафол	3 ^b	10 ^b	1 ^b	2 ^b	8 ^b	1 ^a
Ципроконазол, 80 г/л + + азоксистробін, 200 г/л	2 ^b	9 ^b	1 ^b	1 ^b	7 ^b	1 ^a
Ципроконазол, 80 г/л + + азоксистробін 200, г/л + + брексил мікс + мегафол	1 ^b	5 ^b	1 ^b	1 ^b	1 ^г	1 ^a
Дифеноконазол, 100 г/л + + тебуконазол, 250 г/л	2 ^b	5 ^b	1 ^b	1 ^b	5 ^b	1 ^a
Дифеноконазол, 100 г/л + + тебуконазол, 250 г/л + + брексил мікс + мегафол	1 ^b	1 ^г	1 ^b	1 ^b	5 ^b	1 ^a

Примітка. Тут і в табл. 5 однаковими літерами позначено показники, що не відрізняються за рівня значущості $p \leq 0,05$.

щодо контролювання фузаріозу. В разі застосування композиції фунгіцидів та елементів живлення вміст хлорофілу у прапорцевих листках рослин озимої пшениці обох сортів зростав на 7—12 %. Однак за майже однакових значень у контрольному варіанті, в рослин сорту Подолянка цей показник був на 2—3 % вищим, ніж у рослин сорту Смуглянка.

Застосування композицій ципроконазол, 80 г/л + пропіконазол, 250 г/л + брексил мікс + мегафол (0,5 л/га + 0,5 кг/га + 2,0 л/га), ципроконазол, 80 г/л + азоксистробін, 200 г/л + брексил мікс + мегафол (0,7 л/га + 0,5 кг/га + 2,0 л/га) та дифеноконазол, 100 г/л + тебуконазол, 250 г/л + брексил мікс + мегафол (1,0 л/га + 0,5 кг/га + 2,0 л/га) забезпечувало достовірне зростання вмісту хлорофілу в рослинах озимої пшениці сортів Смуглянка і Подолянка. Отже, композиція фунгіцидів і добрив позитивно впливала на вміст хлорофілу в листках культури, безпосередньої фітотоксичності за внесення композицій похідних триазолів і стробілурину разом із добривами не встановлено.

У результаті досліджень ми спостерігали достовірне підвищення вмісту хлорофілу або тенденцію до його зростання у прапорцевих листках високопродуктивних сортів пшениці озимої порівняно з контролем у разі застосування досліджуваних фунгіцидів та елементів живлення.

За помірної дії на накопичення хлорофілу в прапорцевих листках пшениці озимої застосування фунгіцидів і добрив зумовлювало істотні зміни у вмісті хлорофілу в нижніх ярусах листків рослин. Виявлено, що у фазу цвітіння пшениці в контрольному варіанті нижні

ТАБЛИЦЯ 4. Вплив добрив та фунгіцидів на вміст хлорофілу в прапорцевих листках пшениці озимої, ВВСН 61

Варіант	Вміст хлорофілу, умовних одиниць SPAD							
	Смуглянка				Подольанка			
	Рік			Усеред- нено по роках	Рік			Усеред- нено по роках
	2015	2016	2017		2015	2016	2017	
Контроль	49,0	51,0	48,0	49,3	50,1	51,5	49,0	50,2
Брексил мікс + + мегафол	51,5	52,5	52,3	52,1	52,7	53,7	53,0	52,8
Ципроконазол, 80 г/л + + пропіконазол, 250 г/л	49,6	52,0	52,0	51,2	52,0	54,5	53,0	53,1
Ципроконазол, 80 г/л + + пропіконазол, 250 г/л + + брексил мікс + мегафол	51,4	52,0	53,4	52,3	54,4	53,1	53,1	53,5
Ципроконазол, 80 г/л + + азоксистробін, 200 г/л	50,8	53,4	53,0	52,4	52,9	54,4	53,0	53,1
Ципроконазол, 80 г/л + + азоксистробін, 200 г/л + + брексил мікс + мегафол	51,0	51,0	53,2	51,7	53,4	54,8	53,1	53,7
Дифеноконазол, 100 г/л + + тебуконазол, 250 г/л	50,7	51,0	51,0	50,9	51,0	52,2	52,0	51,7
Дифеноконазол, 100 г/л + + тебуконазол, 250 г/л + + брексил мікс + мегафол	53,0	53,9	54,9	53,9	51,0	55	55,0	53,6
НІР _{0,05}	2,7	1,9	2,0	2,1	2,3	1,8	2,1	1,9

3- і 4-й яруси листків пшениці озимої обох сортів вже засохли. Застосування комплексу мікроелементів із магнієм та амінокислотами не впливало на стан листків пшениці нижніх ярусів. За внесення композиції ципроконазол + пропіконазол та ципроконазол + азоксистробін вміст хлорофілу в листках 2- й 3-го ярусів був доволі високим. При цьому листки 4-го ярусу, як і в контрольному варіанті, у фазу цвітіння культури вже засохли.

За наявності похідного стробілурину (азоксистробін) у робочому розчині спостерігали позитивний ефект від добавляння добрив до композиції порівняно з дією композиції триазолів (ципроконазол + пропіконазол), тобто відома дія похідних стробілуринів щодо подовження вегетації посилювалася добавлянням мікроелементів з магнієм та амінокислотами. У попередніх дослідженнях ми встановили підвищення вмісту азоту в надземних органах, у зерні та рівнів ретилізації азоту з вегетативних органів у зерно [23, 24]. Всі ці ефекти можна розглядати як складові реакції подовження вегетації за дії азоксистробіну.

За дії композиції селективного щодо контролювання септоріозу дифеноконазолу із селективним щодо контролювання фузаріозу тебуконазолом залишкове зелене забарвлення листків спостерігали й у нижньому ярусі. При цьому добавляння добрив до композиції фунгіцидів зумовлювало незначне підвищення вмісту хлорофілу в листках 2- і 3-го ярусів (табл. 5).

Отже, за дії фунгіцидів підвищувались рівні накопичення хлорофілу в листках 2- і 3-го ярусів порівняно з контролем, а за дії композиції дифеноконазолу з тебуконазолом залишкове зелене забарвлення листків спостерігали й у нижньому ярусі.

Встановлено, що в разі застосування фунгіцидів сучасних класів — похідних триазолів і стробілурину — знижувались рівні ураження посівів високопродуктивних сортів пшениці озимої фузаріозом колоса. Фунгіциди ципроконазол, пропіконазол, азоксистробін, дифеноконазол і тебуконазол не виявляли фітотоксичності до рослин пшениці озимої та сприяли підвищенню вмісту хлорофілу в прапорцевих листках рослин пшениці озимої сортів Смуглянка і Подолянка. При цьому спостерігали істотне зростання вмісту хлорофілу в листках нижніх ярусів, що ймовірно пов'язано як з ефективним контролем хвороб листків пшениці, так і з відомою фізіологічною дією щодо подовження вегетації для похідних стробілуринів та триазолів [23, 24]. Незначні зміни рівнів накопичення хлорофілу в прапорцевих листках із статистично достовірними змінами рівнів накопичення хлорофілу в листках нижчих ярусів можуть бути пов'язані із захисним ефектом листків верхнього ярусу по відношенню до листків нижчих ярусів. Цей ефект особливо важливий при вирощуванні культури на бідних ґрунтах Полісся в умовах нестачі вологи та високих температур у другій половині вегетації.

У разі додавання до робочих розчинів фунгіцидів мікроелементів та амінокислот виявилась тенденція до зростання вмісту хлорофілу в прапорцевих листках і статистично достовірні зміни його

ТАБЛИЦЯ 5. Вплив добрив і фунгіцидів на вміст хлорофілу в листках нижніх ярусів пшениці озимої сортів Смуглянка і Подолянка, ВВСН 61, усереднено за 2015—2017 рр.

Варіант	Смуглянка			Подолянка		
	Ярус					
	2	3	4	2	3	4
Контроль	38,2 ^a	—	—	27,9 ^a	—	—
Брексил мікс + мегафол	39,2 ^a	—	—	28,3 ^a	—	—
Ципроконазол, 80 г/л + пропіконазол, 250 г/л	46,1 ^b	18,0 ^b	—	44,2 ^b	16,2 ^a	—
Ципроконазол, 80 г/л + пропіконазол, 250 г/л + брексил мікс + мегафол	48,1 ^b	17,4 ^a	—	45,0 ^b	13,8 ^a	—
Ципроконазол, 80 г/л + азоксистробін, 200 г/л	51,4 ^b	23,1 ^b	—	50,1 ^b	28,8 ^b	—
Ципроконазол, 80 г/л + азоксистробін, 200 г/л + брексил мікс + мегафол	54,0 ^b	27,7 ^b	—	52,9 ^{bb}	29,3 ^b	—
Дифеноконазол, 100 г/л + тебуконазол, 250 г/л	50,4 ^{bb}	24,1 ^b	19,2 ^a	51,2 ^b	23,3 ^a	17,4 ^a
Дифеноконазол, 100 г/л + тебуконазол, 250 г/л + брексил мікс + мегафол	50,9 ^{bb}	26,8 ^b	21,4 ^a	53,1 ^{bb}	24,9 ^a	20,5 ^a
НІР _{0,05}	3,5	4,7	9,1	4,1	5,4	8,6

вмісту в листках нижчих ярусів, що є важливою складовою відомого ефекту stay-green за дії похідних стробілуринів і триазолів із відповідним зростанням продуктивності посівів пшениці озимої.

Отже, встановлено, що застосування добрив на основі комплексу мікроелементів (брексил мікс) та на основі гідролізатів водоростей (із вмістом амінокислот) — мегафол у позакореневих обробках сумісно з фунгіцидами забезпечує підвищення вмісту хлорофілу в листках пшениці озимої обох сортів — Смуглянка і Подолянка. Діючі речовини досліджених фунгіцидів ефективні у контролюванні шкодочинних хвороб пшениці [23, 24]. З'ясовано, що внесення фунгіцидів у фазу ВВСН 37 забезпечує пролонговану дію для захисту посівів культури від збудників хвороб. Застосування фунгіцидів разом із добривами подовжувало вегетацію посівів. Це може зумовлювати зміни в елементному складі зерна пшениці озимої, зокрема зростання накопичення низки неорганічних катіонів та аніонів, сприяти підвищенню продуктивності культури.

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Моргун В.В., Швартау В.В., Кірізій Д.А. Фізіологічні основи формування високої продуктивності зернових злаків. Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку: зб. наук. пр. у 2 т. Київ: Логос, 2009. Т. 1. С. 11—42.
2. Моргун В.В., Швартау В.В., Киризієв Д.А. Физиологические основы формирования высокой продуктивности зерновых злаков. *Физиология и биохимия культ. растений*. 2010. **42**, № 5. С. 371—392.
3. Gupta N., Debnath S., Sharma S., Sharma P., Purohit J. Role of nutrients in controlling the plant diseases in sustainable agriculture. Springer Nature Singapore Pte Ltd. V.S. Meena et al. (eds.). *Agriculturally important microbes for sustainable agriculture*. 2017. P. 217—262. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5343-6_8
4. Karkanis A., Vellios F., Grigoriou F., Gkrimpizis T., Giannouli P. Evaluation of efficacy and compatibility of herbicides with fungicides in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) under different environmental conditions: effects on grain yield and gluten content. *Not Bot Horti Agrobo*. 2018. **46**(2). P. 601—607. <https://doi.org/10.15835/nbha46211208>
5. Dal Cortivo C., Conselvan G.B., Carletti P., Barion G., Sella L., Vamerali T. Bio-stimulant effects of seed-applied sedaxane fungicide: morphological and physiological changes in maize seedlings. *Front Plant Sci*. 2017. **8**. P. 2072. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02072>
6. May W.E., Brandt S., Hutt-Taylor K. Response of oat grain yield and quality to nitrogen fertilizer and fungicides. *Agronomy Journal*. 2020. **112**. P. 1021—1034. <https://doi.org/10.1002/agj2.20081>
7. Jevtić R., Župunski V., Lalošević M. Diversity in susceptibility reactions of winter wheat genotypes to obligate pathogens under fluctuating climatic conditions. *Sci. Rep*. 2020. **10**. P. 19608. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-76693-z>
8. Прядкіна Г.О., Швартау В.В., Михальська Л.М. Потужність фотосинтетичного апарату, зернова продуктивність та якість зерна інтенсивних сортів м'якої озимої пшениці за різного рівня мінерального живлення. *Физиология и биохимия культ. растений*. 2011. **43**, № 2. С. 158—163.
9. Шадчина Т.М., Прядкіна Г.О., Моргун В.В. Зв'язок між характеристиками фотосинтетичного апарату та зерною продуктивністю у різних сортів озимої пшениці. Досягнення і проблеми генетики, селекції і біотехнології: зб. наук. праць. Київ: Логос, 2007. Т. 2. С. 410—415.
10. Bavec F., Bavec M. Chlorophyll meter readings of winter wheat cultivars and grain yield prediction. *Commun. in soil science and plant analysis*. 2001. **32**. P. 2709—2719.
11. Vojvović B., Stojanović J. Chlorophyll content in wheat cultivars as a function of mineral nutrition. *Arch. Biol. Sci*. 2005. **57** (4). P. 283—290.
12. Petit A.N., Fontaine F., Vatsa P., Clément C., Vaillant-Gaveau N. Fungicide impacts on photosynthesis in crop plants. *Photosynthesis research*. 2012. **111**. P. 315—326. <https://doi.org/10.1007/s11120-012-9719-8>

13. Richards R.A. Selectable trains to increase crop photosynthesis and yield of grain crops. *Journal of Experimental Botany*. 2000. **51**. P. 447–458.
14. Udding J., Gelang-Alfredson J., Pikki K., Piejfel H. Evaluating the relationship between leaf chlorophyll concentration and SPAD-502 chlorophyll meter readings. *Photosynthesis research*. 2007. **91**. P. 37–46.
15. Dias M.C. Phytotoxicity: An overview of the physiological responses of plants exposed to fungicides. *Journal of Botany*. 2012. Article ID 13547. 4 p. <https://doi.org/10.1155/2012/135479>
16. Lichtenthaler H.K. Chlorophyll and carotenoids: Pigments of photosynthetic membranes. *Methods in enzymology*. 1987. **148**. P. 350–382. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(87\)48036-1](https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1)
17. Golovko T., Tabalenkova G. Pigments and productivity of the crop plants. In: Golovko T.K., Gruszecki W.I., Prasad M.N.V., Strzalka K.J. (eds.). *Photosynthetic pigments: chemical structure, biological function and ecology*. Syktyvkar: Komi Scientific Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2014. P. 207–220.
18. Peingao L. Structural and biochemical mechanism responsible for the stay-green phenotype in common wheat. *Chi. Sci. Bull.* 2013. **51**. P. 2595–2603.
19. Christopher J.T., Christopher M.J., Borrell A.K., Fletcher S., Chenu K. Stay-green traits to improve wheat adaptation in well-watered and water-limited environments. *Journal of Experimental Botany*. 2016. **67**(17). P. 5159–5172. <https://doi.org/10.1093/jxb/erw276>
20. Швартау В.В., Рязанова М.Е., Михальская Л.Н., Каменчук О.П. Влияние гидроксид меди и проквиназида на урожайность и накопление микроэлементов в зерне озимой пшеницы. *Физиология растений и генетика*. 2015. **47** (4). С. 279–286.
21. Pask A.J.D., Pietragalla J., Mullan D.M., Reynolds M.P. (Eds.). *Physiological Breeding II: A field guide to wheat phenotyping*. Mexico. D.F.: CIMMYT. 2012.
22. Reynolds M.P., Pask A.J.D., Mullan D.M. (Eds.). *Physiological Breeding I: Interdisciplinary approaches to improve crop adaptation*. Mexico. D.F.: CIMMYT. 2012.
23. Швартау В.В., Зозуля О.А., Михальська Л.М., Санін О.Ю. Фузаріози культурних рослин: основи біології та шляхи контролювання. Київ: Логос, 2016. 156 с.
24. Швартау В.В., Зозуля О.Л., Михальська Л.М. Фузаріози: розповсюдження та основи контролювання. Київ: Логос, 2019. 219 с.

Отримано 23.12.2020

REFERENCES

1. Morgun, V.V., Shvartau, V.V. & Kyriziy, D.A. (2009). Physiological bases of formation of high productivity of grain cereals. *Plant physiology: problems and prospects*, Kyiv: Logos, 1, pp. 11-42 [in Ukrainian].
2. Morgun, V.V., Shvartau, V.V. & Kiriziy, D.A. (2010). Physiological basis for the formation of high productivity of cereals. *Physiology and Biochemistry Cult. Plants*, 42 (5), pp. 371-392 [in Russian].
3. Gupta, N., Debnath, S., Sharma, S., Sharma, P. & Purohit, J. (2017). Role of nutrients in controlling the plant diseases in sustainable agriculture. Springer Nature Singapore Pte Ltd. V.S. Meena et al. (Eds.). *Agriculturally important microbes for sustainable agriculture*, pp. 217-262. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5343-6_8
4. Karkanis, A., Vellios, F., Grigoriou, F., Gkrimpizis, T. & Giannouli, P. (2018). Evaluation of efficacy and compatibility of herbicides with fungicides in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) under different environmental conditions: effects on grain yield and gluten content. *Not Bot Horti Agrobo*, 46 (2), pp. 601-607. <https://doi.org/10.15835/nbha46211208>
5. 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>
6. May, W.E., Brandt, S. & Hutt-Taylor, K. (2020). Response of oat grain yield and quality to nitrogen fertilizer and fungicides. *Agronomy Journal*, 112, pp. 1021-1034. <https://doi.org/10.1002/agj2.20081>
7. Jevtić, R., Župunski, V. & Lalošević, M. (2020). Diversity in susceptibility reactions of winter wheat genotypes to obligate pathogens under fluctuating climatic conditions. *Sci Rep.*, 10, p. 19608. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-76693-z>
8. Pryadkina, G.O., Shvartau, V.V. & Mykhalska, L.M. (2011). Photosynthetic power, grain productivity and grain quality of intensive varieties of soft winter wheat at different

- levels of mineral nutrition. *Physiology and Biochemistry of Cultivated Plants*, 43 (2), pp. 158-163 [in Ukrainian].
9. Shadchina, T.M., Pryadkina, G.O., & Morgun, V.V. (2007). Relationship between the characteristics of the photosynthetic apparatus and grain productivity in different varieties of winter wheat. *Achievements and problems of genetics, selection and biotechnology: collection of scientific papers*, K.: Logos, 2, P. 410-415. [in Ukrainian]
 10. Bavec, F. & Bavec, M. (2001). Chlorophyll meter readings of winter wheat cultivars and grain yield prediction. *Commun. in soil science and plant analysis*, 32, pp. 2709-2719.
 11. Bojovici, B. & Stojanovic, J. (2005). Chlorophyll content in wheat cultivars as a function of mineral nutrition. *Arch. Biol. Sci.*, 57 (4), pp. 283-290.
 12. Petit, A.N., Fontaine, F., Vatsa, P., Clément, C. & Vaillant-Gaveau, N. (2012). Fungicide impacts on photosynthesis in crop plants. *Photosynthesis Research*, 111, pp. 315-326. <https://doi.org/10.1007/s11120-012-9719-8>
 13. Richards, R.A. (2000). Selectable traits to increase crop photosynthesis and yield of grain crops. *Journal of Experimental Botany*, 51, pp. 447-458.
 14. Udding, J., Gelang-Alfredson, J., Pikki, K. & Pieijel, H. (2007). Evaluating the relationship between leaf chlorophyll concentration and SPAD-502 chlorophyll meter readings. *Photosynthesis Research*, 91, pp. 37-46.
 15. Dias, M.C. (2012). Phytotoxicity: An overview of the physiological responses of plants exposed to fungicides. *Journal of Botany*, Article ID 135479, 4 p. <https://doi.org/10.1155/2012/135479>
 16. Lichtenthaler, H.K. (1987). Chlorophyll and carotenoids: Pigments of photosynthetic membranes. *Methods in Enzymology*, 148, pp. 350-382. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(87\)48036-1](https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1)
 17. Golovko, T. & Tabalenkova, G. (2014). Pigments and productivity of the crop plants. In: Golovko, T.K., Gruszecki, W.I., Prasad M.N.V. & Strzalka K.J. (Eds.). *Photosynthetic pigments: chemical structure, biological function and ecology*. Syktyvkar: Komi Scientific Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, pp. 207-220.
 18. Peingao, L. (2013). Structural and biochemical mechanism responsible for the stay-green phenotype in common wheat. *Chi. Sci. Bull.*, 51, pp. 2595-2603.
 19. Christopher, J.T., Christopher, M.J., Borrell, A.K., Fletcher, S. & Chenu, K. (2016). Stay-green traits to improve wheat adaptation in well-watered and water-limited environments. *Journal of Experimental Botany*, 67 (17), pp. 5159-5172. <https://doi.org/10.1093/jxb/erw276>
 20. Schwartau, V.V., Riazanova, M.E., Mykhalska, L.M. & Kamenchuk, O.P. (2015). Effect of copper hydroxide and proquinazid on yield and microelements accumulation in winter wheat grain. *Plant Physiology and Genetics*, 47 (4), pp. 279-286 [in Ukrainian].
 21. Pask, A.J.D., Pietragalla, J., Mullan, D.M. & Reynolds, M.P. (Eds.). (2012). *Physiological Breeding II: A field guide to wheat phenotyping*. Mexico. D.F.: CIMMYT.
 22. Reynolds, M.P., Pask, A.J.D. & Mullan, D.M. (Eds.). (2012). *Physiological Breeding I: Interdisciplinary approaches to improve crop adaptation*. Mexico. D.F.: CIMMYT.
 23. Schwartau, V.V., Zozulya, O.L., Mykhalska, L.M. & Sanin O.Y. (2016). *Fusarium of cultural plants: the basics of biology and ways of control*. Kyiv: Logos, 156 p. [in Ukrainian].
 24. Schwartau, V.V., Zozulya, O.L. & Mykhalska, L.M. (2019). *Fusarium: distribution and basics of control*. Kyiv: Logos, 219 p. [in Ukrainian].

Received 23.12.2020

INFLUENCE OF NUTRITIONAL ELEMENTS AND FUNGICIDES ON CHLOROPHYLL CONTENT IN LEAVES OF HIGHLY PRODUCTIVE WINTER WHEAT VARIETIES

L.M. Mykhalska, O.Yu. Sanin, V.O. Tretyakov

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

The influence of nutrients and fungicides on the chlorophyll content in the leaves of winter wheat of high-yielding varieties Smuglyanka and Podolyanka was studied. There was a tendency to increase the chlorophyll content in the flag leaves of winter wheat and a statistically significant increase in its content in the leaves of the 2nd and 3rd levels under the application of compositions of triazole derivatives, strobilurin and microelements with magnesium and amino acids. Peculiarities of strengthening the chlorophyll accumulation in the leaves of different levels and the influence on the formation of crop productivity are considered.

Key words: *Triticum aestivum* L., inorganic elements, fungicides, *Fusarium*, chlorophyll, SPAD-index.