



# Землеробство, грунтознавство, агрохімія

УДК 631.811

© 2022

## СОРТОВА СПЕЦИФІКА ПОТРЕБ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В ЕЛЕМЕНТАХ ЖИВЛЕННЯ В УМОВАХ НЕСТІЙКОГО ЗВОЛОЖЕННЯ

М.М. Мірошниченко<sup>1</sup>, А.М. Звонар<sup>2</sup>, Є.В. Панасенко<sup>3</sup>

<sup>1</sup>доктор біологічних наук, член-кореспондент НААН

<sup>2</sup>доктор філософії

<sup>3</sup>кандидат сільськогосподарських наук

Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії  
імені О. Н. Соколовського»

вул. Чайковська, 4, м. Харків, 61024, Україна

e-mail: <sup>1</sup>ecosoil@meta.ua, <sup>2</sup>zvonaranastasia@gmail.com, <sup>3</sup>panasenko-evgeniy777@ukr.net

ORCID: <sup>1</sup>0000-0003-2830-5933, <sup>2</sup>0000-0002-4620-7125, <sup>3</sup>0000-0002-5248-0179

Надійшла 16.04.2022

**Мета.** Виявлення особливостей накопичення елементів живлення в продуктивній частині рослин нових сортів пшениці озимої в роки з різними гідротермічними умовами після відновлення вегетації. **Методи.** На чорноземі типових сортовипробувального полігона після відновлення весняної вегетації в 2018–2020 рр. досліджували надходження NPK, Zn, Mn та Cu до рослин пшениці озимої 4-х сортів-національних стандартів та 8-ми сортів селекції країн ЄС. **Результати.** Серед сортів іноземної селекції найбільший уміст азоту в зерні за весь період досліджень був у сорту Арктіс (2,34%), серед вітчизняних — сорту Бунчук (2,18%), найменший — у сортів Мандіца (1,62%) та Смуглянка (1,83%). Сорт Розкішна є відносно невибагливим до фосфору і калію, сорт Бодічек — до калію незалежно від умов вегетації. Відзначено й мінливу реакцію споживання. За сприятливих умов зволоження пшениця сорту Анніца збільшувало накопичення PK, сорту Арктіс — P. Сорт Дарія має сталу високу потребу в Zn та Mn, але змінну потребу в Cu, сорт Матрікс — сталу невисоку потребу в Zn та Mn. Розроблено рекомендації щодо збільшення або зменшення норм унесення NPK, добрив і мікроелементів для кожного досліджуваного сорту зарубіжної селекції відносно норм удобрення сортів-національних стандартів. **Висновки.** Виявлено сорти, що мають ознаки сталого посиленого або зменшеного накопичення елементів живлення, а також сорти, що змінюють концентрацію NPK і мікроелементів у кінцевій продукції в роки з посушливими та сприятливими погодними умовами весняно-літньої вегетації. Запропоновано проводити тестування живлення нових сортів пшениці під час робіт із сортовипробування для подальшого коригування норм унесення добрив.

**Ключові слова:** сорти, умови вегетації, NPK, мікроелементи, зерно, солома, сортовипробувальні ділянки.

**DOI:** <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202206-01>

За оцінками експертів ООН, розв'язана Росією 24.02.2022 р. агресивна війна може спричинити найбільшу продовольчу кризу з часів Другої світової війни та голод у багатьох країнах, адже 50% зерна для глобальної продовольчої програми закуповувалося саме в Україні [1]. З урахуванням прогнозованого дефіциту зерна у світі поставлено завдання — вдосконалити технології вирощування головних зернових культур, зокрема пшениці озимої, сучасні сорти якої мають потенціал продуктивності 10–13 т/га [2]. Певною мірою цьому сприяють і кліматичні зміни, що супроводжуються пом'якшенням умов перезимівлі рослин, а прогнозоване збільшення концентрації CO<sub>2</sub> в повітрі може підвищити рівень урожайності ще на 14% [3]. З іншого боку, у теплий період року збільшилася нерівномірність зволоження, посилилися процеси деградації ґрунтів та умови живлення рослин, тому реальна врожайність пшениці озимої здебільшого перебуває на рівні 5–8 т/га [2, 4]. Отже, навіть за скорочення посівних площ через воєнні дії, в Україні є резерви нарощування обсягів виробництва зерна, які можна й потрібно задіяти для скорішого економічного відродження.

Слід зазначити, що завдяки генетичним поліпшенням найбільш продуктивні сорти пшениці озимої мають дуже високий рівень засвоєння азоту та його реутилізації [5], частково це стосується також інших елементів живлення [6]. Тому вдосконалення системи удобрення є неодмінною складовою реалізації генетичної продуктивності культури пшениці озимої, а для правильної стратегії застосування добрив важливе розуміння взаємодії генотипу, навколишнього середовища та заходів управління живленням [7].

Ще в середині минулого століття було встановлено, що більш засухоустійкі сорти зернових культур ефективніше використовують підвищені норми елементів живлення за зниженої вологості ґрунту, ніж нестійкі форми [8], це було підтверджено дослідниками в Австралії [9, 10], Індії [11], Україні [12] та інших країнах. Доведено, що

ефективність споживання води та поживних речовин тісно пов'язані між собою, хоча й не лінійно для окремих елементів [11, 12]. За даними авторів [12], за умов водного стресу концентрація заліза в зерні та соломі зменшувалася, калію — збільшувалася, цинку — збільшувалася в соломі та зменшувалася в зерні [10].

Різниця акумуляції мінеральних елементів у зерні сортів пшениці може бути зумовлена відмінностями адаптаційної здатності генотипів та їхньої реакції на різні ґрунтово-кліматичні умови [13]. Зокрема, у 29-ти корейських сортів уміст Cu, Mn, Zn становив відповідно 1,2–7,1; 16,5–44,8; 25,8–66,8 мг/кг [14]. Про значну різницю вмісту заліза та цинку в різних генотипах повідомляють автори [15–17].

На жаль, інформація про елементний склад зерна та соломи пшениці озимої нових сортів іноземної селекції, які поширюються в Україні, є дуже обмеженою. Як зазначають автори [18], така ситуація властива й іншим країнам. Ще менше відомостей про реакцію живлення нових сортів на посушливі умови, які складаються останніми роками. Підвищена мінливість клімату потребує цілеспрямованого управління живленням для мінімізації витрат у менш сприятливі сезони та досягнення найбільшої окупності за сприятливих умов. Однак традиційний підхід до проєктування систем удобрення без урахування умов середовища та сортових відмінностей споживання поживних речовин не дає можливості ухвалювати більш обґрунтовані рішення щодо управління живленням пшениці озимої.

**Мета досліджень** — виявлення особливостей накопичення елементів живлення в продуктивній частині рослин нових сортів пшениці озимої в роки з різними гідротермічними умовами після відновлення вегетації.

**Методика досліджень.** Дослідження проводили впродовж 2018–2020 рр. на сортовипробувальному полігоні дослідного поля Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН (Харківський р-н Харківської обл.)

на чорноземах типових середньогумусних важкосуглинкових, які характеризуються низьким рівнем умісту мінерального азоту, високим рівнем рухомого фосфору та підвищеним — рухомого калію відповідно до прийнятих в Україні градацій. Досліджували пшеницю озиму 4-х сортів, які є національними стандартами України — Розкішна (Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва), Бунчук (Селекційно-генетичний інститут — Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення), Смуглянка та Подолянка (Інститут фізіології рослин та генетики НАН України), а також 8-ми сортів селекції країн ЄС — Балітус, Панонікус (Saatzucht Donau, Австрія), Арктіс, Матрікс (Deutsche Saatveredelung AG, Німеччина), Анніца, Мандіца (Zagreb Bc Institute, Хорватія), Бодічек і Дарія (RAGT Semences, Чехія).

Розміщення ділянок із різними сортами рендомізоване, розміром 1,25×2,4 м кожна. Система удобрення пшениці озимої складалася з унесення 25 т/га ґною під попередник — чорний пар, передпосівного внесення 100 кг/га нітроамофоски ( $N_{16}P_{16}K_{16}$ ) та ранньовесняного підживлення по мерзлоталому ґрунту 100 кг/га аміачної селітри ( $N_{34}$ ). Проби зерна та соломи ( $n=15-20$  рослин) відбирали перед збиранням урожаю в 3-разовій повторності. Уміст азоту, фосфору та калію в зерні та солімі визначали методом мокрого озолення з аналітичним закінченням на спектрофотометрі СФ-4 та полуміневному фотометрі CL-22D, уміст мікроелементів — на атомно-абсорбційному спектрофотометрі AANALYST 400 після мінералізації згідно з ДСТУ 7670. Статистичний аналіз одержаних даних виконано з використанням програми Statistica 10.

**Результати досліджень.** Нині характерним кліматичним трендом стало зменшення кількості опадів у квітні та вересні—жовтні і збільшення температури у весняні та літні місяці [19]. Кількісні дані реєстрації метеорологічних умов вирощування пшениці озимої від відновлення весняної вегетації в квітні до збирання врожаю відповідають сучасній тенденції кліматичних змін щодо збільшення ризиків виникнення абіотичних стресів у цей період (табл. 1).

У 2018–2020 рр. середня температура повітря в травні — червні перевищувала середньобагаторічні дані на 1,7°C, а кількість опадів зменшилася на 15,8 мм (11%), що відповідає зниженню гідротермічного коефіцієнта (ГТК) за Селяниновим з 1,02 до 0,86. Посушливі умови вегетації спостерігалися в 2018 р. (особливо в квітні — травні) та 2019 р. (особливо в червні), а 2020 р. характеризувався прохолоднішим та краще зволеним вегетаційним періодом. Така різноманітність погодних умов дає змогу простежити їхній вплив на накопичення елементів живлення в продукції пшениці озимої окремих сортів.

З елементів живлення споживання азоту найбільше пов'язане з умовами зволоження, причому найвища ефективність його споживання спостерігається за дефіциту води [20]. Середній уміст азоту в зерні досліджуваної вибірки — 1,96%, але розбіжність між окремими сортами становила 1,79–2,37% у 2018 р., 1,48–2,58 — 2019 р. та 1,44–2,25 — у 2020 р. Зокрема, із сортів іноземної селекції найбільший уміст азоту в зерні за весь період досліджень був у сорту Арктіс (2,34%), серед вітчизняних — сорту Бунчук (2,18%), найменший — у сортів Мандіца (1,62%) та Смуглянка (1,83%). Згідно з даними рис. 1а ці особливості зазначених вище сортів спостерігалися майже кожного року. Відзначено й мінливу реакцію споживання азоту окремими сортами, скажімо, значне зменшення накопичення в пшениці Подолянка у 2019 р. через аномальну спеку під час досягання зерна. Безумовним лідером за накопиченням азоту в солімі виявився сорт Матрікс (рис. 1б).

Дослідженнями доведено, що ефективність споживання фосфору різними сортами пшениці озимої також має істотні відмінності [21, 22]. Однак сталість таких відмінностей за різних гідротермічних умов не з'ясовано. За даними досліджень, сорти Розкішна, Бодічек можна вважати відносно невибагливими щодо фосфору незалежно від зволоження, тоді як сорти пшениці Анніца та Арктіс збільшували накопичення цього елемента в зерніках за сприятливих умов (рис. 2а).

Подібні риси має також поглинання калію (рис. 2б) рослинами пшениці сортів

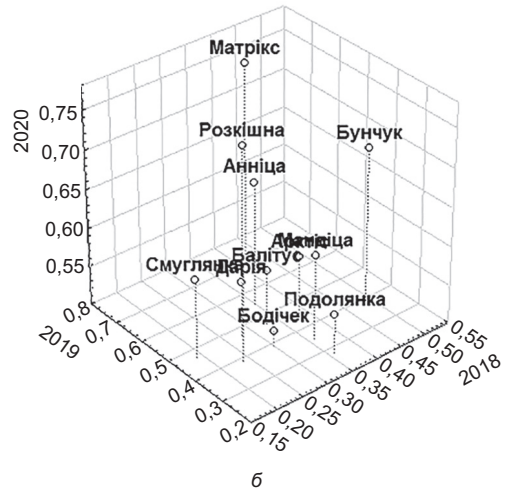
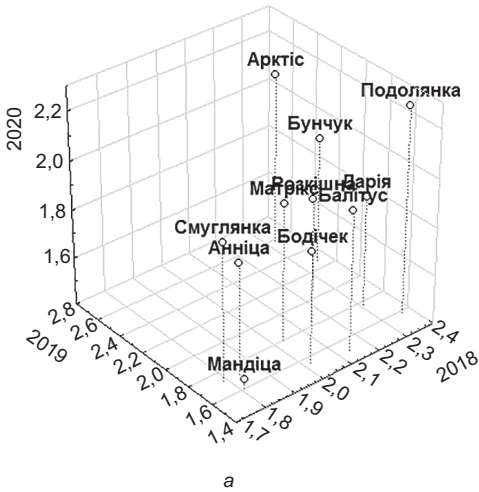
**1. Гідротермічні умови вирощування пшениці після відновлення її вегетації у 2018–2020 рр. порівняно із середніми багаторічними даними**

Рік	Місяці	Середня температура повітря, t°C	Кількість опадів, мм	ГТК
2018	Квітень	12,4	12,9	0,34
	Травень	19,9	15,9	0,26
	Червень	21,6	43,5	0,67
	<b>Квітень – червень</b>	<b>18,0</b>	<b>72,3</b>	<b>0,44</b>
2019	Квітень	11,5	44,5	1,29
	Травень	18,4	43,4	0,76
	Червень	24,8	15,2	0,20
	<b>Квітень – червень</b>	<b>18,2</b>	<b>103,1</b>	<b>0,62</b>
2020	Квітень	8,8	13,7	0,52
	Травень	13,5	137,0	3,27
	Червень	21,9	54,2	0,82
	<b>Квітень – червень</b>	<b>14,7</b>	<b>204,9</b>	<b>1,53</b>
2018–2020	Квітень	10,9	23,7	0,72
	Травень	17,3	65,4	1,22
	Червень	22,8	37,6	0,55
	<b>Квітень – червень</b>	<b>17,0</b>	<b>126,7</b>	<b>0,86</b>
Середні багаторічні дані	Квітень	9,6	35,5	1,23
	Травень	16,1	43,7	0,88
	Червень	20,2	63,3	1,04
	<b>Квітень – червень</b>	<b>15,3</b>	<b>142,5</b>	<b>1,02</b>

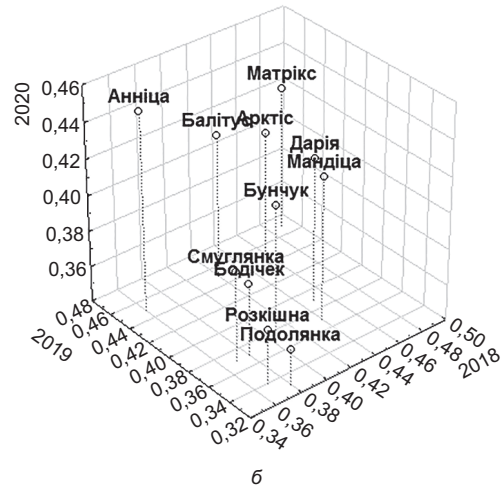
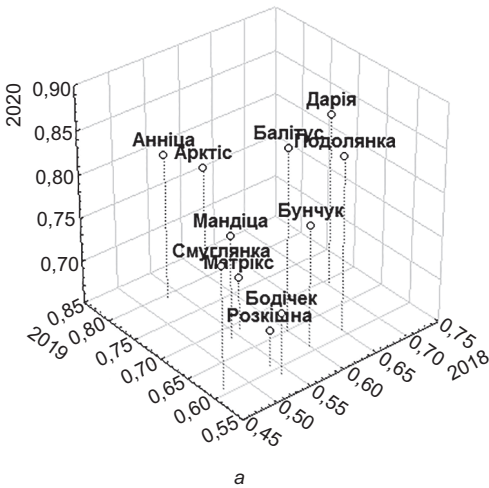
Розкішна (стала невибагливість), Анніца (збільшення поглинання з посиленням зволоження), Смуглянка та Матрікс (посереднє накопичення за будь-яких умов). К-ефективні генотипи можуть мати більшу площу поглинання кореневої системи та посилену ексудацію органічних сполук [23], істотне значення відіграють також явища синергізму K–Na, K–NH<sub>4</sub> [24, 25]. Дослідження свідчать про те, що попри різні фізіологічні значення фосфору і калію споживання цих елементів рослинами окремих сортів може мати спільну характеристику в разі сталості цих ознак у різні роки.

Доведено, що так звані ефективні за мікроелементами генотипи мають здатність краще засвоювати та використовувати елементи живлення за абіотичних і біотичних стресів [26]. Крім того, стабільність накопичення мікроелементів у зерні є важливою ознакою відбору сортів для органічного землеробства та біофортificaції [27]. У мікроелементному живленні пшениці озимої

провідне значення мають марганець та мідь, однак, через низьку забезпеченість більшості ґрунтів цинком цей елемент також варто долучити до характеристики сортових особливостей [28]. Проте дослідження показують, що поєднати всі ці мікроелементи в одній групі проблематично через специфічність їхньої дії. У досліджуваній вибірці сортів лише цинк та марганець виявили істотні на рівні  $r=0,1$  кореляційні зв'язки між собою ( $r=0,60$  у 2018 р.,  $r=0,56$  у 2019,  $r=0,60$  у 2020 р.). Як зазначав автор [29], Zn-ефективність генотипів досягається за рахунок збільшення чисельності та довжини тонких коренів, виділення фітосидерофорів, ефективнішого використання та розподілу цинку всередині клітин, тканини та органів, а для Mn-ефективності також властиві 2 останні механізми. За даними досліджень, дуже подібну акумуляцію Zn та Mn за всі 3 роки виявили сорти Дарія (висока потреба) та Матрікс (знижена потреба) (рис. 3). Інші сорти також мали спільні риси



**Рис. 1. Уміст азоту в зерні (а) та соломі пшениці озимої (б) різних сортів (2018–2020 рр.), %**



**Рис. 2. Уміст фосфору (а) та калію (б) у зерні пшениці озимої різних сортів (2018–2020 рр.), %**

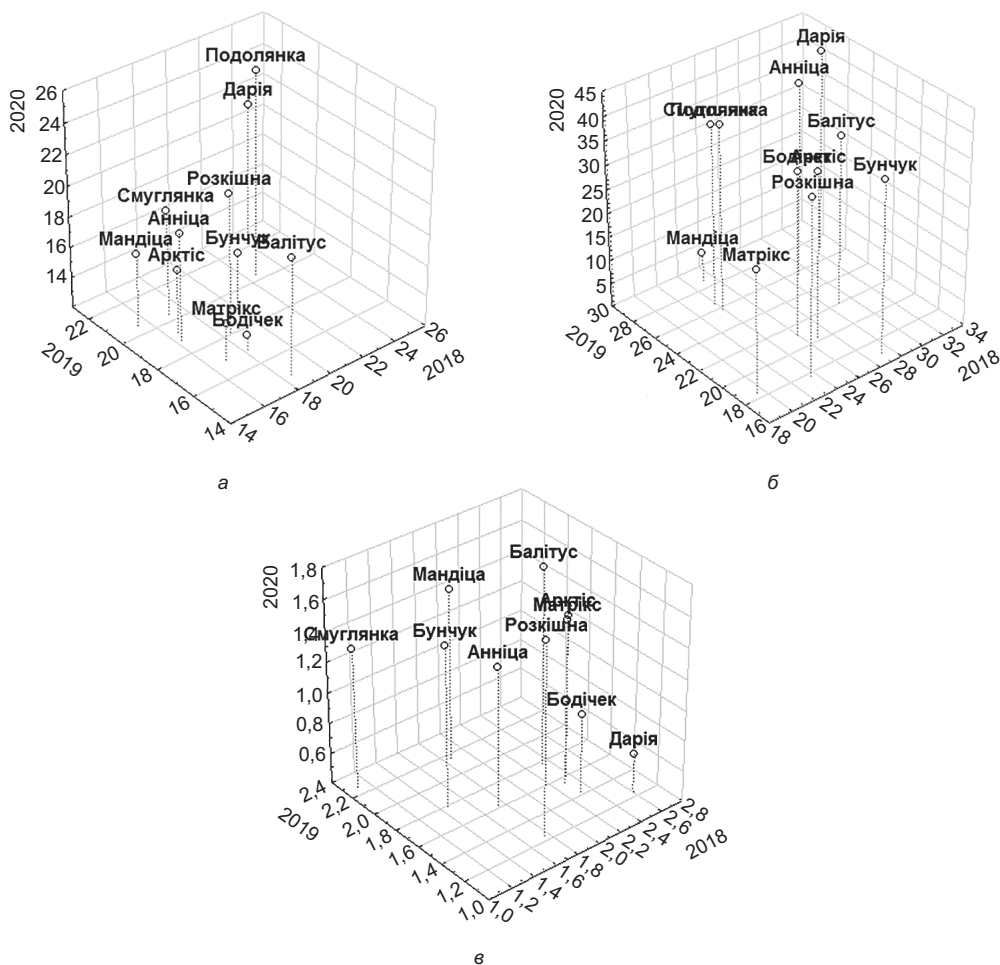
накопичення цих елементів, хоча й дещо мінливі в окремі роки. На відміну від цього уміст міді в зерні пшениці сорту Дарія виявився найнижчим у 2019–2020 рр., але значно збільшився за посушливих умов 2018 р., тобто цей сорт мав специфічні риси поглинання  $\text{Cu}$ , залежні від навколишнього середовища.

Загалом за 2018–2020 рр. середній уміст  $\text{Cu}$  в зерні пшениці становив  $1,66 \pm 0,08$  мг/кг,  $\text{Mn}$  —  $27,0 \pm 1,3$ ,  $\text{Zn}$  —  $18,6 \pm 0,5$  мг/кг. Такі концентрації відповідають даним дослід-

жень інших дослідників щодо міді та марганцю, але різняться щодо цинку. Це значно вище, ніж одержано в Туреччині [13], але поступається накопиченню цинку в пшениці, вирощеній у Кореї [14], Австралії [15] та Фінляндії [17]. З урахуванням даних інших досліджень вітчизняних учених [30–32] концентрація цинку в зерні української пшениці може бути 5,2–25,4 мг/кг.

Отже, наші дослідження підтверджують наявність сталих особливостей потреб окремих сортів в елементах живлення і тим-





**Рис. 3. Уміст мікроелементів у зерні пшениці озимої різних сортів (2018–2020 рр.), мг/кг: а – уміст цинку в зерні; б – уміст марганцю в зерні; в – уміст міді в зерні**

часової специфіки, зумовленої погодними умовами на період вегетації. У першому випадку на основі вивчення сорту під час його державних випробувань можна передбачити особливі потреби щодо живлення та відповідно скоригувати систему удобрення. Однак, якщо зміни живлення матимуть різноспрямований характер за різних гідротермічних умов, то, напевно передбачити специфіку споживання елементів живлення важко. Прикладом може бути сорт Дарія, рослини якого накопичували  $\text{Cu}$  у посушливий рік на 34% більше порівняно із середнім його накопиченням за 3 роки, але вдвічі менше за сприятливого зволоження.

Для врахування сортових особливостей живлення рослин авторами статті розроблено спеціальний метод тестування (заявка на винахід А 2021 00482), результати якого подають у вигляді зведених показників сортової специфічності за кожним з елементів живлення та рекомендацій щодо відповідного збільшення або зменшення норм унесення добрив для кожного нового сорту відносно норм удобрення сортів-національних стандартів (табл. 2). Для встановлення зведених показників сортової специфічності використано дані стосовно особливостей накопичення елементів живлення не лише в кінцевій продукції, а й у надземній частині

## 2. Рекомендації щодо коригування норми внесення добрив під пшеницю озиму сортів європейської селекції

Сорт	Коригування зональних норм унесення добрив, %					
	Основні елементи живлення			Мікроелементи		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Zn	Mn	Cu
Анніца	+5	+15	0	-5	+45	+20
Арктіс	+10	+10	+15	-10	0	+5
Балітус	0	+5	0	-5	+5	+5
Бодічек	-5	-5	0	-25	+15	-25
Дарія	0	0	+5	+5	+20	+5
Мандіца	-5	0	+10	-20	+20	-5
Панонікус	+15	+5	+10	0	+25	+15
Матрікс	+15	+15	+20	-5	0	+25

рослин у критичні фази розвитку — кушніня, трубкування, цвітіння, опубліковані нами раніше [33].

Отже, за допомогою розробленого способу можна досягти постійного оновлення наукових рекомендацій щодо зональних систем раціонального удобрення, установлених у стаціонарних польових

дослідах, де вирощують сорти-національні стандарти, відносно потреб нових селекціонованих сортів. Тестування живлення слід проводити під час робіт із сортови-пробування, що забезпечить удосконалення сортової агротехніки вирощування пшениці нових сортів у різних регіонах України.

### Висновки

Накопичення елементів живлення продукцією пшениці озимої має сортову специфіку, яка може бути сталою, а може проявлятися лише за певних гідротермічних умов вегетації. Серед досліджуваних у 2018–2020 рр. 12-ти сортів вітчизняної та іноземної селекції сорти Арктіс і Бунчук виявили сталий підвищений уміст азоту в зерні, Розкішна — знижений уміст фосфору та калію, Дарія — підвищений уміст цинку та марганцю, Матрікс — низькі концентрації цих мікроелементів.

Помітну залежність живлення від гідротермічних умов виявили сорти Подолянка (щодо азоту), Анніца (щодо фосфору та калію), Дарія (щодо міді).

За даними накопичення NPK, Zn, Mn та Cu в рослинах у критичні фази їхнього розвитку та кінцевій продукції розраховано зведені показники сортової специфічності та розроблено рекомендації щодо коригування норм унесення добрив для 8-ми сортів пшениці озимої зарубіжної селекції.

Miroshnychenko M.<sup>1</sup>, Zvonar M.<sup>2</sup>, Panasenko E.<sup>3</sup>  
NRC «O. Sokolovskyi Institute of Soil Science and Agrochemistry», 4 Tchaikovsky Str., Kharkiv, 61024, Ukraine; e-mail: <sup>1</sup>ecosoil@meta.ua, <sup>2</sup>zvonaranastasia@gmail.com, <sup>3</sup>panasenko-evgeniy777@ukr.net; ORCID: <sup>1</sup>0000-0003-2830-5933, <sup>2</sup>0000-0002-4620-7125, <sup>3</sup>0000-0002-5248-0179

**Variety specificity of winter wheat requirement in nutritional elements in conditions of unstable moisture**

**Goal.** To identify the peculiarities of the accumulation of nutrients in the productive part of plants of new varieties of winter wheat in years with different hydrothermal conditions after the restoration of vegetation. **Methods.** On typical chernozems of varietal testing grounds after the restoration of spring vegetation in 2018–2020, the supply of NPK, Zn, Mn, and Cu to winter wheat plants of 4 varieties of national standards and 8 varieties of selection of EU countries was studied. **Results.** Among the varieties

of foreign selection, the highest nitrogen content in grain for the entire period of research was in the variety Arktis (2.34%), among domestic varieties — Bunchuk (2.18%), the lowest — in the varieties Manditsa (1.62%) and Smuglianka (1.83%). The variety Rozkishna is relatively undemanding to phosphorus and potassium, the variety Bodichek — to potassium, regardless of growing conditions. A variable consumption response was also fixed. Under favorable moisture conditions, the plants of the variety Annitsa increased the accumulation of RK, the variety Arktis — of P. The variety Dariya has a constant high need for Zn and Mn, but a variable need for Cu, while the variety Matrix — a constant low need for Zn and Mn. Recommendations were developed for

increasing or decreasing the rates of application of NPK, fertilizers, and microelements for each studied variety of foreign selection concerning the norms of fertilization of national standards. **Conclusions.** Varieties with signs of constant increased or decreased accumulation of nutrients, as well as varieties that change the concentration of NPK and trace elements in the final product in years with arid and favorable weather conditions of spring vegetation were identified. It is proposed to test the nutrition of new varieties of wheat during variety testing to further adjustment of the rates of fertilizer application.

**Key words:** varieties, vegetation conditions, NPK, microelements, grain, straw, varietal test plots.  
**DOI:** <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202206-01>

## Бібліографія

1. *The War in Ukraine Is Creating the Greatest Global Food Crisis Since WWII, the U.N. Says*; by ed. M. Leaderer. AP. Time, March 30, 2022. <https://time.com/6162598/ukraine-war-food-shortage/>
2. Senapati N., Semenov M.A. Large genetic yield potential and genetic yield gap estimated for wheat in Europe. *Global Food Security*. 2020. V. 24. 100340. doi: 10.1016/j.gfs.2019.100340
3. Ma S., Churkina G., Gessler A. et al. Yield gap of winter wheat in Europe and sensitivity of potential yield to climate factors. *Climate Research*. 2016. V. 67. P. 179–190. doi: 10.3354/cr01367
4. Nazarenko M., Mykolenko S., Okhmat P. Variation in grain productivity and quality of modern winter wheat varieties in northern Ukrainian Steppe. *Ukrainian J. of Ecology*. 2020. № 10(3). P. 102–108. doi: 10.15421/2020.175
5. Barraclough P.B., Lopez-Bellido R., Hawkesford M.J. Genotypic variation in the uptake, partitioning and remobilization of nitrogen during grain-filling in wheat. *Field Crops Research*. 2014. V. 156. P. 242–248. doi: 10.1016/j.fcr.2013.10.004
6. Hamnér K., Weih M., Eriksson J., Kirchmann H. Influence of nitrogen supply on macro- and micronutrient accumulation during growth of winter wheat. *Field Crops Research*. 2017. V. 213. P. 118–129. doi: 10.1016/j.fcr.2017.08.002
7. Hawkesford M. J., Riche A. B. Impacts of G×E×M on Nitrogen Use Efficiency in Wheat and Future Prospects. *Frontiers in Plant Science*. 2020. 11. 1157. doi: 10.3389/fpls.2020.01157
8. Балашев Л.Л. Государственное сортоиспытание зерновых культур в СССР (краткий обзор развития сортоиспытания). *Информационный бюллетень. Государственная комиссия по сортоиспытанию зерновых культур при Министерстве сельского хозяйства СССР*. 1947. № 11 (128). С. 12.
9. McDonald G., Bovill W., Huang C., Lidtfoot D. Nutrient Use Efficiency. In: *Genomics and Breeding for Climate-Resilient Crops*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2013. V. 2. 487 p. doi: 10.1007/978-3-642-37048-9\_10
10. Cossani C.M., Ware A., Sadras V.O. Selection for yield increased nitrogen-water co-limitation, NUE and WUE in Australian wheat. *Proceedings of the 18th Australian Society of Agronomy Conference*, 24–28 Sept. 2017, Ballarat, Australia. 2017. P. 1–4. <https://www.agronomyaustraliaproceedings.org/>
11. Kumari A., Sairam R.K., Singh S.K. Nutrient Content in Grain and Straw of Different Wheat Genotypes as Affected by Moisture Stress. *International J. of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2019. № 8(2). P. 1977–1988. doi: 10.20546/ijcmas.2019.802.232
12. Ходос В.М., Ваїда П.В. Поглинання елементів живлення та продуктивність озимої пшениці за різних доз та способу застосування мінеральних добрив в умовах оптимального та недостатнього водозабезпечення. *Науковий вісник Ужгородського університету*. Сер. Біологія. 2007. Вип. 20. С. 214–219.
13. Sancar B. Mineral content of some bread wheat cultivars. *Cereal Research Communications*. 2022. doi: 10.1007/s42976-021-00235-0
14. Choi I., Kang J.-N., Lee C.-K., Park K.-G. Mineral Compositions of Korean Wheat Cultivars. *Preventive Nutrition and Food Science*. 2013. № 18(3). P. 214–217. doi: 10.3746/pnf.2013.18.3.214
15. Monasterio I., Graham R.D. Breeding for trace minerals in wheat. *Food and Nutritional Bulletin*. 2000. V. 21. № 4. P. 392–396.
16. Szira F., Monostori I., Galiba G. et al. Micro-nutrient Content and Nutritional values of Commercial Wheat Flours and Flours of Field-grown Wheat Varieties — A Survey in Hungary. *Cereal Research Communications*. 2013. doi: 10.1556/CRC2013.0059



17. Gyori Z. Evaluation of the mineral content of winter wheat. *MOJ Food Processing & Technology*. 2017. V. 4. Is. 4. P. 122–123. doi: 10.15406/mojfpt.2017.04.00101

18. Manschadi A.M., Soitany A. Variation in traits contributing to improved use of nitrogen in wheat: Implications for genotype by environment interaction. *Field Crops Research*. 2021. V. 270. P. 108–211. doi: 10.1016/j.fcr.2021.108211

19. Грицюк П.М., Бачишина Л.Д. Вплив зміни кліматичних умов на динаміку врожайності зернових в Україні. *Економіка України*. 2016. № 6(655). С. 68–75.

20. Lian H., Qin C., He Z. et al. A synergistic increase in water and nitrogen use efficiencies in winter wheat cultivars released between the 1940s and the 2010s for cultivation in the dryland of the shaanxi Province in China. *Agricultural Water Management*. 2020. V. 240. P. 106–308. doi: 10.1016/j.agwat.2020.106308

21. Ozturk L., Eker S., Torun B., Cakmak I. Variation in phosphorus efficiency among 73 bread and durum wheat genotypes grown in a phosphorus-deficient calcareous soil. *Plant and Soil*. 2005. № 269. P. 69–80. doi: 10.1007/s11104-004-0469-z

22. Osborne L.D., Rengel Z. Screening cereals for genotypic variation in efficiency of phosphorus uptake and utilization. *Australian J. of Agricultural Research*. 2002. V. 53. P. 295–303. doi: 10.1071/AR01080

23. Rengel Z., Damon P.M. Crops and genotypes differ in efficiency of potassium uptake and use. *Physiologia Plantarum*. 2008. V. 133. Is. 4. P. 624–636. doi: 10.1111/j.1399-3054.2008.01079x

24. Krishnasamy K., Bell R., Ma Q. Wheat responses to sodium vary with potassium use efficiency of cultivars. *Frontiers in Plant Science*. 2014. doi: 10.3389/fps.2014.00631

25. Guo J., Jia Y., Zhang L. et al. Growth, photosynthesis, and nutrient uptake in wheat are affected by differences in nitrogen levels and forms and

potassium supply. *Scientific Reports*. 2019. V. 9. C. 1248. doi: 10/1038/s41598-018-37838-3

26. Khoshgofarmanesh A.H., Schulin R., Chaney R.S. et al. Micronutrient-efficient genotypes for crop yield and nutritional quality in sustainable agriculture. A review. *Agronomy in Sustainable Development*. 2010. № 30. C. 83–107. doi: 10.1051/agro/2009017

27. Moreira-Ascarrunz S.D., Larsson H., Prieto-Linde M.L., Johansson E. Mineral Nutritional Yield and nutrient Density of Locally Adapted Wheat Genotypes under *Organic Production*. *Foods*. 2016. 5(4). 89. doi: 10.3390/foods5040089

28. Мірошниченко М.М., Фатєєв А.І. Агрогеохімія мікроелементів в ґрунтах України. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2008. Спецвипуск до VIII з'їзду УТГА, Кн. 1. С. 98–107.

29. Rengel Z. Genotypic differences in micronutrient use efficiency in crops. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2001. V. 32. Is. 7–8. P. 1163–1186. doi: 10/1081/CSS-100104107

30. Швартау В.В., Михальська Л.М., Маковейчук Т.І. Вміст мікроелементів у рослинах озимої пшениці за дії ретардантів. *Фізіологія рослин і генетика*. 2018. Т. 50. № 6. С. 474–483. doi: 10.15407/frg2018.06.474

31. Любич В.В. Вміст хімічних елементів у зерні пшениці м'якої озимої залежно від виду, доз і строків застосування азотних добрив. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 107. С. 117–124. doi: 10.32851.2226-0099.2019.107.15

32. Кривенко А.І., Бурикiна С.І. Ефективність форм і строків внесення цинку на посівах пшениці озимої. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 2 (791). С. 23–30. doi: 10.31073/agrovisnyk201902-03

33. Мірошниченко М.М., Звонар А.М., Панасенко Є.В., Леонов О.Ю. Надходження елементів живлення до рослин пшениці озимої різних сортів у контрастні за погодними умовами роки. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2020. Вип. 89. С. 51–62. doi: 10.31073/acss89-06