



Рослинництво, кормовиробництво

УДК 631.81.031

© 2021

ВИМОГЛИВІСТЬ СУЧАСНИХ СОРТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ДО МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ

М.М. Мірошніченко¹, Є.В. Панасенко², А.М. Звонар³, О.Ю. Леонов⁴,
Ю.П. Галасун⁵, В.А. Гаврилюк⁶

¹доктор біологічних наук

⁴доктор сільськогосподарських наук

^{2, 5, 6}кандидати сільськогосподарських наук

¹⁻³ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії
імені О. Н. Соколовського»

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

⁴Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН
пр. Московський, 142, м. Харків, 61060, Україна

⁵ТОВ «Науково-виробнича фірма «Урожай»

вул. Благовісна, 193, м. Черкаси, 18000, Україна

⁶Поліська дослідна станція Національного наукового центру
«Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського»

вул. Шевченка, 35, м. Луцьк, 43001, Україна

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

⁴oleleo@i.ua, ⁵yu.galasun@mhp.com.ua, ⁶gavrilyuk-v@ukr.net

ORCID: ¹0000-0003-2830-5933, ²0000-0002-5248-0179, ³0000-0002-4620-7125,

⁴0000-0001-9191-8658, ⁵0000-0002-9905-4353, ⁶0000-0003-3923-0842

Надійшла 25.03.2021

Мета. Визначити вміст елементів живлення у основній і нетоварній продукції сортів пшениці озимої, що нині вирощуються в Україні. **Методи.** Дослідження проводили впродовж 2016 – 2020 рр. на двох об'єктах сортовипробування у лісостеповій зоні України, на виробничих полях у Західному Поліссі, Правобережному та Лівобережному Лісостепах, зі статистичним аналізом хіміко-аналітичних даних. **Результати.** За узагальненням даних щодо вмісту NPK та мікроелементів у вибірці 167-ми ділянок вирощування пшениці озимої виявлено особливості сучасних сортів щодо накопичення елементів живлення в основній та нетоварній продукції пшениці озимої. Сучасним сортам притаманне більш вузьке співвідношення N:P₂O₅ у зерні (1:0,30), що відрізняється від встановленого розробленими до цього часу нормативами (1:0,34 – 0,35), а також значно вище накопичення калію у соломі. Уміст елементів живлення у зерні має значно менший коефіцієнт варіації (11 – 15 %), ніж у соломі (29 – 70 %). Встановлено високу варіабельність мікроелементного складу зерна та соломи, особливо кобальту та заліза. Запропоновано

використовувати в якості нормативних не середньоарифметичні значення, а середні геометричні. Виявлені особливості хімічного складу основної та нетоварної продукції відзначено на всіх об'єктах дослідження. **Висновки.** Визначено уточнені параметри виносу елементів живлення з урожаєм пшениці озимої сортів сучасної селекції, які складають (кг/т): для зерна N – 21,6, P₂O₅ – 6,5, K₂O – 4,6, для соломи – 4,9, 1,1 та 17,5 відповідно. Середні параметри вмісту мікроелементів у кінцевій продукції пшениці озимої становлять (мг/кг): для зерна – Zn 19, Co 0,51, Fe 37, Mn 30, Cu 2,1, для соломи – Zn – 1,8, Co – 0,52, Fe – 27 Mn – 12 Cu – 0,6. Сучасним сортам притаманна підвищена вимогливість щодо накопичення азоту відносно фосфору та калію у зерні, а також збільшене накопичення калію у соломі.

Ключові слова: NPK, мікроелементи, зерно, солома, нормативи виносу, варіабельність, сортова специфіка, сортовипробувальні ділянки.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202104-04>

Серед зернових колосових культур пшениця озима є найвибагливішою щодо умов мінерального живлення. Завдяки селекційному прогресу сучасні сорти пшениці озимої характеризуються високим рівнем засвоєння азоту та його реутилізації в рослинах, що часто супроводжується підвищеними концентраціями інших елементів живлення [1–2]. Доведено, що ці властивості сучасних сортів пшениці озимої проявляються переважно за високого рівня удобрення, тоді як за недостатньої забезпеченості ґрунту елементами живлення більш стабільна врожайність у сортів виведених раніше [3]. Однак через брак інформації, особливості живлення нових сортів пшениці не враховуються під час проектування системи удобрення, як це було запропоновано Е.Г. Клімашевським ще 30 років тому [4]. Різні сорти пшениці озимої завдяки генетичним особливостям ферментативних систем, органів поглинання та фотосинтезу, неоднаково ставляться

не тільки до форм і доз добрив [3, 5–6], а й до кислій реакції середовища [7], засолення [8–9], які впливають на розміри винесення із ґрунту елементів живлення з урожаєм. Тому для належного проектування систем удобрення сільськогосподарських культур потрібно періодично оновлювати нормативну базу з розроблення адаптивних систем землеробства, у тому числі систем удобрення.

У 2014 р. відповідно до плану діяльності Мінагрополітики України з підготовки регуляторних актів було розроблено проєкт Постанови Кабінету Міністрів України «Нормативні показники виносу поживних речовин урожаєм сільськогосподарських культур» [10], у якому передбачалася диференціація нормативів виносу NPK з одиницею продукції сільськогосподарських культур за природними зонами (табл. 1).

Оскільки зазначений вище проєкт до цього часу не затверджений, дослідники користуються іншими параметрами виносу

1. Нормативи виносу поживних речовин з урожаєм пшениці озимої

Природні зони	Винос елементів живлення з 1 т продукції, кг					
	зерно			солома		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Полісся	22,0	7,7	5,1	5,0	1,7	9,8
Лісостеп	23,5	7,9	6,3	5,4	1,9	10,9
Степ	21,7	7,9	5,7	4,8	1,8	11,5
У середньому	22,4	7,8	5,7	5,1	1,8	10,7

НРК з основною та побічною продукцією. Зокрема, Г.М. Господаренко наводить такі значення виносу поживних речовин на 1 т зерна: N — 22,7 кг, P_2O_5 — 8,0 кг, K_2O — 5,5 кг, а на 1 т соломи — 5,7 кг, 1,9 кг та 10,7 кг відповідно [11]. У методиці розрахунку балансу НРК, розробленій в ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського» у 2011 р., нормативний вміст виносу із 1 т соломи дещо інші: N — 5,1 кг, P_2O_5 — 1,6 кг, K_2O — 9,9 кг [12]. М.М. Городній зі співавторами використовує більш високі показники виносу, які відповідають вмісту поживних речовин у зерні: N — 2,50 %, P_2O_5 — 0,85 %, K_2O — 0,65 %; у солоні — 0,50 %, 0,20 % та 0,90 % відповідно [13]. На жаль, усі зазначені вище показники відносяться переважно до сортів, що були у виробництві у ХХ ст., і наразі невідомо, наскільки вони збігаються з вимогами сучасних сортів пшениці.

Мало інформації також і про мікроелементний склад зернової продукції, хоча сучасні системи землеробства, як правило, дефіцитні за балансом мікроелементів [14]. За спостереженнями D.F. Garvin, R.M. Welch та J.W. Finley, у зерні твердих сортів пшениці озимої, виведених за останні 80 років у США, спостерігається тенденція до зниження концентрації Fe, Zn та Se, хоча їхня врожайність у цілому збільшується [15]. Проте дослідження К. Hamper та ін. [2], а також Z. Svecnjak та ін. [16] свідчать, що збільшення поглинання азоту впродовж вегетації пшениці озимої супроводжується також зростанням накопичення Fe, Zn, Mn, Cu та B.

Мета досліджень — визначити вміст елементів живлення у основній і нетоварній продукції сортів пшениці озимої, що нині вирощуються в Україні.

Методика досліджень. Дослідження проводили впродовж 2016–2020 рр. на двох об'єктах сортовипробування у лісостеповій зоні України та методом експедиційних досліджень на виробничих полях у Західному Поліссі (Волинська обл.), Правобережному і Лівобережному Лісостепу (Черкаська та Харківські обл. відповідно).

На демонстраційно-дослідному полі НВФ «Урожай» (Корсунь-Шевченківський р-н Черкаської обл.), де ґрунтовий покрив складають темно-сірі опідзолені ґрунти, у 2016 р. досліджено 24 сорти пшениці

озимої та у 2017 р. — 36 сортів, у т.ч. німецької селекції — Етана, Патрас, Матрікс, Комбін, Арктик (Deutsche Saatveredelung AG), Скаген, Торілд (SAATEN UNION); австрійської — Панонікус, Тацітус, Фіденіус, Балітус (Saatzucht Donau); чеської — Бодічек, Бордотка, Дарія (RAGT Semences), хорватської — Анніца, Мандіца (Zagreb Vc Institute), української — Світанок Миронівський (Миронівський інститут пшениці ім. В.М. Ремесла), Чорнява (Інститут фізіології рослин та генетики НАН України).

На дослідному полі Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН (Харківський р-н Харківської обл., 2018–2020 рр.) на чорноземах типових для дослідження було обрано 4 сорти, що є національними стандартами України — Розкішна (Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва), Бунчук (Селекційно-генетичний інститут — Національний центр насіннезнавства та сортовивчення НААН), Смуглянка та Подолянка (Інститут фізіології рослин та генетики НАН України), а також 8 сортів закордонної селекції — вищезгадані Балітус, Арктик, Матрікс, Анніца, Мандіца, Бодічек і Дарія.

Під час експедиційних досліджень вивчали особливості споживання елементів живлення пшеницею озимою у Західному Поліссі (Волинська обл., $n=20$) на дерново-підзолистих, ясно-сірих і сірих лісових ґрунтах, у Правобережному Лісостепу (Черкаська обл., $n=32$) — на сірих лісових, темно-сірих опідзолених ґрунтах, чорноземах опідзолених та типових, у Лівобережному Лісостепу (Харківська обл., $n=20$) — на темно-сірих опідзолених ґрунтах, чорноземах опідзолених і чорноземах типових. Ця вибірка мала рандомний характер, і агрохімічні властивості ґрунтів сильно відрізнялися у деяких випадках.

Проби зерна та соломи відбирали перед збиранням урожаю у 3-разовій повторності, кожна проба складалася з 15–20 рослин. Вміст азоту, фосфору та калію у зерні та солоні визначали методом мокрого озолення із аналітичним закінченням на спектрофотометрі СФ-4 та полуменевому фотометрі CL-22D, вміст мікроелементів — на атомно-абсорбційних спектрофотометрах AANALYST 400 та Сатурн-4 ЕПАВ після мінералізації

2. Статистична характеристика вмісту NPK в основній і нетоварній продукції пшениці озимої за період 2016–2020 рр., (n=167)

Продукція	Елементи живлення	Вміст елементів живлення, %				Коефіцієнт варіації
		середнє арифметичне	мінімальне значення	максимальне значення	стандартна помилка	
Зерно	N	2,16	1,43	2,97	0,32	15
	P ₂ O ₅	0,65	0,39	0,88	0,09	13
	K ₂ O	0,46	0,33	0,58	0,05	11
Солома	N	0,49	0,16	1,29	0,19	38
	P ₂ O ₅	0,11	0,04	0,53	0,08	70
	K ₂ O	1,75	0,49	2,94	0,50	29

згідно з ДСТУ 7670. Усього впродовж 2016–2020 рр. було проаналізовано зерно та солому на 167-ми ділянках, які відрізнялися типом ґрунту, рівнем забезпечення елементами живлення та удобренням. Статистичний аналіз одержаних даних виконано з використанням програми Statistica 10.

Результати досліджень. Узагальнення усього масиву інформації щодо вмісту макро- та мікроелементів у основній

і нетоварній продукції пшениці озимої, одержаної впродовж 2016–2020 рр., дає змогу врахувати не тільки генетично зумовлені особливості сучасних сортів, а й вплив ґрунтово-кліматичних, погодних умов та удобрення, які значно відрізнялися в деяких випадках. Вибірка відповідала критеріям нормальності Шапіро-Уїлкса за вмістом NPK у зерні ($W=0,98-0,99$; $p=0,16-0,56$). Результати статистичного аналізу даних

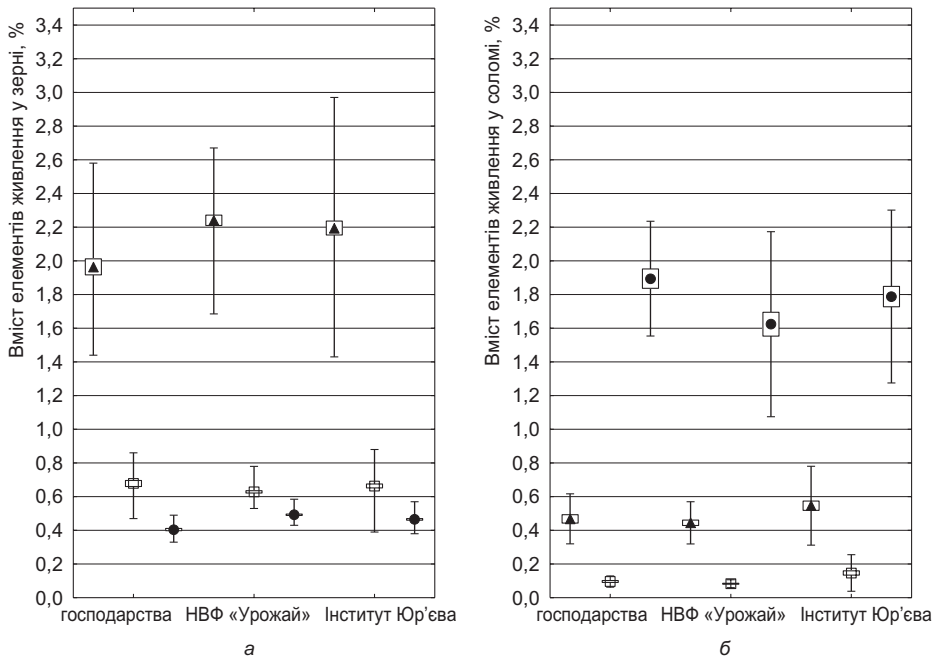


Рис. Уміст NPK у зерні та соломі пшениці озимої на об'єктах дослідження у 2016–2020 рр. (позначено середні значення, стандартну похибку та стандартне відхилення); ▲ – N, □ – P₂O₅, ● – K₂O; а) зерно, б) солома

вмісту NPK за сформованою таким чином вибіркою наведено в табл. 2.

Згідно наведених даних, сучасним сортам пшениці озимої притаманний такий винос елементів живлення з 1 т зерна: N — 21,6 кг, P₂O₅ — 6,5 кг, K₂O — 4,6 кг, а з 1 т соломи — 4,9 кг, 1,1 кг та 17,5 кг відповідно. За винятком калію у соломі, ці показники є нижчими за наведені у [10–13], але максимально збігаються з даними останніх досліджень [17,18]. На нашу думку, зниження відносного вмісту елементів живлення у кінцевій продукції зумовлюється ефективнішим їх використанням у сучасних сортів пшениці озимої та високим рівнем їхньої врожайності. Іншою ознакою сортів пшениці озимої нової селекції є більш вузьке співвідношення N:P₂O₅, а саме 1:0,30, а не 1:0,34–0,35, як передбачалося розробленими раніше нормативами.

Вміст елементів живлення у нетоварній продукції пшениці озимої має менш стабільні показники, адже вони більше залежать від повноти ремобілізації елементів живлення та інших впливових чинників. Найвищий коефіцієнт варіації відзначено для фосфору, вміст якого у соломі змінювався у наших

дослідженнях від 0,04 % до 0,53 %. За середніми значеннями, у соломі сучасних сортів також міститься менше азоту і фосфору, але значно більше калію, що, ймовірно, пов'язано з особливістю сортів європейської селекції [19]. Те, що виявлені нами відмінності хімічного складу зерна та соломи не є випадковим явищем, підтверджується статистичним аналізом підпорядкованих вибірок даних за результатами обстежень виробничих посівів у 2016–2017 рр. (n=72), демонстраційно-дослідного поля ТОВ «НВФ «Урожай» у 2016–2017 рр. (n=60) та дослідного поля Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва у 2018–2020 рр., (n=35).

Згідно наведених даних, середній вміст азоту у зерні був найвищим на демонстраційно-дослідному полі ТОВ «НВФ «Урожай», де переважали сорти закордонної селекції, а найнижчим — на дослідному полі Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН, де третина досліджуваних нами сортів мала вітчизняне походження. Середній вміст калію у соломі за всіма вибірками перевищував параметри, наведені у [10–13]. Зазначені вище відмінності вмісту та співвідношення NPK у кінцевій продукції пше-

3. Відомості щодо вмісту NPK у основній та нетоварній продукції пшениці озимої за даними різних дослідників

Дослідники та джерела інформації	Вміст у сухій речовині, %					
	зерно			солома		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
J.M. Clarke et al., 1990 [20]*	1,94–2,90	0,69–0,96	–	–	–	–
P. Khan et al., 2008 [21]*	1,44–2,73	0,34–0,70	–	0,16–0,61	0,02–0,09	–
B.V. Іваніна, 2013 [22]	2,40–2,59	0,80–1,00	0,55–0,81	0,55–0,74	0,21–0,24	1,04–1,33
V. Kovačević et al., 2013 [23]*	–	0,90–1,00	0,55–0,58	–	–	–
Y.A. Rangel et al., 2013 [24]*	1,66–1,90	0,71–0,85	–	0,43–0,70	0,22–0,73	–
Я.С. Філімончук, 2014 [25]	1,8–2,4	0,61–0,81	0,44–0,51	0,40–0,64	0,04–0,11	0,86–0,95
W. Yan et al., 2015 [26]*	1,70–2,10	0,93–1,50	–	0,45–0,50	0,04–0,18	–
K.J. Jankowski et al., 2016 [17]	2,26–2,29	0,60–0,68	0,54–0,57	0,39–0,61	0,17–0,18	1,49–1,67
С.И. Ласточкина, 2017 [27]	1,63–2,44	–	–	0,36–0,56	–	–
I. Jaskulska et al., 2018 [28]	–	0,69–0,73	0,77–0,81	–	–	–
X.-X. Chen et al., 2019 [29]*	–	0,55–0,94	–	–	0,47–1,44	–
Л.М. Михальська та ін., 2019 [18]*	–	0,56–0,73	0,38–0,50	–	–	–

Примітка. Дані перераховано з Р на P₂O₅ за коефіцієнтом 2,29; з К на K₂O — за коефіцієнтом 1,20.

4. Статистична характеристика вмісту мікроелементів у основній і нетоварній продукції пшениці озимої за період 2016–2020 рр. (n=167)

Продукція	Мікро-елементи	Вміст мікроелементів, мг/кг				Коефіцієнт варіації
		середнє арифметичне	мінімальне значення	максимальне значення	стандартна помилка	
Зерно	Zn	19,59	11,58	31,34	3,80	19
	Co	0,76	0,04	3,36	0,67	88
	Fe	38,19	18,64	63,63	8,82	23
	Mn	30,76	6,13	49,22	6,76	22
	Cu	2,30	0,36	5,80	1,05	46
Солома	Zn	2,31	0,09	9,46	1,63	70
	Co	0,76	0,01	2,67	0,60	78
	Fe	49,55	3,21	251,54	57,73	117
	Mn	17,73	0,86	78,32	13,78	78
	Cu	0,79	0,01	3,47	0,57	73

ниці озимої мають досить умовний характер, оскільки добре зрозуміло, наскільки великою є варіативність цих показників залежно від умов і технології вирощування культури. Це підтверджується аналізом даних різних літературних джерел, наведених у табл. 3.

Варіабельність мікроелементного складу зерна та соломи пшениці у досліджуваній вибірці виявилася вищою, ніж варіабельність NPK (табл. 4).

Найбільш сталі показники накопичення цинку, заліза та марганцю у зерні, для яких розподіл даних найбільше наближався

до нормального. Мініміально сталим виявився вміст кобальту у зерні та заліза — у соломі, із значною асиметрією гістограм розподілу у бік менших значень. Ураховуючи значні коливання вмісту мікроелементів і досить асиметричний характер розподілу даних, вважаємо, коректніше використовувати в якості нормативних не середньоарифметичні значення, а середні геометричні, які становлять (мг/кг): для зерна — Zn — 19, Co — 0,51, Fe — 37, Mn — 30, Cu — 2,1, для соломи — Zn — 1,8, Co — 0,52, Fe — 27, Mn — 12, Cu — 0,6.

Висновки

За даними 167 сортовипробувальних та виробничих ділянок вирощування пшениці озимої у Волинській, Черкаській та Харківській обл. упродовж 2016–2020 рр., які відрізнялися типом ґрунту, рівнем забезпечення елементами живлення й удобреннями, середній винос елементів живлення з 1 т зерна становить: N — 21,6 кг, P₂O₅ — 6,5 кг, K₂O — 4,6 кг, а з 1 т соломи — 4,9 кг, 1,1 кг та 17,5 кг відповідно.

Усереднені значення вмісту мікроелементів у кінцевій продукції пшениці озимої

становлять (мг/кг): для зерна — Zn 19, Co — 0,51, Fe — 37, Mn — 30, Cu — 2,1, для соломи — Zn — 1,8, Co — 0,52, Fe — 27, Mn — 12, Cu — 0,6.

Співвідношення елементів живлення в основній і нетоварній продукції пшениці озимої сортів сучасної селекції відрізняється від сортів, що були у виробництві в ХХ ст. Сучасним сортам притаманна підвищена вимогливість щодо накопичення азоту відносно фосфору та калію у зерні, а також збільшене накопичення калію у соломі.

Miroshnychenko M.¹, Panasenko Ye.², Zvonar A.³, Leonov O.⁴, Halasun Yu.⁵, Havryliuk V.⁶

¹⁻³National Research Center «Sokolovsky Institute of Soil Science and Agrochemistry», 4, Tchaikovskyi Str., Kharkiv, 61024, Ukraine, ⁴V.Ya. Yuriev Institute of Plant Breeding of NAAS, 142, Moskovskiyi Prospekt, Kharkiv, 61060, Ukraine, ⁵LLC Research and Production Firm «Urozhai», 193, Blagovisna Str., Cherkasy, 18000, Ukraine, ⁶Polissia Research Station of NRC «Sokolovsky Institute of Soil Science and Agrochemistry», 35, Shevchenko Str., Lutsk, 43001, Ukraine; e-mail: ¹ecosoil@meta.ua, ²panasenko-evgeniy777@ukr.net, ³zvonaranastasia@gmail.com, ⁴oleleo@i.ua, ⁵yu.galasun@mhp.com.ua, ⁶gavrilyuk-v@ukr.net; ORCID: ¹0000-0003-2830-5933, ²0000-0002-5248-0179, ³0000-0002-4620-7125, ⁴0000-0001-9191-8658, ⁵0000-0002-9905-4353, ⁶0000-0003-3923-0842

The demand of modern varieties of winter wheat to mineral nutrition

Goal. To determine the content of nutrition elements in the main and non-consumer products of winter wheat varieties that are currently grown in Ukraine. **Methods.** The research was conducted during 2016–2020 on two objects of strain testing in the Forest-steppe zone of Ukraine, on production fields in Western Polissia, Right-Bank, and Left-Bank Forest-steppe, with statistical analysis of chemical analytical data. **Results.** According to the generalization of data on the content of NPK and microelements in the 167 samples of winter wheat, the peculiarities of the modern varieties for the

accumulation of nutrients in the main and non-consumer products of winter wheat are revealed. Modern varieties are characterized by a narrower ratio N:P₂O₅ in grain (1:0.30), which differs from that one established by standards (1:0.34–0.35), as well as by significantly higher potassium accumulation in straw. The content of nutritious elements in grain has a significantly lower coefficient of variation (11–15%) than in straw (29–70%). High variability of microelement composition of grain and straw, especially cobalt and iron is established. It is proposed to use average geometric values as normative instead of arithmetic mean ones. The identified features of the chemical composition of the main and non-consumer products are noted on all objects of research. **Conclusions.** The clarified parameters are determined of the removal of nutrients with winter wheat yields of modern selection, which are (kg/t): for grain N — 21,6, P₂O₅ — 6,5, K₂O — 4,6, for straw — 4,9, 1, 1, and 17,5, respectively. Average parameters of microelements in the final winter wheat product are (mg/kg): for grain — Zn — 19, CO — 0,51, Fe — 37, Mn — 30, Cu — 2,1, for straw — Zn — 1,8, CO — 0,52, Fe — 27, Mn — 12, Cu — 0,6. Modern varieties are inherent in the increased demand for the accumulation of nitrogen relative to phosphorus and potassium in grain, as well as increased potassium accumulation in straw.

Key words: NPK, microelements, grain, straw, remote standards, variability, variety specificity, strain testing plots.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202104-04>

Бібліографія

1. 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
2. Hamnér K., Weih M., Eriksson J., Kirchmann H. Influence of nitrogen supply on macro- and micro-nutrient accumulation during growth of winter wheat. *Field Crops Research*. 2017. V. 213. P. 118–129. doi:10.1016/j.fcr.2017.08.002
3. Ahrends H.E., Eugster W., Gaiser T., Rueda-Ayala V., Hüging H., Ewert F., Siebert S. Genetic yield gains of winter wheat in Germany over 100 years (1895–2007) under contrasting fertilizer applications. *Environmental Research Letters*. 2018. 13:104003. doi:10.1088/1748-9326/aade12
4. Климашевский Э.Л. Генетический аспект минерального питания растений. Москва: Агропромиздат, 1991. 415 с.
5. Sugár E., Berzsenyi Z., Bónis P., Árendás T. Growth analysis of winter wheat cultivars as affected by nitrogen fertilization. *Die bodencultur: Journal of Land Management, Food and Environment*. 2017. V. 68. Is. 1. P. 57–70. doi:10.1515/boku-2017-0005.
6. Abd El-Razek U.A., El-Sheshtawy A.A. Response of Some Wheat Varieties to Bio and Mineral Nitrogen Fertilizers. *Asian Journal of Crop Science*. 2013. V. 5. P. 200–208. doi:10.3923/ajcs.2013.200.208
7. Kariuki S.K., Zhang H., Schroder J.L., Edwards J., Payton M., Carver B.F., Raun W.R., Krenzer E.G. Hard Red Winter Wheat Cultivar Responses to a pH and Aluminium Concentration Gradient. *Agronomy Journal*. 2007. V. 99. P. 88–97. doi:10.2134/agronj2006.0128
8. Zheng Y., Wang Z., Sun X., J.A., Jiang G., Li Z. Higher salt tolerant winter wheat cultivars relieves senescence at reproductive stage. *Environmental and Experimental Botany*. 2008. V. 62. Is. 2. P. 129–138. doi:10.1016/j.envexpbot.2007.07.011
9. Oyiga B.C., Sharma R.C., Shen J., Baum M., Ogbonnaya F.C., Léon J., Ballvora A. Identification

and Characterization of Salt Tolerance of Wheat Germplasm Using a Multivariable Screening Approach. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 2016. V. 202. P. 472–485. doi:10.1111/jac.12178

10. Проект Постанови Кабінету Міністрів України: «Нормативні показники виносу поживних речовин урожаєм сільськогосподарських культур». URL: <https://agro.me.gov.ua/ua/npa/proekt-postanovi-kabinetu-ministriv-ukraini-pro-zatverdzen-nya-normativnikh-pokaznikiv-vinosu-pozhivnikh-rechovin-urozhaem-silskogospodarskikh-kultur>

11. *Господаренко Г.М.* Система застосування добрив: навч. посібник. Київ: ТОВ «СІК ГРУП Україна», 2015. 332 с.

12. *Балюк С.А., Греков В.О., Лісовий М.В., Комариста А.В.* Розрахунок балансу гумусу і поживних речовин у землеробстві України на різних рівнях управління. Харків: Міська друкарня, 2011. 30 с.

13. *Городній М.М., Грищенко О.В., Генгало О.М.* Використання нових добрив із широким спектром дії. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур та цукрових буряків: збірник наукових праць*. 2013. Вип. 17. Т. II. С. 36–43.

14. *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.

15. *Garvin D.F., Welch R.M., Finley J.W.* Historical shift in the seed mineral micronutrient concentration of US hard red winter wheat germplasm. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2006 V. 86. P. 2213–2220. doi:10.1002/isfa.2601

16. *Svečnjak Z., Jenel M., Bujan M., Vitali D., Dragojevic I.V.* Trace element concentration in the grain of wheat cultivars as affected by nitrogen fertilization. *Agricultural and Food Science*. 2013. V. 22. P. 445–451.

17. *Jankowski K.J., Hulanicki P.S., Sokólski M., Hulanicki P., Dubis B.* Yield and quality of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in response to different systems of foliar fertilization. *Journal of Elementology*. 2016. V. 21. Is.3. P. 715–728. doi:10.5601/jelem.2015.20.4.1036

18. *Михальська П.М., Швартау В.В., Санін О.Ю., Третьяков В.О.* Вміст неорганічних елементів у зерні пшениці озимої за контролювання фузаріозу. *Фізіологія рослин і генетика*. 2019. Т. 51. № 5. С. 399–414. doi:10.15407/frg2019.05.399

19. *Мірошниченко М.М., Звонар А.М., Панащенко 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

20. *Clarke J.M., Campbell C.A., Cutforth H.W., DePauw R.M., Winkleman G.E.* Nitrogen and Phosphorus uptake, translocation, and utilization efficiency of wheat in relation to environment and cultivar yield and protein levels. *Canadian Journal of Plant Science*. 1990. V. 70. P. 965–977.

21. *Khan P., Imtiaz M., Shah S.K.H. et al.* Effect of different Nitrogen and Phosphorus ratios on the performance of wheat cultivar "Khirman". *Sarhad Journal of Agriculture*. 2008. V. 24. Is. 2. P. 233–239.

22. *Іваніна В.В.* Біологізація удобрення культур у сівозмінах. К.: ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ», 2016. 327 с.

23. *Kovačević V., Kadar I., Rastija M., Sudar R.* Impacts of NPK fertilization on chemical composition of wheat grain. *Proceedings of the 48th Croatian and 8th International Symposium on Agriculture*. (Dubrovnik, Croatia, 17–20 February 2013). Dubrovnik, 2013. P. 510–514.

24. *Rangel Y.A., Eriksson J., Fägerlind K. et al.* Estimating the content of nitrogen and phosphorus in agricultural products in Sweden. Winter wheat, spring barley, oats, crop residues and ley crops. 2013. SCB, Stockholm 08-50694000. Grant No. 40701.2011.003-2011.560. 131 p.

25. *Філімончук Я.С.* Особливості мінерального живлення пшениці озимої залежно від фосфатного режиму ґрунту. *Вісник аграрної науки*. 2014. № 11. С. 68–71.

26. *Yan W., Zhong Y., Shangguan Z.* The relationships and sensibility of wheat C:N:P stoichiometry and water use efficiency under nitrogen fertilization. *Plant, Soil and Environment*. 2015. V. 61. Is. 5. P. 201–207. doi:10.17221/28/2-15-PSE

27. *Ласточкина С.И.* Влияние разных доз азотного питания на содержание и накопление основных элементов минерального питания в биомассе озимой пшеницы, возделываемой на дерново-палево-подзолистой легкосуглинистой почве. *Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии*. 2017. № 5(63). С. 3–8.

28. *Jaskulska I., Juskulski D., Galezewski L., Knapowski T., Kozera W., Waclawowicz R.* Mineral Composition and Baking Value of the Winter Wheat Grain under Varied Environmental and Agronomic Conditions. *Hindawi Journal of Chemistry*. 2018. Article ID 5013825. doi:10.1155/2018/5013825

29. *Chen X.-X., Zhang W., Liang X.-Y. et al.* Physiological and developmental traits associated with the grain yield of winter wheat as affected by phosphorus fertilizer management. *Scientific Reports*. 2019. V. 9. Article ID 16580. doi:10.1038/s41598-019-53000-z.