

ҐРУНТОВЕ ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН SOIL NUTRITION of PLANTS

УДК 631.81.036

Надходження елементів живлення до рослин пшениці озимої різних сортів у контрастні за погодними умовами роки

М.М. Мірошніченко^{1*}, А.М. Звонар¹, Є.В. Панасенко¹, О.Ю. Леонов²¹Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», Харків, Україна²Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН, Харків, Україна

| ІНФОРМАЦІЯ | АНОТАЦІЯ |
|---|---|
| Отримано 29.01.2020 Отримано після доопрацювання 13.03.2020 Затверджено до друку 16.03.2020 Доступно онлайн 01.06.2020 | Описано результати польових досліджень з метою виявлення особливостей споживання основних елементів живлення пшеницею озимою різних сортів вітчизняної та європейської селекції у відмінні за погодними умовами роки, виконаних на сортовипробувальному полігоні (ґрунт – чорнозем типовий) у Харківській області впродовж 2018 та 2019 рр. Як індикатори взято вміст елементів живлення (N, P, K) у надземних органах рослин у фази кушіння, цвітіння та повної стиглості. Об'єктами дослідження слугували 4 сорти-національні стандарти та 8 сортів пшениці озимої іноземної селекції. Виявлено, що незалежно від сорту, внаслідок ефекту ростового розбавлення, концентрація N у рослинах зменшується від 3,6-4,2 % у фазу кушіння до 1,3-1,6 % у фазу цвітіння, P ₂ O ₅ – від 0,7-0,9 % до 0,3-0,5 %, K ₂ O – від 3,9-4,6 % до 1,5-2,8 % відповідно. Залежно від умов року відношення P ₂ O ₅ : N у зерні та соломі може відрізнятись вдвічі, а K ₂ O : N у соломі – в 1,3 раза. Сортівні відмінності споживання NPK були більш помітними у рік зі сприятливим зволоженням у квітні-травні та стресовими умовами під час досягання зерна. За результатами дворічних випробувань на чорноземі типовому група сортів вітчизняної селекції загалом проявила ознаки меншої потреби у калії, ніж сорти європейської селекції. Констатовано, що за однакового вмісту у ґрунті NPK накопичення азоту, фосфору та калію в надземній частині рослин пшениці озимої визначається як погодними умовами весняно-літнього періоду, так і сортівними особливостями споживання окремих елементів живлення. Через це, співвідношення вмісту фосфору й азоту та калію й азоту у тканинах рослин, що вегетують, а також у зерні й соломі може варіювати в широких межах. Генетично обумовлена підвищена або знижена потреба окремих сортів щодо елементів живлення може мати сталий характер, а може змінюватись за певних гідротермічних умов у період вегетації. Отже, для надійного визначення потреб окремих сортів пшениці озимої щодо умов живлення дослідження необхідно проводити впродовж не менше 2-3 років з різними метеорологічними умовами. |
| Ключові слова: елемент живлення; сорт; погодні умови; пшениця озима. | |

E-mail: *ecosoil@meta.ua

Форма цитування: Мірошніченко 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. *Агрехімія і ґрунтознавство*. Міжвід. тем. наук. збірник. 2020. Вип. 89. Харків: ННЦ «ІГА ім. О.Н. Соколовського». С. 51-62. DOI: <https://doi.org/10.31073/acss89-06>.

1. Вступ

Пшениця озима традиційно займає одне з провідних місць у рослинництві України. Завдяки прогресу в селекції, технічному та технологічному забезпеченні, врожайність пшениці озимої в нашій країні стрімко зростає за останні роки. В середньому за 2016-18 рр. у господарствах усіх форм власності в Україні з 1 га було зібрано 4,02 т зерна [1]. За даними Міністерства сільського господарства США, стрибок урожайності пшениці озимої від 1996-2000 до 2011-2015 років в Україні був найвищим серед країн – головних експортерів зерна у світі – зростання становило 44 % порівняно із 41 % – у Росії, 30 % – у Канаді, 14 % – в Аргентині, 13 % – в ЄС, 10 % – у США та 1 % – в Австралії [2]. За сприятливих погодних умов урожайність понад 7 т/га стає нормою для вітчизняних господарств з високим рівнем агротехніки і належною увагою до системи удобрення, адже сучасні сорти пшениці є набагато вимогливішими до умов живлення. Це засвідчено результатами експерименту на дослідницькій станції Dikopshof Бонського університету у 2015-2016 рр., де порівняли реакцію на удобрення сортів пшениці, виведених впродовж останнього століття. На фоні N₁₂₀P₃₀K₁₁₅ урожайність пшениці озимої сортів новітньої селекції становила 10,0-10,5 т/га, а сортів, селекціонованих понад 100 років тому – 6,7-7,0 т/га [3].

Різні сорти, в силу генетичних особливостей ферментативних систем, органів поглинання і фотосинтезу, неоднаково реагують на форми і дози добрив [4-5], ступінь кислотності [6] і засоленості [7-8] ґрунту. Тому врахування особливостей живлення рослин

певного сорту є перспективним напрямом підвищення ефективності системи удобрення, науково обґрунтованим Е.Г. Клімашевським ще 30 років тому [9]. На жаль, через брак інформації, системи удобрення зазвичай розробляються без урахування генотипної специфіки мінерального живлення рослин, а процедура сортопробування в Україні не передбачає визначення сортових особливостей живлення [10].

Ключовим елементом формування врожаю зерна є азот, із накопиченням якого у тканинах рослини тісно пов'язані приріст біомаси та об'єм споживання більшості інших біофільних елементів [11]. Найбільш значущою є стехіометрія (масове співвідношення) $C:N:P$ у тканинах, яка тісно пов'язана як з урожайністю, так і з ефективністю водоспоживання [12]. Однак, фази розвитку та органи рослин, за якими краще діагностувати нестачу тих чи інших елементів живлення, є різними. Зокрема, прапорцевий листок успішно використовується для діагностики вмісту азоту вже понад двадцять років [13-14]. Стебло є основним депо N в рослинах пшениці під час цвітіння, однак дослідженнями P.V. Barraclough et al [15] не виявлено істотної кореляції врожайності зерна ані з умістом азоту у цьому органі, ані зі ступенем реутилізації. Публікацією I.M. Shegoda та ін. [16] показано, що сорти пшениці озимої дуже різняться за внеском азоту, що мобілізується з пагона, і пояснюють це різною здатністю до його поглинання з ґрунту після цвітіння. Встановлено, що деякі генотипи пшениці характеризуються підвищеною здатністю поглинати азот із ґрунту на пізніх стадіях розвитку рослин та його ремобілізацією до надземної частини [17]. Крім того, останні дослідження показують, що на стадії утворення та досягання зерен більш значущою в постачанні азоту для них є реутилізація з колоса [16]. Для інших елементів живлення ліпшими можуть бути інші фази розвитку. Наприклад, дослідження R. Gaj et al. [19] підтверджують залежність між урожаєм зерна та вмістом поживних речовин (особливо, цинку та магнію) у листках пшениці на початку стадії подовження стебла (BBCH31). Мало що відомо про генотипні відмінності сортів пшениці щодо кількості елементів живлення, які залишаються у нетоварній частині врожаю [20].

Тривалі дослідження генотипної специфіки живлення пшениці озимої на Ротамстедській дослідній станції показали, що серед факторів, які впливають на варіабельність вмісту азоту в рослинах, найбільший внесок належить рівню застосування азотних добрив, другим за значущістю є фаза розвитку, а третім – генотип [15, 21]. Однак, A.G. Gómez et al. [22] довели, що фактор генотипу, який є найбільш «впливовим» у поглинанні та використанні азоту за оптимальних умов, не обов'язково буде найбільш ефективним у випадку обмеження живлення. На думку G. Agren and M. Weih [23], мінливість концентрації біофільних елементів, спричинена факторами навколишнього середовища, є такою самою, як і мінливість, обумовлена генетичними чинниками, тому правомірно нарівно розглядати індивідуальну, екологічну та генотипну складові цієї мінливості [22]. Завдяки цьому (за методом мультиелементної ідентифікації (multi-element fingerprinting)) можливо розрізнати зерно окремих сортів пшениці, умови та особливості технології її вирощування, які неминуче позначаються на хімічному складі зерна [24].

Порівнюючи особливості надходження елементів живлення до надземної частини рослин пшениці озимої, M. Weih et al [25-26] виявили, що ефективність споживання P, Ca, K, Mg, Na, S, Cu Fe, Mn, Zn є значно вищою у більш вологому й теплому весняному періоді 2014 року, ніж у посушливому та більш прохолодному 2013-го. Разом з тим, ефективність поглинання Ca та K виявилася вищою за оптимальну в обидва роки, а P та Mg – нижчою, тобто, дисбаланс ґрунтового живлення залишається майже незмінним за різних погодних умов [27].

На жаль, до цього часу ще не розроблено динамічних моделей, за допомогою яких можна надійно оцінювати та прогнозувати трофічний стан рослин [28]. Оскільки показники, що використовуються для оцінювання ефективності споживання елементів живлення, базуються на співвідношенні накопичення пластичних речовин та концентрації елементів живлення у тканинах, то перевищення цього співвідношення може бути артефактом, не пов'язаним із накопиченням біомаси. Багато спірних питань виникає щодо діагностики генотипної мінливості ефективності споживання фосфору – другого за значущістю поживного елементу для зернових культур [29]. Одним із таких питань є вплив на формування елементного складу рослин стресових погодних умов, через які істотно змінюються співвідношення вмісту азоту та фосфору у тканинах, і через що виникає потреба відповідного коригування удобрення [30].

Враховуючи багатогранність взаємозв'язків, що виникають у системі ґрунт-рослина-навколишнє середовище, метою досліджень було виявлення сортових особливостей споживання основних елементів живлення пшеницею озимою з урахуванням погодних умов вегетаційного періоду.

2. Матеріали та методи

2.1. Характеристика об'єктів дослідження та методика досліджень

Дослідження проведено у 2018 та 2019 рр. на сортовипробувальному полігоні дослідного поля «ДГ Елітне» Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН України, що знаходиться в Харківському районі Харківської області. Ґрунт під дослідом – чорнозем типовий середньогумусний на лесоподібному суглинку. Для дослідження було обрано 4 сорти-національні стандарти пшениці озимої (Розкішна (оригінація – Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва), Бунчук (Селекційно-генетичний інститут), Смуглянка та Подолянка (Інститут фізіології рослин та генетики)), а також 8 сортів закордонної селекції (Балітус, Панонікус (Saatzucht Donau, Австрія), Арктіс, Матрикс (Deutsche Saatveredelung AG, Німеччина), Анніца, Мандіца (Zagreb Vc Institute, Хорватія), Бодічек і Дарія (RAGT Semences, Чехія).

Розмір кожної з дванадцяти випробувальних ділянок – 1,25 × 2,4 м; ділянки було рендомізовано розміщено разом з іншими сортами пшениці озимої на сортовипробувальному полігоні загальною площею 13,6 га. На початку проведення досліджень (у фазу куцїння) на вибірці з 12 проб ґрунту з орного шару було визначено міру однорідності ґрунту за вмістом доступних форм поживних речовин. Вміст мінерального азоту у ґрунті становив $8,2 \pm 1,4$ мг/кг, рухомого фосфору та калію за методом Чирикова (екстракція 0,5 м СН₃СООН) – відповідно, 126 ± 4 мг/кг та 162 ± 4 мг/кг, що відповідає градаціям низького забезпечення азотом, підвищеного – фосфором, та високого – калієм (за національними критеріями [31]).

Усі досліджувані сорти пшениці озимої вирощували на одному кліні сортовипробувального полігону з розміщенням після чистого пару, під який було внесено гній нормою 25 т/га. Безпосередньо під пшеницю вносили аміачну селітру в підживлення по мерзло-талому ґрунту дозою N₃₀. Системи обробітку та захисту рослин були однаковими в межах усього сортовипробувального полігону.

Проби рослин пшениці озимої відбирали після відновлення весняної вегетації у такі фази: куцїння, цвітіння та досягання зерна. Для цього зрізали надземну частину рослин на висоті 5 см. Проби всіх досліджуваних сортів відбирали в один день у 3-разовій повторності, кожна проба складалася з 15-20 рослин.

Вміст азоту, фосфору та калію у рослинному матеріалі визначали методом мокрого озолення із аналітичним закінченням на спектрофотометрі СФ-4 та полуміневному фотометрі СЛ-22D. Аналітична повторюваність вимірювань 2-разова. Статистичний аналіз експериментальних даних виконано з використанням програми Statistica 10.

2.2. Метеорологічні особливості вегетаційних періодів

Кожного року реєстрацію метеорологічних умов здійснювали у період від відновлення весняної вегетації у квітні до збирання врожаю пшениці озимої у липні. За тепловим режимом обидва вегетаційні періоди виявилися більш теплими ніж середні багаторічні показники, що відображає сучасну тенденцію кліматичних змін (Табл. 1). Однак, за зволоженням весняний період 2018 року був більш посушливими, ніж у 2019 році. Кількість опадів у квітні-травні становила лише 28,8 мм, що на 64 % менше за середньобогаторічну норму. За цих умов спостерігалось посилення диференціації сортів за інтенсивністю росту, особливо під час переходу від фази куцїння до фази виходу в трубку. Метеорологічні умови періоду від відновлення вегетації до закінчення цвітіння у 2019 році склалися краще і були більш близькими до середньої багаторічної норми. Червень, навпаки, був значно більш спекотливим і посушливим у 2019 році. Отже, гідротермічний режим у вегетаційні періоди 2018 і 2019 рр. виявився достатньо контрастним для вирощування пшениці озимої, що позначилося на динаміці споживання елементів живлення рослинами.

Таблиця 1

Погодні умови в період досліджень (за даними з метеопоста ХНАУ ім. В.В. Докучаєва)

| Місяць | Температура повітря, °С | | | Кількість опадів, мм | | |
|-----------------------------------|-------------------------|---------|---------------------|----------------------|---------|---------------------|
| | 2018 р. | 2019 р. | середня багаторічна | 2018 р. | 2019 р. | середня багаторічна |
| Квітень | 12,4 | 11,5 | 9,6 | 12,9 | 44,5 | 35,5 |
| Травень | 19,9 | 18,4 | 16,1 | 15,9 | 43,4 | 43,7 |
| Червень | 21,6 | 24,8 | 20,2 | 43,5 | 15,2 | 63,3 |
| Липень | 23,0 | 21,4 | 21,4 | 28,7 | 38,8 | 71,7 |
| Середня температура і сума опадів | 19,2 | 19,0 | 16,8 | 101,0 | 141,9 | 214,2 |

3. Результати й обговорення

3.1. Надходження азоту в рослини пшениці

Добре відомо, що концентрація елементів живлення у тканинах зменшується, згідно з відомим ефектом розбавлення (dilution effect), під час інтенсивного нарощування вегетативної маси рослин [32]. Цей ефект може бути критичним для формування врожаю пшениці озимої, тому часто використовується у листовій діагностиці живлення рослин [33-35]. Нашими дослідженнями в обидва роки також засвідчено значне зниження концентрації азоту в надземній частині рослин з 3,6 і 4,2 % у фазу кущіння до 1,3 і 1,6 % у фазу цвітіння (Рис. 1). Ми констатували, що сортові відмінності на цьому фоні дійсно мають другорядне значення, як це відмічено й Р.В. Barraclough et al. [18]. Споживання азоту рослинами показує тенденцію до більшого накопичення у зерновій продукції у 2018 році (в середньому 2,11 %) порівняно із 2019 роком (1,85 %), а в соломі – навпаки (0,34 % та 0,45 % відповідно). Разом з тим, сортові відмінності у споживанні азоту, вагомість яких можна оцінити за розміром довірчого інтервалу на графіку, більше проявилися у 2019 році, погодні умови якого у квітні-травні були більш сприятливими.

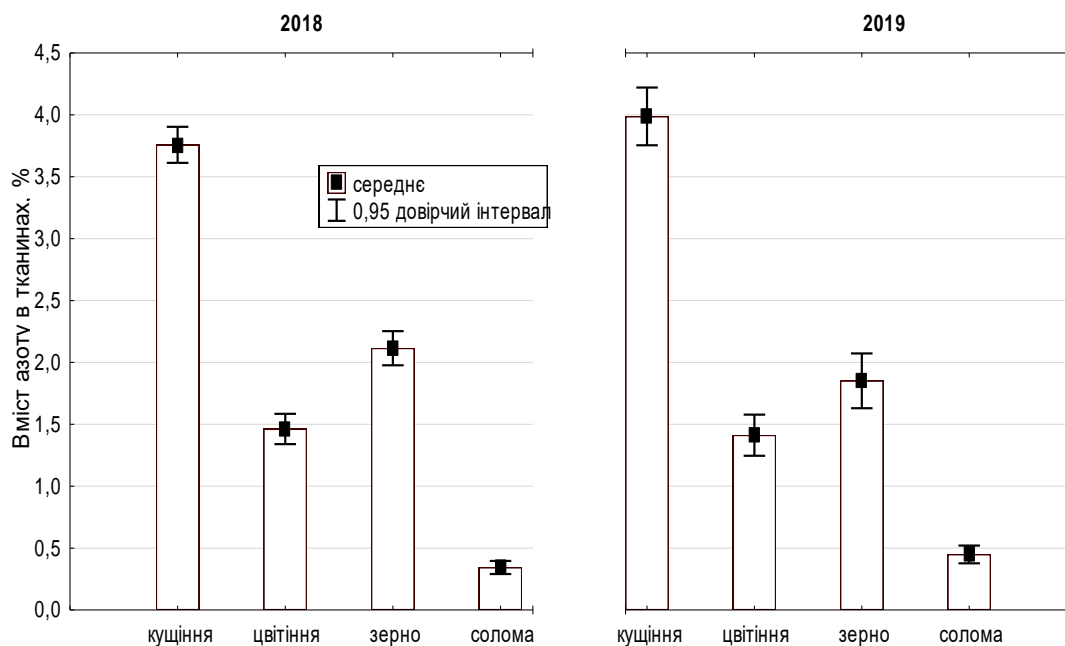


Рис. 1. Концентрація N у надземній частині рослин пшениці озимої (середні значення для сукупності досліджуваних сортів)

Виходячи з динаміки концентрації N у тканинах, за однорічними даними не можна однозначно виділити більш вимогливі та менш вимогливі сорти, оскільки інтенсивність накопичення цього елементу тісно пов'язана із реакцією рослин на погодні умови [23, 25-26]. Справедливість цієї тези можна довести на прикладі сортів-національних стандартів (Табл. 2).

Таблиця 2

Вміст N у надземній частині рослин пшениці сортів-національних стандартів у різні фази розвитку

| Сорт | Вміст N, % на суху речовину | | | | | | | |
|-------------------|-----------------------------|----------|-----------------|------------------------|----------|-----------------|------|------|
| | 2018 | | | | 2019 | | | |
| | кущіння | цвітіння | повна стиглість | кущіння | цвітіння | повна стиглість | | |
| | листо-стеблова маса | зерно | солома | листо-стеблова маса | зерно | солома | | |
| Смуглянка | 3,73 | 1,49 | 1,79 | 0,19 | 4,03 | 1,46 | 1,72 | 0,47 |
| Розкішна | 3,35 | 1,06 | 2,15 | 0,24 | 3,66 | 1,47 | 1,84 | 0,39 |
| Бунчук | 3,77 | 1,53 | 2,36 | 0,49 | 4,51 | 1,53 | 2,27 | 0,39 |
| Подольянка | 3,81 | 1,49 | 2,37 | 0,36 | 3,80 | 0,88 | 1,58 | 0,28 |
| НІР ₀₅ | 0,40 | 0,34 | 0,46 | 0,21 | 0,25 | 0,10 | 0,13 | 0,08 |

Зокрема, пшениця сорту Подолянка у 2018 році мала найвищі параметри вмісту азоту, а у 2019 р. вже істотно поступалася іншим сортам. Натомість, пшениці сорту Розкішна притаманна більш стала динаміка: у першу половину вегетації вона поступається іншим сортам, але згодом набуває більш високих показників. Це свідчить про те, що для об'єктивного оцінювання потреб окремих сортів щодо живлення недостатньо досліджень упродовж одного вегетаційного періоду, а потрібно, як мінімум, два роки з контрастними погодними умовами, а ще краще – мати трирічні спостереження.

3.2. Надходження фосфору та співвідношення фосфору й азоту в рослинах

На відміну від азоту, вміст фосфору (у сукупності досліджуваних сортів) в зерні 2019 року виявився більшим, ніж у 2018, а в соломі – навпаки (Рис. 2). Помітнішим було накопичення цього елемента також і впродовж вегетації. Однак, відгук живлення різних сортів на погодні умови відрізнявся кардинально.

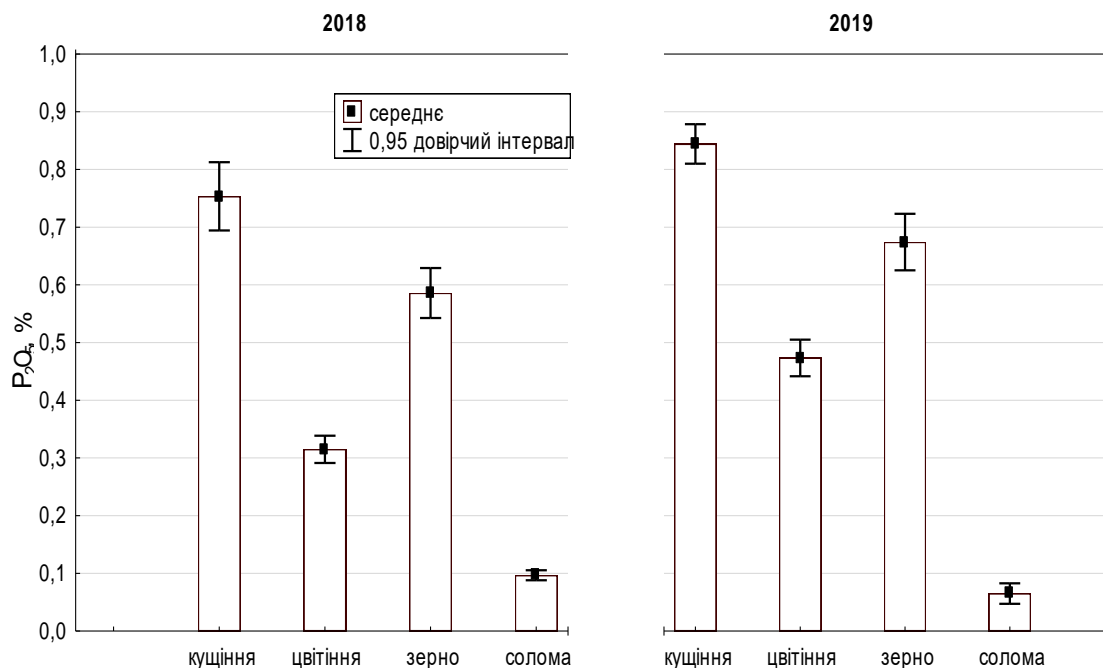


Рис. 2. Концентрація фосфору у надземній частині рослин пшениці озимої (середні значення для сукупності досліджуваних сортів)

Зокрема, серед сортів-національних стандартів (Табл. 3) пшениця сорту Подолянка мала найвищі параметри накопичення фосфору в 2018 році і найнижчі – у 2019. У перерахунку на P, діапазон коливань вмісту фосфору у зерні був досить широким – від 0,20 до 0,35 %, що певною мірою, співпадає з даними L. Ozturk et al. [36] щодо варіабельності цього елемента у вибірці 73 сортів у діапазоні від 2,7 мг/кг до 4,2 мг/кг.

Загалом, динаміка вмісту азоту та фосфору у надземній частині рослин пшениці дуже схожа, а рівні вмісту цих елементів тісно пов'язані. Ця залежність описується регресійним рівнянням: $P_2O_5 = 0,178 + 0,165N$ з високим коефіцієнтом кореляції $r = 0,89$. Такими ж тісними є зв'язки між азотом і калієм ($r = 0,88$) та фосфором і калієм ($r = 0,79$), що обумовлено, насамперед, вищезгаданим dilution effect, вплив якого на елементний склад надземної листо-стеблової маси рослин домінує в період між кушінням та цвітінням.

Незважаючи на подібність динаміки вмісту азоту і фосфору у рослинах, відношення фосфору до азоту має тенденцію до поступового збільшення впродовж вегетації (Рис. 3). Більш сприятливі умови зволоження весною 2019 року забезпечили значно ліпше засвоєння фосфору з ґрунту у фазу цвітіння, але спекотні посушливі умови червня спричинили гальмування реутилізації азоту з вегетативних органів. Через ці особливості погодних умов співвідношення фосфору та азоту в зерні та соломі пшениці у 2018 та 2019 рр. є дуже відмінним. Середні значення відношення $P_2O_5 : N$ у зерні та соломі у 2018 році становило 1 : 0,28 і 1 : 0,29, а в 2019 р. – 1 : 0,37 і 1 : 0,15, відповідно. Очевидно, що така відмінність є прямим наслідком контрастних погодних умов у період весняної вегетації та досягання зерна у 2018 та 2019 рр. За меншої контрастності погодних умов, як було показано M. Weih et al. [25], у 2013-2014 рр., відношення вмісту фосфору до азоту у кінцевій продукції є більш сталим. Сортові відмінності відношення

$P_2O_5 : N$, які характеризуються результатами дисперсійного аналізу, зокрема стандартним відхиленням на рис. 3, також виявилися набагато сильнішими у 2019 році.

Таблиця 3

Вміст фосфору в надземній частині рослин пшениці сортів-національних стандартів у різні фази розвитку

| Сорт | Вміст P_2O_5 , % на суху речовину | | | | | | | |
|------------|-------------------------------------|----------|-----------------|--------|------------------------|----------|-----------------|--------|
| | 2018 | | | | 2019 | | | |
| | кущіння | цвітіння | повна стиглість | | кущіння | цвітіння | повна стиглість | |
| | листо-стеблова маса | | зерно | солома | листо-стеблова маса | | зерно | солома |
| Смуглянка | 0,73 | 0,32 | 0,47 | 0,08 | 0,79 | 0,44 | 0,61 | 0,05 |
| Розкішна | 0,70 | 0,27 | 0,54 | 0,09 | 0,90 | 0,53 | 0,61 | 0,04 |
| Бунчук | 0,81 | 0,32 | 0,60 | 0,13 | 0,91 | 0,52 | 0,61 | 0,05 |
| Подольанка | 1,00 | 0,31 | 0,65 | 0,09 | 0,74 | 0,38 | 0,61 | 0,04 |
| $НІР_{05}$ | 0,20 | 0,04 | 0,12 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,01 |

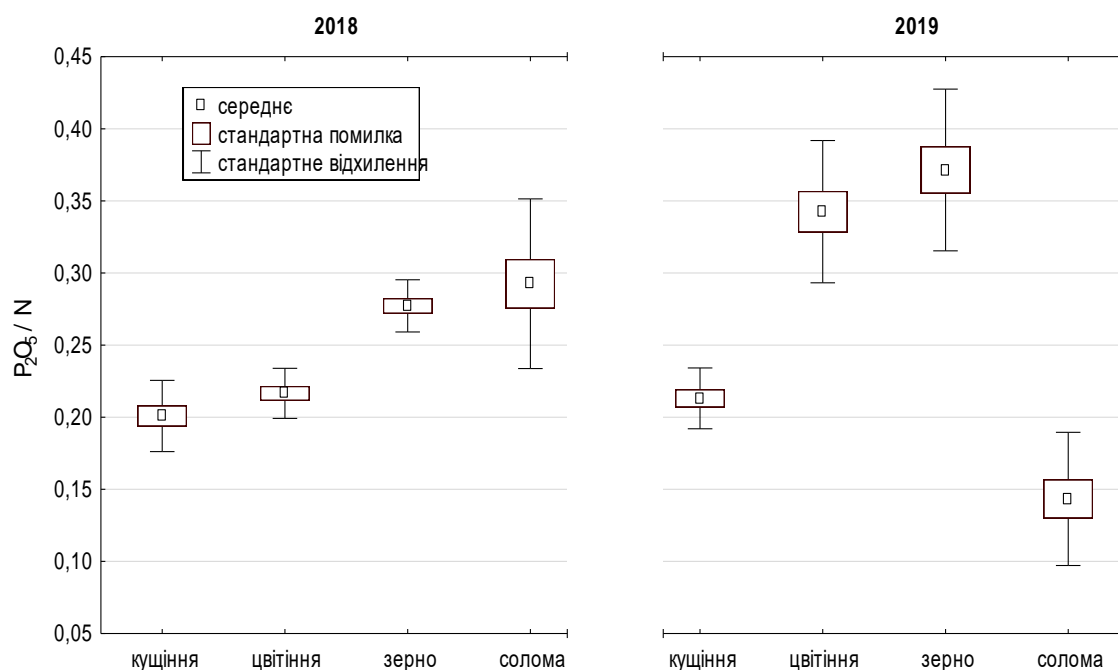


Рис. 3. Відношення $P_2O_5 : N$ у надземній частині рослин пшениці озимої (середні значення для сукупності досліджуваних сортів)

Залежність відношень $P_2O_5 : N$ або $P : N$ від погодних умов ставить під сумнів надійність оцінювання дефіциту елементів живлення рослин за нормативами цього показника, як це передбачено методологією DRIS (Diagnosis and Recommendation Integrated System) [37], так само, як і надійність інших методів, заснованих на парних співвідношеннях елементів. Різні дослідники наводять дуже різні дані щодо співвідношення фосфору й азоту в основній або побічній продукції пшениці озимої. За даними [34], у 2010-2013 рр. у Південному Степу України відношення $P_2O_5 : N$ у зерні пшениці озимої становило 0,11-0,12 на фоні без добрив та 0,17-0,22 за високого рівня удобрення, а згідно з [35], у 2007-2008 рр. у Правобережному Лісостепу України це відношення становило 0,29 та 0,37 відповідно. Узагальненням великої кількості результатів визначення вмісту азоту та фосфору у зерні пшениці, проведеного у Канаді [38] та Великобританії [39], показано, що середні значення $P : N$ наближаються до 0,16-0,17, що відповідає відношенню $P_2O_5 : N$ в межах 0,36-0,39. Спостереженнями в умовах Пакистану показано значення $P : N$ лише 0,11-0,12 та $P_2O_5 : N$ – 0,25-0,27 [40]. Отже, результати наших досліджень та літературні дані підтверджують висновок G. Ågren & M. Weih [23] про те, що умови навколишнього природного середовища та особливості

технології вирощування (іригація, удобрення) визначають варіабельність відношення фосфору до азоту з імовірністю 99 %.

3.3. Надходження калію та співвідношення вмісту калію й азоту в рослинах

Середній рівень накопичення калію у зерні та соломі був дуже близьким у роки досліджень, однак впродовж вегетації 2019 р. його концентрація у надземній частині рослин була нижчою на 0,5-0,7 % (Рис. 4). Найбільший інтервал варіабельності вмісту калію спостерігався у соломі та у листо-стебловій масі на етапі цвітіння, коли масова частка соломи в рослині є домінуючою. Відомо, що найбільше поглинання калію рослинами пшениці відбувається під час інтенсивного росту пагону [41]. Це наводить на думку про важливість врахування сортових особливостей вимогливості пшениці до калію, тому що цей елемент відіграє винятково важливу роль у підтриманні тургору клітин та формуванні стійкості до посух.

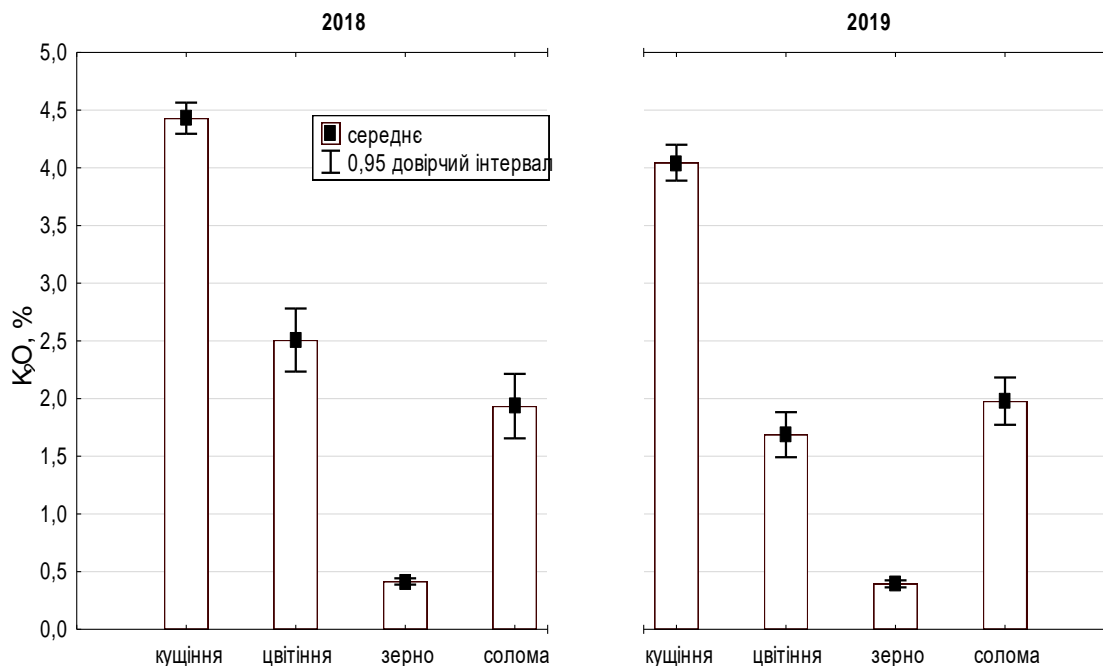


Рис. 4. Концентрація калію у надземній частині рослин пшениці озимої (середні значення для сукупності досліджуваних сортів)

Однак, стали різницю між сортами визначити важко (так само, як і для азоту), оскільки, через неоднаковий розвиток рослин, ступінь ростового розбавлення концентрації К також різний (Табл. 4).

Таблиця 4

Вміст калію у надземній частині рослин пшениці сортів-національних стандартів у різні фази розвитку

| Сорт | Вміст K ₂ O, % на суху речовину | | | | | | | |
|-------------------|--|----------|-----------------|------|---------------------|----------|-----------------|------|
| | 2018 р. | | | | 2019 р. | | | |
| | кущіння | цвітіння | повна стиглість | | кущіння | цвітіння | повна стиглість | |
| | листо-стеблова маса | зерно | солома | | листо-стеблова маса | зерно | солома | |
| Смуглянка | 4,35 | 2,76 | 0,37 | 1,53 | 3,78 | 2,04 | 0,37 | 1,91 |
| Розкішна | 4,08 | 2,04 | 0,37 | 1,29 | 4,02 | 2,24 | 0,34 | 1,74 |
| Бунчук | 4,32 | 2,46 | 0,41 | 2,58 | 4,14 | 1,17 | 0,38 | 1,83 |
| Подольянка | 4,59 | 2,70 | 0,38 | 1,38 | 3,66 | 1,40 | 0,33 | 1,43 |
| НІР ₀₅ | 0,31 | 0,54 | 0,03 | 0,82 | 0,13 | 0,17 | 0,02 | 0,11 |

Якщо у 2018 р. пшениця сорту Розкішна мала найнижчі параметри вмісту калію за всіма дослідженими фазами розвитку, то під час цвітіння у 2019 р. цей параметр виявився найвищим серед сортів-національних стандартів. Сорт Бунчук характеризувався

найбільшим накопиченням калію у зерновій та нетоварній продукції, але під час цвітіння у 2019 році вміст цього елемента в листо-стебловій масі поступався іншим сортам на 16-48 %. Отже, погодні умови, що складаються на певний період вегетації, дуже сильно впливають на прояви сортової специфічності споживання калію рослинами пшениці.

Порушення процесу реутилізації азоту під час формування зернівки через посуху та високу температуру повітря, яке спостерігалось у 2019 році, позначилося й на відношенні $K_2O : N$. Як свідчать дані рис. 5, відношення калію до азоту в листо-стебловій масі рослин у 2019 році було істотно нижчим вже починаючи від фази цвітіння. Те ж саме спостерігається й у соломі.

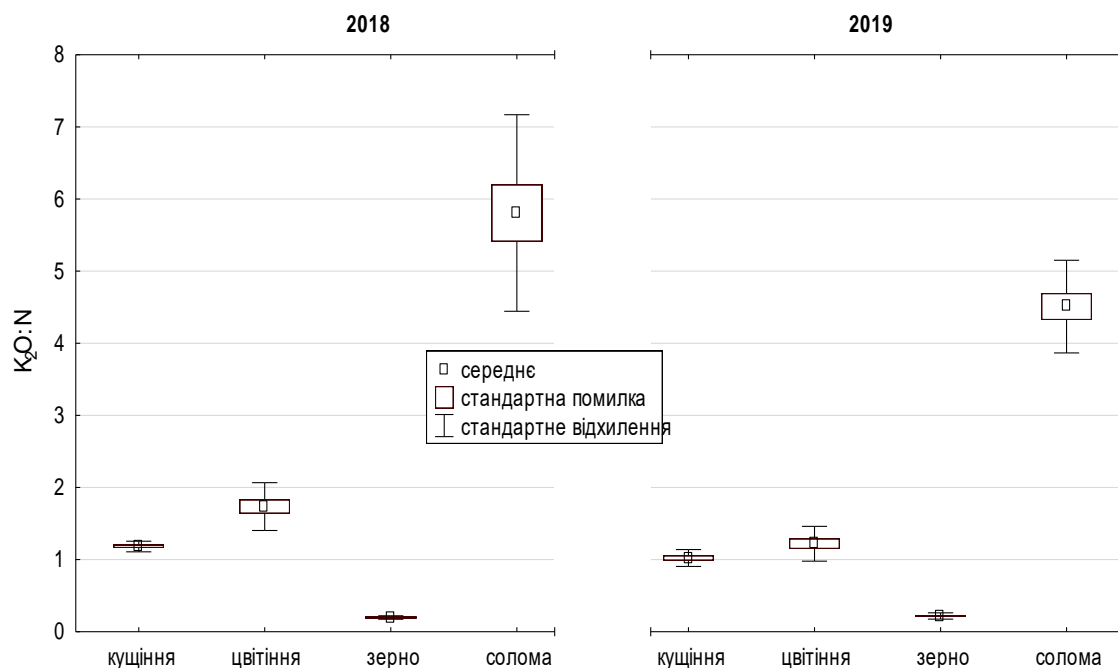


Рис. 5. Відношення $K_2O : N$ у надземній частині рослин пшениці озимої (середні значення для сукупності досліджуваних сортів)

3.4. Вміст NPK у рослинах пшениці озимої сортів закордонної селекції

Серед сортів закордонної селекції в окремі строки спостережень також вирізнялися лідери та аутсайтери за вмістом NPK у рослинах, проте, через неоднаковий вплив погодних умов у 2018 та 2019 рр., ці відмінності не були сталими за дослідженими фазами розвитку. Тому, для характеристики особливостей сортової вимогливості до основних елементів живлення ми наводимо лише дані щодо їхнього вмісту в кінцевій продукції (Табл. 5). В обидва роки спостерігали більше накопичення азоту в зерні та соломі пшениці сортів Арктіс і Панонікус, а калію – у пшениці сорту Матрікс. Сорта Бодічек і Мандіца, навпаки, характеризувалися зниженим вмістом азоту та фосфору. Враховуючи відмінність погодних умов 2018 і 2019 рр., можна очікувати, що вищевказані відмінності будуть проявлятися й у подальшому.

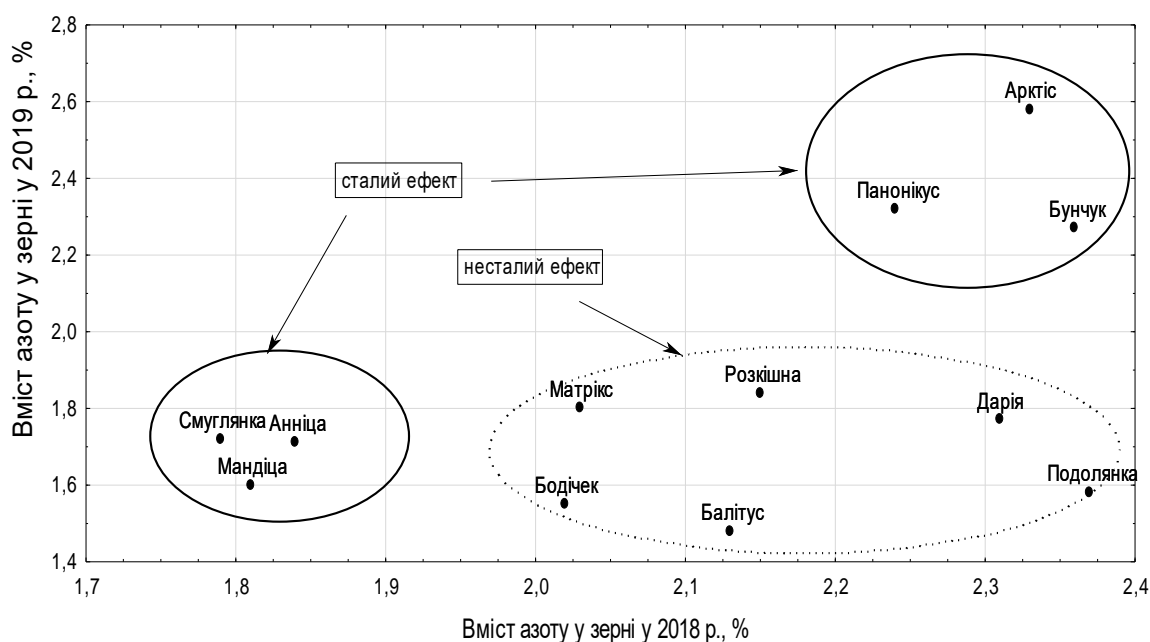
У випадку менш вираженої специфіки споживання елементів живлення, генотипні особливості можуть проявлятися не кожного року. Це візуалізовано на графіку (Рис. 6), де за накопиченням азоту в зерні чітко вирізняються групи сортів зі сталим та несталим ефектом.

Загалом, незважаючи на відмінність погодних умов, у кінцевій продукції досліджуваних сортів вітчизняної та закордонної селекції простежується істотна різниця за рівнем накопичення елементів живлення. Насамперед це стосується калію, вміст якого у зерні групи європейських сортів становив $0,43 \pm 0,02$ % у 2018 р. і $0,41 \pm 0,02$ % у 2019 р. У сортів-національних стандартів ці показники становили $0,38 \pm 0,01$ % і $0,36 \pm 0,04$ %, відповідно. Аналогічна відмінність притаманна й накопиченню калію у соломі: $2,05 \pm 0,11$ % у 2018 р. і $2,10 \pm 0,11$ % у 2019 р. для закордонних сортів та $1,70 \pm 0,30$ % у 2018 р. і $1,73 \pm 0,10$ % у 2019 р. відповідно для вітчизняних. За накопиченням азоту істотної різниці між цими групами сортів не виявлено, а за накопиченням фосфору різниця між середніми значеннями була істотною лише у 2019 році, а саме: $0,71 \pm 0,03$ % у зерні і $0,08 \pm 0,01$ % у соломі європейських сортів та $0,61 \pm 0,01$ % і $0,04 \pm 0,003$ % відповідно для вітчизняних.

Таблиця 5

Вміст NPK у зерні та соломі сортів пшениці озимої закордонної селекції

| Сорт | Вміст елементів живлення у зерні (над рисою) та соломі (під рисою), % | | | | | |
|-------------------|---|-------------------------------|------------------|-------------|-------------------------------|------------------|
| | 2018 р. | | | 2019 р. | | |
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| Анніца | <u>1,84</u> | <u>0,53</u> | <u>0,36</u> | <u>1,71</u> | <u>0,79</u> | <u>0,45</u> |
| | 0,35 | 0,09 | 1,41 | 0,55 | 0,10 | 2,13 |
| Арктіс | <u>2,33</u> | <u>0,62</u> | <u>0,46</u> | <u>2,58</u> | <u>0,83</u> | <u>0,45</u> |
| | 0,38 | 0,09 | 2,28 | 0,44 | 0,12 | 2,31 |
| Балітус | <u>2,13</u> | <u>0,60</u> | <u>0,42</u> | <u>1,48</u> | <u>0,65</u> | <u>0,45</u> |
| | 0,33 | 0,10 | 2,04 | 0,47 | 0,06 | 1,80 |
| Бодічек | <u>2,02</u> | <u>0,54</u> | <u>0,38</u> | <u>1,55</u> | <u>0,59</u> | <u>0,37</u> |
| | 0,30 | 0,09 | 2,40 | 0,39 | 0,05 | 2,07 |
| Дарія | <u>2,31</u> | <u>0,75</u> | <u>0,45</u> | <u>1,77</u> | <u>0,69</u> | <u>0,39</u> |
| | 0,28 | 0,09 | 1,86 | 0,47 | 0,06 | 2,46 |
| Мандіца | <u>1,81</u> | <u>0,54</u> | <u>0,44</u> | <u>1,60</u> | <u>0,68</u> | <u>0,37</u> |
| | 0,36 | 0,11 | 2,34 | 0,35 | 0,05 | 1,62 |
| Панонікус | <u>2,24</u> | <u>0,68</u> | <u>0,45</u> | <u>2,32</u> | <u>0,73</u> | <u>0,36</u> |
| | 0,41 | 0,09 | 2,04 | 0,46 | 0,05 | 1,97 |
| Матрікс | <u>2,03</u> | <u>0,56</u> | <u>0,49</u> | <u>1,80</u> | <u>0,69</u> | <u>0,47</u> |
| | 0,43 | 0,11 | 2,07 | 0,73 | 0,11 | 2,46 |
| НІР ₀₅ | <u>0,21</u> | <u>0,05</u> | <u>0,03</u> | <u>0,13</u> | <u>0,03</u> | <u>0,02</u> |
| | 0,03 | 0,01 | 0,25 | 0,08 | 0,01 | 0,11 |

**Рис. 6.** Збіжність посиленого або послабленого накопичення N у зерні пшениці озимої різних сортів у роки досліджень

Сортові відмінності споживання елементів живлення та вплив на них погодних умов неодмінно позначаються на розмірі виносу NPK з урожаєм. Середня врожайність зерна пшениці досліджуваних сортів становила 7,5 т/га з коливаннями від 5,9 до 9,2 т/га, маса сухої речовини соломи – 11,8 т/га з коливаннями від 9,3 до 14,4 т/га. Залежно від сорту, за такого врожаю із зерном виносилося 106-203 кг/га N, 41-58 кг/га P₂O₅, 23-37 кг/га K₂O. Господарський винос із соломою становив 32-95 кг/га N, 5-17 кг/га P₂O₅, 161-354 кг/га K₂O. Серед досліджуваних сортів-національних стандартів найбільший винос NPK був притаманний сортам Бунчук та Смуглянка, серед досліджуваних іноземних сортів – Панонікус та Арктіс.

4. Висновки

За однакових умов забезпеченості пшениці озимої елементами живлення, накопичення азоту, фосфору та калію в надземній частині рослин визначається погодними умовами весняно-літнього періоду та сортовими особливостями споживання. Через ці причини, співвідношення вмісту фосфору й азоту та калію й азоту у тканинах рослин, що вегетують, а також у зерні й соломі може варіювати у широких межах. Відношення $P_2O_5 : N$ у зерні пшениці у 2019 р. зі сприятливими погодними умовами квітня-травня та спекотним і посушливим червнем становило $0,37 \pm 0,02$, а у 2018 р. із посушливими погодними умовами квітня-травня і сприятливими у червні – $0,28 \pm 0,01$; відношення $K_2O : N$ у соломі – $5,8 \pm 0,4$ та $4,5 \pm 0,2$ відповідно.

Генетично обумовлена підвищена або знижена вимогливість окремих сортів до елементів живлення може мати сталий характер, а може проявлятися лише за певних гідротермічних умов вегетації. Через це, для надійного визначення сортових особливостей потреб пшениці озимої до умов живлення необхідно не менше 2-3-річного періоду досліджень з контрастними метеорологічними параметрами.

За результатами дворічних випробувань на чорноземі типовому, більше накопичення азоту у зерні та соломі спостерігалось у пшениці сортів Бунчук, Арктіс і Панонікус, а калію – у пшениці сорту Матрікс. Сорти Смуглянка, Бодічек і Мандіца, навпаки, характеризувалися зниженим вмістом азоту та фосфору у зерні. У групі сортів вітчизняної селекції (Розкішна, Бунчук, Смуглянка, Подолянка) виявлено ознаки меншого накопичення калію у зерні та соломі, ніж у сортів європейської селекції (Балітус, Панонікус, Арктіс, Матрікс, Анніца, Мандіца_Бодічек і Дарія).

Список використаних джерел

1. Рослинництво України. Статистичний збірник. 2018. Державна служба статистики України, 2019. 220 с. (Crop production of Ukraine. Statistical yearbook. 2018. State Statistical Service of Ukraine, 2019. 220 p.)
2. Bond J., Liefert O. Wheat Outlook. U.S. Production and Domestic Use Lowered, Netting Increase for 2016/17 Carryout. Economic Research Service, USDA, WHS-16j, Oct. 14, 2016. URL: <https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/80243/whs-16j.pdf?v=0>.
3. Genetic yield gains of winter wheat in Germany over 100 years (1895-2007) under contrasting fertilizer applications / H.E. Ahrends, W. Eugster, T. Gaiser [et al.]. *Environmental Research Letters*. 2018. 13:104003. URL: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aade12> (Accepted Aug 13, 2018).
4. 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; 68(1): 57-70. DOI: <https://doi.org/10.1515/boku-2017-0005>.
5. 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; 5: 200-208. DOI: <https://doi.org/10.3923/ajcs.2013.200.208>.
6. Hard Red Winter Wheat Cultivar Responses to a pH and Aluminum Concentration Gradient / S.R. Kariuki, H. Zhang, J.L. Schroder [et al.]. *Agronomy Journal*. 2007; 99: 88-97. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2006.0128>.
7. Higher salt tolerant winter wheat cultivars relieves senescence at reproductive stage / Y. Zheng, Z. Wang, X. Sun [et al.]. *Environmental and Experimental Botany*. 2008; 62(2): 129-138. DOI: [10.1016/j.envexpbot.2007.07.011](https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2007.07.011).
8. Identification and Characterization of Salt Tolerance of Wheat Germplasm Using a Multivariable Screening Approach / B.C. Oyiga, R.C. Sharma, J. Shen [et al.]. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 2016; 202: 472-485. DOI: <https://doi.org/10.1111/jac.12178>.
9. Климашевский Э.Л. Генетический аспект минерального питания растений. Москва: Агропромиздат, 1991. 415 с.
10. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Затв. наказом Мінагрополітики України від 12.06.2016 р. № 540. Український Інститут експертизи сортів рослин. 117 с. URL: <https://sops.gov.ua/uploads/page/5a5f413bb9be6.pdf>.
11. 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; 213: 118-129. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.08.002>.
12. Yan W., Zhong Y., Shanguan Z. The relationships and sensibility of wheat C:N:P stoichiometry and water use efficiency under nitrogen fertilization. *Plant, Soil and Environment*. 2015; 61(5): 201-207. DOI: <https://doi.org/10.17221/28/2015-PSE>.
13. Lopez-Bellido R.J., Shepherd C., Barraclough P.B. Predicting post-anthesis N requirements of bread wheat with Minolta SPAD meter. *European Journal of Agronomy*. 2004; 20(3): 313-320. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(03\)00025-X](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(03)00025-X).
14. Asplund L., Bergkvist G., Weih M. Functional traits associated with nitrogen use efficiency in wheat. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B. Soil and Plant Science*. 2015; 66(2): 153-169. DOI: <https://doi.org/10.1080/09064710.2015.1087586>.
15. 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; 156: 242-248. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.10.004>.
16. Реутилізація азоту в зерно у різних сортів пшениці залежно від умов мінерального живлення. / І.М. Шегада, Д.А. Кірізія, А.П. Іваницька, Л.В. Сеніна. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія біологія*. 2018. 2(44), 69-80. URL: https://knau.kharkov.ua/uploads/visn_biology/2018/2/6.pdf.

17. Починок В.М., Кірізій Д.А. Продуктивність і якість зерна пшениці у зв'язку з особливостями розподілу азоту в рослині. *Фізіологія і біохімія культурних рослин*. 2010. Т. 42. 5. 393-402. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/66313/02-Pochinok.pdf?sequence=1>.
18. Relative Contribution of Nitrogen Adsorption, Remobilization, and Partitioning to the Ear During Grain Filling in Chinese Winter Wheat / D. Zhou, M.D. Serret, J.B. Pie [et al.]. *Frontiers in Plant Science*. 2018. 9:1351. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01351>.
19. Gaj R., Górski D., Przybył J. The effect of differentiated phosphorus and potassium fertilization on winter wheat yield and quality. *Journal of Elementology*. 2013; 18(1): 55-67. DOI: <https://doi.org/10.5601/jelem.2013.18.1.04>.
20. El-Nashaar H.M., Banowetz G.M., Peterson C.J., Griffith S.M. Genetic variability of Elemental Concentration in Winter Wheat Straw. *Energy Fuels*. 2010; 24(3): 2020-2027. DOI: <https://doi.org/10.1021/ef901181h>.
21. Hawkesford M.J. Reducing the reliance on nitrogen fertilizer for wheat production. *Journal of Cereal Science*. 2014; 59: 276-283. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.12.001>.
22. Górny A.G., Banaszak Z., Ługowska B., Ratajczak D. Inheritance of the efficiency of nitrogen uptake and utilization in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) under diverse nutrition levels. *Euphytica*. 2011. 177: DOI: <https://doi.org/10.1007/s10681-010-0230-z>.
23. Ågren G.I., Weih M. Plant stoichiometry at different scales: element concentration patterns reflect environment more than genotype. *New Phytologist*. 2012. 194: 944-952. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04114.x>.
24. Limitation of multi-elemental fingerprinting of wheat grains: Effect of cultivar, sowing date, and nutrient management / A. Suarez-Tapia, S.V. Kucheryavskiy, B.T. Christensen [et al.]. *Journal of Cereal Science*. 2017. 76: 76-84.
25. Weih M., Pourazari F., Vico G. Nutrient stoichiometry in winter wheat: Element concentration pattern reflects developmental stage and weather. *Scientific reports*. 2016. 6: 35958. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep35958>.
26. Weih M., Hamnér K., Pourazari F. Analyzing plant nutrient uptake and utilization efficiencies: comparison between crops and approaches. *Plant and Soil*. 2018; 430(1-2): 7-21.
28. Santa-Maria G.E., Moriconi J.I., Oliferuk S. Internal efficiency of nutrient utilization: what is it and how to measure it during vegetative plant growth? *Journal of Experimental Botany*. 2015; 66(11): 3011-3018. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erv162>.
29. Rose T.J., Wissuwa M. Chapter five – Rethinking Internal Phosphorus Utilization Efficiency: A New Approach Is Needed to Improve PUE in Grain Crops. *Advances in Agronomy*. 2012; 116: 185-217. DOI:10.1016/B978-0-12-394277-7.00005-1.
30. Гладкіх Є.Ю., Круподеря Ю.О., Панасенко Є.В. Роль окремих елементів у підвищенні стресостійкості рослин за екстремальних погодних умов. Людина та довкілля. *Проблеми неоекології*. 2016; 1-2(25): 55-63.
31. Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення: керівний нормативний документ / за ред. І.П. Яцюка, С.А. Балюка. Вид. 2-е допов. Київ, 2019. 108 с.
32. Jarell W.M., Beverly R.B. The dilution effect in plant nutrition studies. *Advances in Agronomy*. 1981; 34: 197-224.
33. Development of a Critical Nitrogen Dilution Curve Based on Leaf Area Duration in Wheat / X. Wang, T. Ye, S.T. Ata-Ul-Karim [et al.]. *Frontiers in Plant Science*. 2017; 8:1517. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01517>.
34. Гамаюнова В.В., Смірнова І.В. Вміст у надземній масі сортів пшениці озимої елементів живлення залежно від мінерального живлення та їх винос урожаєм. *Вісник ХНАУ. Серія «Рослинництво, селекція і насінництво, плодощовивництво і зберігання*. 2018; 1: 241-250. URL: <http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/5740>
35. Бордюжа Н.П. Винос елементів живлення урожаєм різних сортів пшениці озимої за систематичного застосування добрив. *Научные труды SWorld*. 2016. 3(44): 50-53. URL: <http://www.sworld.com.ua/ntsw/316-7.pdf>.
36. 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: 69-80. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-004-0469-z>.
37. Bhaduri D., Pal Sh. Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS): Concept and Application on Nutritional Diagnosis of Plants: A Review. *Journal of Soil and Water Conservation*. 2013; 12 (1): 70–79.
38. Effect of crop rotation, fertilizer and tillage management on spring wheat grain yield and N and P content in a thin Black Chernozem: A long-term study / C.F. Campbell, G.P. Lafond, A.J. Vanden Bygaart [et al.]. *Canadian Journal of Plant Science*. 2011; 91: 467-483. DOI: <https://doi.org/10.4141/cjps10032>.
39. N, P and K budget for crop rotation on nine organic farms in the UK / P.M. Berry, E.A. Stockdale, R. Sylvester-Bradley [et al.]. *Soil Use and Management*. 2003; 19(2): 112-118. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2003.tb00289.x>.
40. Effect of different Nitrogen and Phosphorus ratios on the performance of wheat cultivar "Khirman" / P. Khan, M. Imtiaz, S.K.H. Shah [et al.]. *Sarhad Journal of Agriculture*. 2008; 24(2): 233-239. URL: https://www.researchgate.net/publication/263547281_Effect_of_different_nitrogen_and_phosphorus_ratios_on_the_performance_of_wheat_cultivar_'Khirman.
41. Pettigrew W.T. Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. *Physiologia Plantarum*. 2008. 133: 670-681. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2008.01073.x>.

UDC 631.81.036

Inputs of nutrients to winter wheat plants of different varieties in years, contrasting in weather

M. Miroshnychenko^{1*}, A. Zvonar¹, Ye. Panasenko¹, O. Leonov²

¹ National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky", Kharkiv, Ukraine

² Institute of Plant Production named after V.Ya. Yuryev NAAS, Kharkiv, Ukraine
E-mail: *ecosoil@meta.ua

The purpose of the research was to compare features of wheat winter plants nutrition cased their variety specify in different weather conditions. The studies were carried out on Haplic Chernozem Loamic of the test field in the Kharkiv region during 2018 and 2019. Four varieties which are a national standards of Ukraine (Smuglyanka, Podolyanka, Bunchuk and Rozkishna) and 8 varieties of European selection ((Balitus, Panonicus (Saatzucht Donau, Austria), Arctis, Matrix (Deutsche Saatveredelung AG, Germany), Annitza (Zagreb Bc Institute, Croatia), Bodiček and Dariya (RAGT Semences, Czech Republic)) were studied. Due to the effect of growth dilution, content of N in plants decreased from 3.6-4.2 % in the tillering phase to 1.3-1.6 % in the anthesis phase, P_2O_5 - from 0.7-0.9 % to 0.3-0.5 %, K_2O – from 3.9-4.6 % to 1.5-2.8 % respectively. Depending on the weather condition, the ratio of P_2O_5 : N in grain and straw varied twice and ratio K_2O : N in straw varied in 1.3 times. Differences in NPK consumption between varieties were more in the year with favorable moisture in April-May and stressful conditions after anthesis. According to two-year studies, a group of Ukrainian varieties generally showed less potassium demand than varieties of European selection. Studies showed that under the equal fertilizing, the accumulation of nitrogen, phosphorus and potassium in the aboveground part of winter wheat plants was determined by the weather conditions of the spring-summer period and the varietal specify of nutrition. This leads to wide variation of the ratio phosphorus to nitrogen and potassium to nitrogen in the tissues of vegetating plants, as well as in grain and straw. Genetically determined increased or reduced need in nutrients might be of a permanent nature or might occur under certain hydrothermal conditions during the growing season.

Keywords: nutrient element; varieties; weather conditions; winter wheat.

Citing: Miroshnychenko M., Zvonar A., Panasenko E., Leonov O. 2020 Inputs of nutrients to winter wheat plants of different varieties in years, contrasting in weather. *Agrochemistry and Soil Science*. Collected papers. No. 89. Kharkiv: NSC ISSAR, P. 51-62. (Ukr.). DOI: <https://doi.org/10.31073/acss89-06>.