



УДК 631.582: [631.559:633.16]
DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.11.2025.15>

ЛИСТКОВА ДІАГНОСТИКА ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН СПЕЛЬТИ ОЗИМОЇ В УМОВАХ ПОЛІССЯ

О. В. Карпшин¹, В. В. Мойсієнко²

Пшениця спельта (*Triticum spelta* L.) є досить поширеною культурою в органічному землеробстві країн Європейського Союзу й України. Вона має високу якість зерна, більш придатна до органічного вирощування, ніж м'яка пшениця. У статті наведені результати функціональної листкової діагностики спельти озимої з метою оптимізації живлення рослин в умовах Полісся. Польові дослідження проводили із сортами спельти в умовах дерново-підзолистих супіщаних ґрунтів Приватного підприємства «Галекс Агро» упродовж 2021–2024 років. Уміст гумусу на дослідних ділянках становив 1,53%, рН ґрунту (сольове) – 5,3. У процесі досліджень використані методи: польовий, лабораторний і порівняльно-розрахунковий. Дослідження листя показує, чи отримують рослини оптимальний рівень необхідних поживних речовин і чи потрібні зміни в системі удобрення. Установлено, що на варіанті без добрив (2022 рік) рослини сорту спельти Зоря України мали середню нестачу калію та високу нестачу сірки, що доцільно компенсувати відповідними нормами добрив. За внесення *Physio Natur PKS 47 Bio* рослини спельти були забезпечені елементами живлення, окрім незначної нестачі цинку і кобальту, що не впливає на подальший розвиток рослин. На неудобрених ділянках рослини сорту *Attergauier Dinkel* потребували, за даними листкової діагностики, як макро-, так і мікроелементів. На варіанті з удобренням рослини були цілком забезпечені необхідними елементами живлення. Аналогічну закономірність щодо отриманих результатів листкової діагностики на неудобрених ділянках отримали впродовж 2023 року. Рослини сорту Зоря України потребували додаткового внесення 168 г/га марганцю та 140 г/га заліза. У рослин сорту *Attergauier Dinkel* спостерігали середню забезпеченість сіркою та бором і нестачу магнію, цинку, марганцю та заліза.

Ключові слова: функціональна листкова діагностика, макро- і мікроелементи, сорти спельти, удобрення, фаза виходу у трубку і поява прапорцевого листка.

¹ аспірант кафедри технологій у рослинництві
(Поліський національний університет, м. Житомир)
e-mail: karpishin_97@ukr.net
ORCID: 0009-0005-9921-3739

² доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри технологій у рослинництві
(Поліський національний університет, м. Житомир)
e-mail: veraprof@ukr.net
ORCID: 0000-0001-8880-9864

LEAF DIAGNOSTICS FOR OPTIMIZATION OF NUTRITION OF WINTER SPELT PLANTS IN POLISSYA

O. V. Karpyshyn, V. V. Moisiienko

*Spelt wheat (*Triticum spelta* L.) is a fairly common crop in organic farming in the European Union and Ukraine. It has high grain quality and is more suitable for organic cultivation than soft wheat. The article presents the results of functional leaf diagnostics of winter spelt in order to optimize plant nutrition in Polissya. Field research was carried out with spelta varieties in the conditions of sod-podzolic sandy loam soils of Galeks Agro PE during 2021–2024. The humus content in the experimental plots was 1,53%, the soil pH (salt) was 5,3. The methods used in the research were field, laboratory and comparative-calculated. The study of leaves shows whether the plants receive the optimal level of necessary nutrients and whether changes in the fertilization system are needed. It was found that in the variant without fertilizers (2022), plants of the spelta variety Zorya Ukrayiny had a medium lack of potassium and a high lack of sulfur, which should be compensated by appropriate fertilizer rates. With the inclusion of Physio Natur PKS 47 Bio, the spelta plants were provided with nutrients, except for a slight lack of zinc and cobalt, which does not affect the further development of the plants. According to the leaf diagnostics, the plants of the Attergauer Dinkel variety needed both macro and microelements in the unfertilized areas. In the fertilized variant, the plants were fully supplied with the necessary nutrients. A similar pattern in the results of leaf diagnostics in unfertilized areas was obtained during 2023. Plants of the Zorya Ukrayiny variety required an additional 168 g/ha of manganese and 140 g/ha of iron. The plants of the Attergauer Dinkel variety had an average supply of sulfur and boron and a lack of magnesium, zinc, manganese and iron.*

Key words: functional leaf diagnostics, macro- and microelements, spelta varieties, fertilizers, tube stage and flag leaf appearance.

Вступ

Спельта (*Triticum spelta* L.) – один із найдавніших підвидів пшениці, що використовуються в харчуванні людини. Уперше її почали культивувати як хлібний злак у восьмому столітті до нашої ери, зараз вона повертає собі заслужену увагу. Зростання усвідомлення тісного взаємозв'язку між харчуванням і здоров'ям людини нині значно змінює харчові вподобання людей у всьому світі, спонукає до зростання споживання альтернативних культур, нових сортів зернових і продуктів з високою поживною цінністю (Патика та ін., 2015, Поліщук, 2016; Заїка і Карпук, 2023). Спельта – лідер за вмістом білків, клітковини та вітамінів серед усіх видів зерна. Вона містить стільки ж білків, як і м'ясо, а також містить 18 незамінних амінокислот, які неможливо отримати із тваринною їжею. Окрім чудових поживних властивостей, приємного смаку й аромату, борошно та хлібобулочні вироби зі спельти вирізняються високим рівнем засвоюваності, тому набувають все більшої популярності (Fageria et al., 2009; Fageria et al., 2010; Oliveira Gaurat et al., 2022). Виявлено, що сорти спельти вирізняються за біологічними проявами формування рівня врожайності зерна, зокрема, сорт Зоря України забезпечив урожайність 5,66 т/га, Європа – 5,89 т/га, а Аттергауер Дінкель – 4,85 т/га. За якісними характеристиками

зерна пшениці спельти визначено варіант застосування Гумату калію ГК-17 у фазу колосіння та повторно у фазу молочної стиглості за поєднання його із внесенням Agriflex Amino у фазу колосіння. Натура зерна сорту Зоря України становила 663 г/л, Європа – 680 г/л, Аттергауер Дінкель – 758 г/л, вміст білка був 18,55, 18,27 та 14,70%, а вміст сирової клейковини – 48,8, 41,6 та 33,0% відповідно (Заїка і Карпук, 2023). Оптиміальні економічні показники отримано за вирощування сорту Європа, собівартість виробництва однієї тонни зерна за оброблення посівів Гуматом калію ГК-17 у фазу молочної стиглості становила 4175 грн/га. Рівень рентабельності становив 240%, а за дворазового внесення позакореневого підживлення зі стимулятором росту отримано собівартість у 3 670 грн/т та рентабельність 272% (Карпук та ін., 2024).

Одним із найдоступніших чинників регулювання росту та розвитку рослин спельти є зміна їх мінерального живлення. Це можливо лише за належної діагностики живлення рослин, тобто завчасного виявлення нестачі чи надлишку елементів живлення. Листкова діагностика рослин являє собою хімічний аналіз рослинної тканини для визначення поточного вмісту (концентрації) поживних речовин у рослині. Особливо листкова діагностика важлива під час вирощування

сільськогосподарських культур за інтенсивними технологіями (Коваленко та ін., 2014а). Результати функціональної листкової діагностики пшениці озимої, яку проводили мобільною лабораторією «Агровектор® ПФ-014» до внесення добрив, показали дефіцит у тканинах рослин N, K, S, Ca, Mg, B, Cu, Zn, Mn і Fe. Застосування рідких комплексних добрив сприяло оптимізації вмісту низки макро- і мікроелементів (Довбиш та ін., 2019). Проведена листкова діагностика живлення соняшнику свідчить, що в рослинах спостерігали найменшу забезпеченість азотом у фазі 5–7 листків і цвітіння, фосфору було найменше внизу схилю, а нестача калію виявлена на водорозділі й у верхній частині схилю на 100%. На всіх варіантах дослідів у цей період спостерігали нестачу (від 45 до 100%) бору, кобальту, цинку, марганцю, заліза (Сенченко, 2015). Листкова діагностика застосовується для моніторингу рівня забезпеченості рослин поживними елементами та діагностики наявних проблем живлення (Коваленко та ін., 2014б).

Листя, як первинний фотосинтетичний орган рослин, безпосередньо відповідає за поглинання поживних речовин із ґрунту та перетворення їх на енергію для росту та розвитку. Правильне та збалансоване мінеральне живлення в кожен період процесу формування врожаю в конкретних умовах дає змогу отримати максимально можливу його кількість. Тому так важливо контролювати стан рослини в усі періоди її життєдіяльності (особливо у критичні фази розвитку). Використання ґрунтово-рослинної діагностики сприяє вчасному внесенню змін у технологію застосування добрив: дозування, строки, способи їх внесення, що дає можливість значно підвищити окупність і ефективність агрономічних заходів (Коваленко та ін., 2014б; Ізмоденова, 2016). Отже, аналіз рослинних тканин у поєднанні з інформацією про тестування ґрунту є рекомендованим підходом для діагностики дефіциту поживних речовин. Позакореневе тестування також допомагає діагностувати такі проблеми, як зміна кольору листя або повільний ріст рослин, які можуть бути пов'язані з дефіцитом мікроелементів. Так, найкращий момент для проведення позакорневих проб ожини для оцінювання поживності сортів Brazos, Guarani, Turu та BRS Xavante – початок цвітіння. Запропоновані критичні рівні для макроелементів (г/кг) становлять 25,5 для N; 2,0 для P; 11,2 для K; 2,9 для Ca; 0,3 для Mg і 2,1 для S, а для мікроелементів

(мг/кг) – 15,5 для B; 9,7 для Cu; 79,6 для Fe; 116,4 для Mn і 22,9 для Zn. Ці рівні P, K, Ca, Mg, S і B нижчі за діапазони, які вважаються придатними для ожини (Oliveira Gaurat et al., 2022).

Метою досліджень було проведення моніторингу листкової діагностики сортів пшениці спельти за варіантами досліду та виявлення рівня забезпечення рослин макро- і мікроелементами.

Матеріал і методи

Польові дослідження проводили із сортами спельти в умовах дерново-підзолистих супіщаних ґрунтів Приватного підприємства «Галекс Агро» упродовж 2021–2024 рр. Уміст гумусу на дослідних ділянках становив 1,53%; рН ґрунту (сольове) – 5,3; азоту, що легко гідролізується – 57,7 мг/кг; рухомих форм фосфору – 54,3 мг/кг, калію – 62,0 мг/кг.

Вивчали два сорти спельти (фактор А): Зорю України і Аттергауер Дінкель. Схема досліду передбачала такі варіанти позакореневого удобрення (фактор В): 1. Без добрив (контроль), 2. Physio Natur PKS 47 Bio (13–15–19), добриво рекомендовано використовувати в органічному рослинництві. Фактор С включав: 1. Контроль (без добрив); 2. Гуміфілд ВР-18 (0,4 л/га); 3. Гумісол-плюс 01 зернові (по 0,5 л/га) – двічі: ранньовесняне кушення (ВВСН 23–29) та поява прапорцевого листка (ВВСН 37); 4. Гумісол-плюс 01 зернові (0,5 л/га) двічі + Гуміфілд ВР-18 (0,4 г/л).

Облікова площа ділянки – 100 м², повторність триразова, розміщення ділянок у досліді систематичне. Попередник спельти – гірчиця на сидерат.

Для проведення листкової діагностики рослин спельти використовували розроблену лабораторію функціональної листкової діагностики «Агровектор ПФ-014» (Компанія «АПК груп», Україна). Ця мінілабораторія дозволяє проводити діагностику автономно, у будь-якому місці, у польових умовах також, що важливо для різних культур у відкритому ґрунті. Показує вона потребу рослин у 14 основних елементах живлення на окремому етапі їхнього розвитку й у відповідних ґрунтово-кліматичних умовах (шкала потреби від 0 до 400%). Завдання виконували за методикою ґрунтової та листкової агрохімічної діагностики живлення рослин (Гоменко та ін., 2007; Прасол та ін., 2012). Відбирали зразки листя на діагностику в період початку виходу рослин у трубку (фаза ВВСН 31–32).

Результати

Аналіз листя спельти дає змогу точно діагностувати дефіцит поживних речовин, який важко визначити за допомогою аналізу ґрунту чи візуальної діагностики. Нестача мікроелементів не тільки призводить до зниження врожаю, а й спричиняє низку захворювань у рослин, знижує якість продуктів харчування. Вони стимулюють ріст рослин і прискорюють їхній розвиток, позитивно впливають на стійкість рослин до несприятливих умов зовнішнього середовища (рис. 1).

Установлено, що на варіанті без добрив рослини спельти сорту Зоря України були

забезпечені основними елементами живлення, але спостерігали також незначну нестачу окремих елементів живлення. Виявлено середнє забезпечення рослин спельти калієм, що потребує внесення 30 кг/га діючої речовини. Аналіз листя показав, що в рослинах висока нестача сірки, потрібно провести підживлення посівів (24 кг/га).

За внесення мікродобрива Physio Natur PKS 47 Біо посіви спельти сорту Зоря України були цілком забезпечені елементами живлення, про що свідчать дані листкової діагностики (рис. 2).

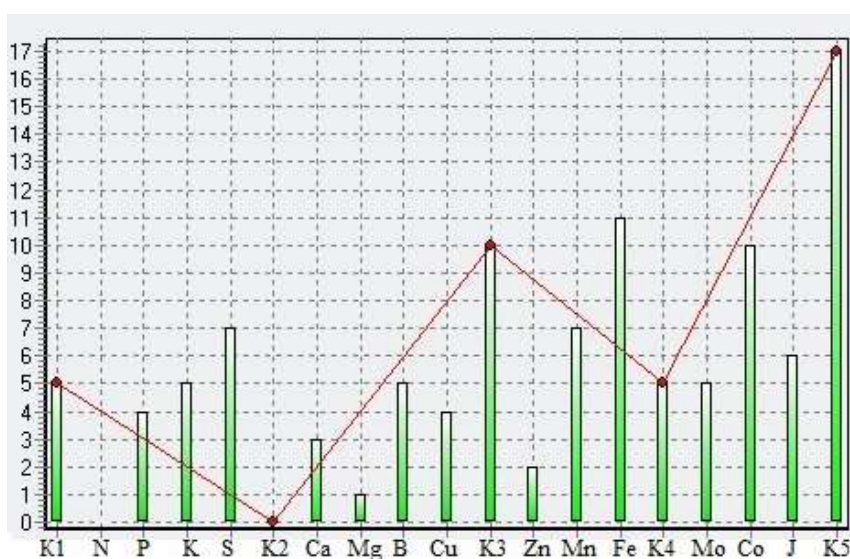


Рис. 1. Графік листкової діагностики спельти сорту Зоря України на варіанті без добрив, 2022 р.

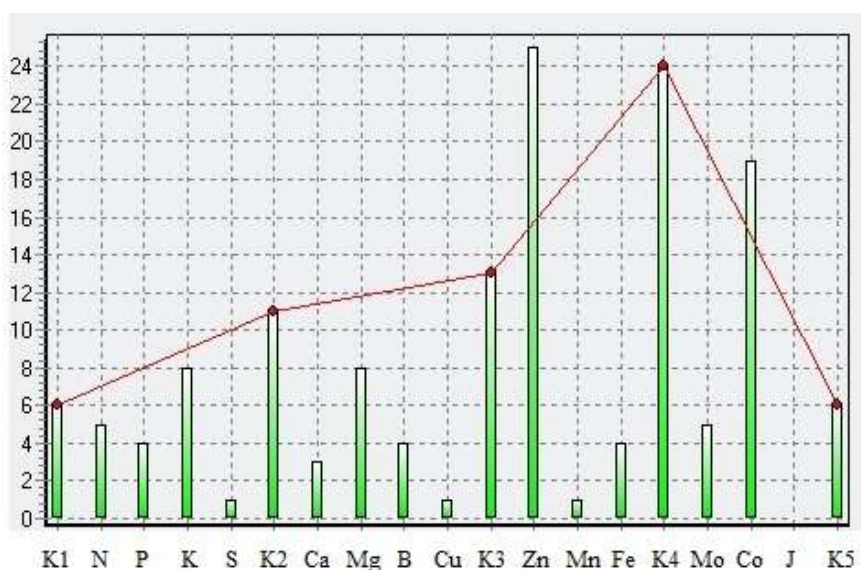


Рис. 2. Графік листкової діагностики спельти сорту Зоря України на варіанті із внесенням добрива Physio Natur PKS 47 Біо, 2022 р.

Незначна нестача таких елементів, як цинк і кобальт, яких потрібно довести в малих кількостях – 58,7 г/га та 0,1 г/га відповідно, не вплине на подальший ріст і розвиток рослин спелти.

Макро- і мезоеlementи необхідні рослинам у найбільшій кількості, оскільки вони є складниками багатьох компонентів рослин, як-от білки, нуклеїнові кислоти та хлорофіл, які важливі для таких фізіологічних процесів, як дихання, підтримка осмотичного тиску тощо. На варіанті досліджень спелти сорту Attergauer Dinkel без застосування добрив рослини деякою мірою не забезпечені елементами живлення. Спостерігається значна потреба в таких макроелементах, як фосфор і калій, яких потрібно внести по

18,5 кг/га та 46,7 кг/га відповідно. Забезпеченість азотом – на середньому рівні, його потрібно додатково внести в кількості 15,3 кг/га (рис. 3).

На неудобренних ділянках виявлена дуже висока нестача таких елементів, як сірка, кальцій і цинк. Тому саме оцінювання рівня поживних речовин у листі дозволяє безпосередньо визначити стан живлення рослин.

Результати проведених досліджень свідчать, що правильно розроблена оптимальна система удобрення органічного вирощування спелти впливає на ріст рослин і формування якісного врожаю (рис. 4).

Аналіз листової діагностики проводили в період початку виходу рослин у трубку (фаза ВВСН 31–32), який свідчить, що на

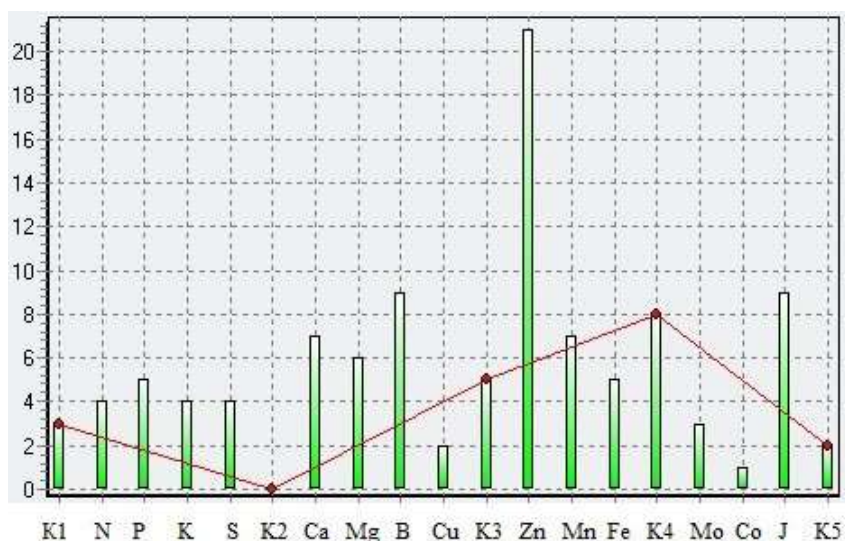


Рис. 3. Графік листової діагностики спелти сорту Attergauer Dinkel на варіанті без добрив, 2022 р.

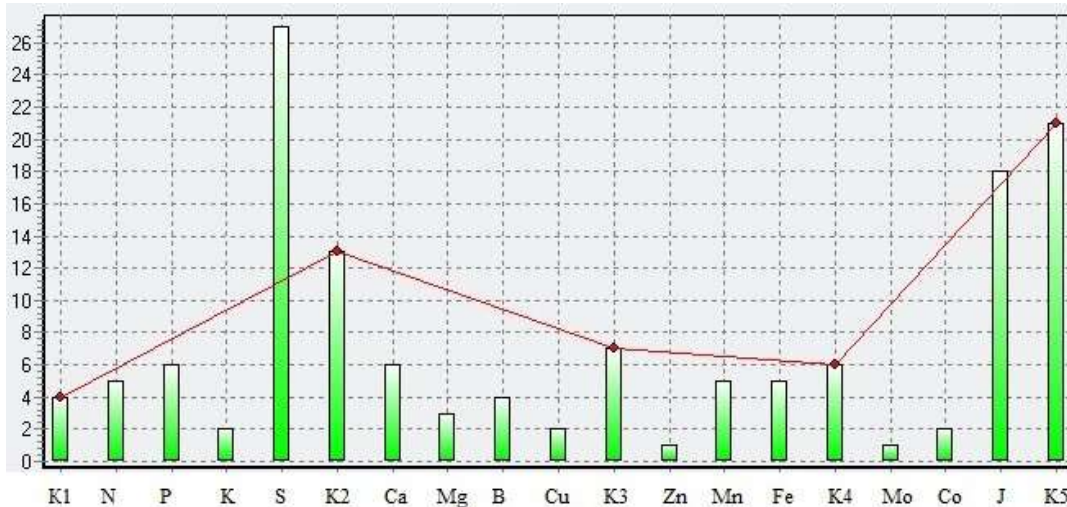


Рис. 4. Графік листової діагностики спелти сорту Attergauer Dinkel на варіанті із внесенням добрива Physio Natur PKS 47 Bio, 2022 р.

варіанті досліджень спельти сорту Attergaufer Dinkel із внесенням добрива Physio Natur PKS 47 Біо рослини цілком забезпечені елементами живлення. Спостерігається лише критична нестача сірки, якої потрібно внести 8,5 кг/га.

За внесення у ґрунт добрива Physio Natur PKS 47 Біо спостерігалось максимальне використання рослиною елементів живлення із ґрунту. На цьому варіанті рослини цілком забезпечені елементами живлення, лише спостерігається нестача кобальту, якого потрібно внести 15 г/га (рис. 5).

На варіанті досліджень без добрив рослини забезпечені елементами живлення,

лише спостерігається незначна потреба в таких мікроелементах, як марганець і залізо. Для кращого росту рослин їх потрібно довести в кількості 168 г/га для марганцю та 140 г/га для заліза (рис. 6).

За вирощування спельти сорту Attergaufer Dinkel на варіанті із внесенням добрива Physio Natur PKS 47 Біо аналіз листкової діагностики показав, що рослини забезпечені основними макро- і мезоелементами, але спостерігається висока нестача деяких мікроелементів, як-от бор, мідь і цинк (рис. 7).

За вирощування спельти сорту Attergaufer Dinkel на варіанті без добрив рослини забез-

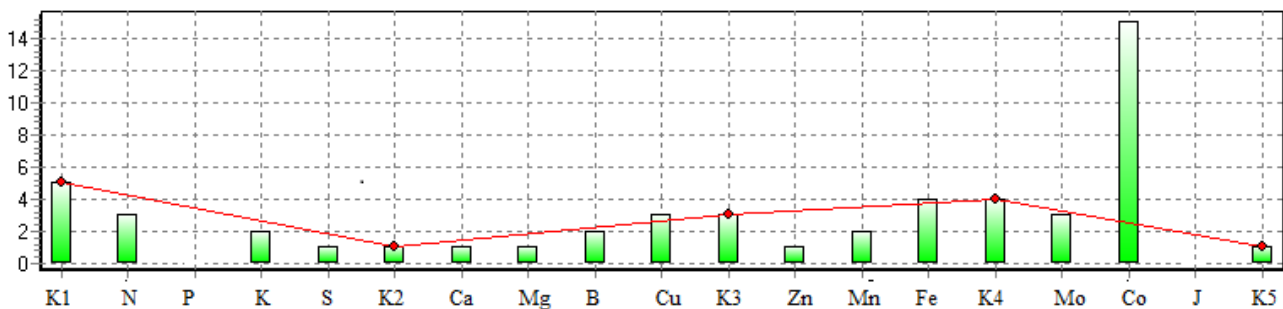


Рис. 5. Графік листкової діагностики спельти сорту Зоря України на варіанті із внесенням добрива Physio Natur PKS 47 Біо, 2023 р.

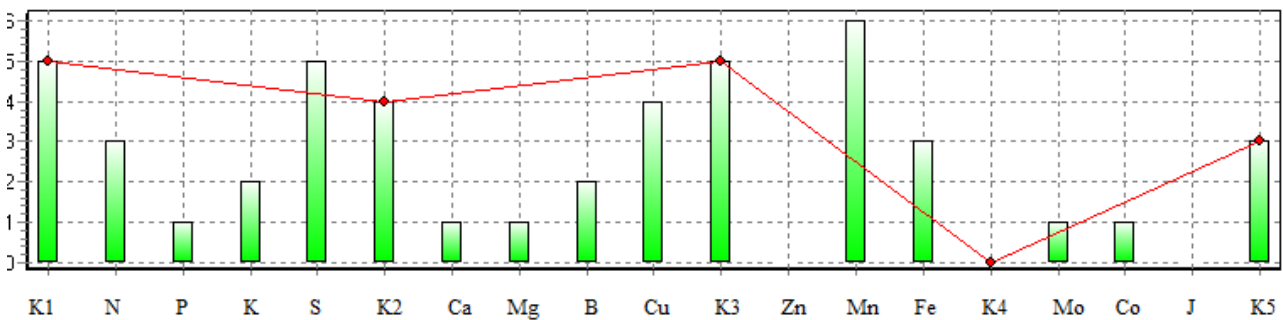


Рис. 6. Графік листкової діагностики спельти сорту Зоря України на варіанті без добрив, 2023 р.

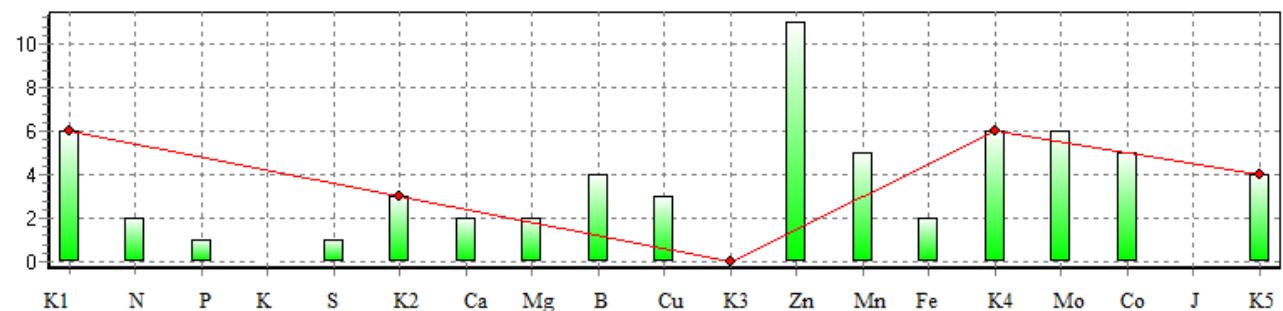


Рис. 7. Графік листкової діагностики спельти сорту Attergaufer Dinkel на варіанті із внесенням добрива Physio Natur PKS 47 Біо, 2023 р.

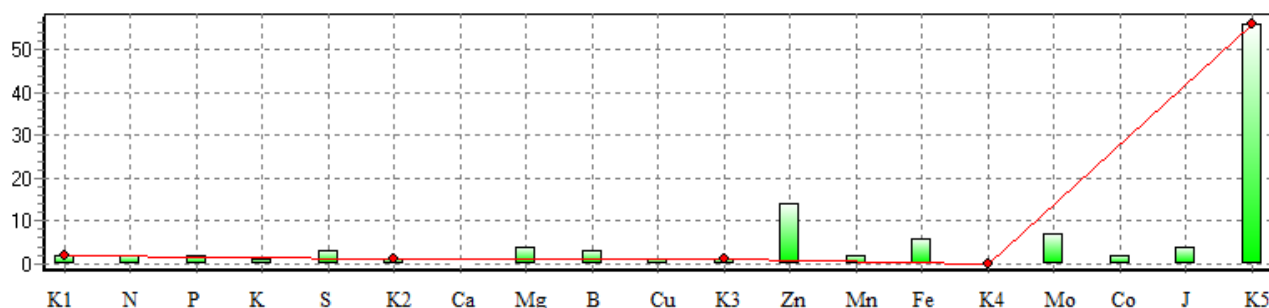


Рис. 8. Графік листкової діагностики спельти сорту Attergauer Dinkel на варіанті без добрив, 2023 р.

печені основними елементами живлення, але водночас спостерігається нестача мезо- та мікроелементів. Тобто рослини забезпечені на середньому рівні сіркою, бором. Однак рослини цього сорту не забезпечені такими елементами, як магній, цинк, марганець, залізо. Для забезпечення потреб рослин їх потрібно довести: сірки – 9 кг/га, магнію – 0,9 кг/га, бору – 220 г/га, цинку та заліза – по 400 г/га, марганцю – 360 г/га (рис. 8).

Інтерпретацію результатів листового аналізу сортів спельти проводили згідно зі шкалою, у відсотках (%): 50–74 = оптимальний рівень елемента для повноцінного росту; <25 = дефіцит елемента; <50 = низький вміст елемента; >74 = високий вміст елемента; >99 = надлишок елемента, за якого можлива токсична дія (Коваленко, 2014а).

Висновки

1. В умовах дерново-підзолистого супіщаного ґрунту на варіанті без внесення стартових доз мінеральних добрив обидва сорти спельти потребували елементів живлення, особливо N, P, K, S, Ca, Fe, B, Zn, J. Однак рослини сорту Attergauer Dinkel відчували більшу нестачу мікроелементів порівняно з вітчизняним сортом Зоря України.

2. За внесення добрива Physio Natur PKS 47 Bio, яке дозволено для застосування в органічному землеробстві, сорт Attergauer Dinkel відчував дефіцит лише одного елемента – S, а сорт Зоря України – Zn, Co.

3. Для сорту Зоря України дефіцит мікроелементів Zn, Co не є критичним порівняно з гострою нестачею елемента S у рослинах сорту Attergauer Dinkel, оскільки сірка безпосередньо впливає на масу 1 000 зерен і якісні показники зерна.

Список використаної літератури

- Гоменко О. В., Корнійчук О. В., Пасінчак В. І., Нагребецький М.І. Методика ґрунтової і листової агрохімічної діагностики живлення рослин : навчальний посібник. Вінниця, 2007. 98 с.
- Довбиш Л.Л., Кравчук М.М., Архип'юк Є.В. Оцінка ефективності удобрення пшениці озимої комплексними добривами на основі результатів листової діагностики. Агропромислове виробництво Полісся. 2019. № 12. С. 13–17.
- Заїка Н.В., Карпук Л.М. Особливості структури врожаю спельти (*Triticum spelta* L.) в умовах Лісостепу України. Новітні агротехнології. 2023. Т. 11. № 1. <https://doi.org/10.47414/na.11.1.2023.285496>.
- Заїка Н.В., Карпук Л.М. Урожайність та якість зерна спельти (*Triticum spelta* L.) в умовах Лісостепу України. Агробіологія. 2023. № 1. С. 114–122. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2023-179-1-114-122>.
- Ізмоденова Т.І. Листкова діагностика у рослинництві. Пропозиція. 2016. [Електронний ресурс]. URL: <https://propozitsiya.com/ua/listkova-diaagnostika-u-roslinnictvi> (дата звернення: 20.11.2024).
- Карпук Л.М., Заїка Н.В., Тітаренко О.С., Павліченко А.А., Філіпова Л.М., Єзерковська Л.В., Караульна В.М., Єзерковський А.В. Економічна оцінка технології вирощування сортів пшениці спельти. Агробіологія. 2024. № 2. С. 35–42. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2024-191-2-35-42>.
- Коваленко О.А., Полянчиков С.П., Ковбель А.І. Аналіз ґрунту та листкова діагностика – світова практика оптимізації живлення рослин. Пропозиція. 2014. № 9. С. 70–71.

Коваленко О.А., Полянчиков С.П., Ковбель А.І. Листкова діагностика для оптимізації живлення рослин. *Агроном.* 2014. № 3. С. 344–345.

Патика В.П., Карпенко В.П., Любич В.В. Азотовмісні сполуки в зерні різних сортів і ліній пшениці спельти. *Вісник аграрної науки.* 2018. № 8. С. 17–23.

Поліщук К.В. Перспективна спельта. *The Ukrainian Farmer.* 2016. № 9. С. 62–63.

Прасол В.І., Сенченко Н.К. Агрохімія. Методичні вказівки щодо проведення лабораторно-практичної та самостійної роботи «Діагностика живлення рослин за допомогою фотометра ПФ-014» за темою «Хімічний склад рослин». Суми : Сумський національний аграрний університет, 2012. 18 с.

Сенченко Н.К. Функціональна діагностика як інструмент оптимізації мінерального живлення рослин. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія».* 2015. № 9 (30). С. 136–141.

Fageria N.K., Baligar V.C., Jones C.A. *Growth and Mineral Nutrition of Field Crops.* 3rd ed. CRC Press. 2010. P. 343–361. <https://doi.org/10.1201/b10160>.

Fageria N.K., Barbosa Filho M.P., Moreira A., Guimarães C.M. Foliar fertilization of crop plants. *Journal of Plant Nutrition.* 2009. Vol. 32 (6). P. 1044–64. <https://doi.org/10.1080/01904160902872826>.

Oliveira Gaurat J., de Barros Silva E., Monteiro Cruz M. do C., Esdras Lima J. Foliar sampling time and critical level diagnosis of nutrients for blackberry. *Journal of Plant Nutrition.* 2022. № 46 (6). P. 1108–1119. <https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2067769>.

References

Homenko, O.V., Kornichuk, O.V., Pasinchiak, V.I., & Nahrebetskyi, M.I. (2007). *Metodyka gruntovoi i lystkovoї ahrokhimichnoi diahnostryky zhyvlennia roslyn* [Methods of soil and leaf agrochemical diagnostics of plant nutrition]. Vinnytsia [in Ukrainian].

Dovbysh, L.L., Kravchuk, M.M., & Arkhypiuk, Ye.V. (2019). Otsinka efektyvnosti udobrennia pshenytsi ozymoї kompleksnymy dobryvamy na osnovi rezultativ lystkovoї diahnostryky [Evaluation of the efficiency of fertilizing winter wheat with complex fertilizers based on the results of leaf diagnostics]. *Ahropromyslove vyrobnytstvo Polissia* [Agricultural production in Polissya], 12, 13–17 [in Ukrainian].

Zaika, N.V., & Karpuk, L.M. (2023). Osoblyvosti struktury vrozhaiu spelty (*Triticum spelta* L.) v umovakh Lisostepu Ukrainy [Features of the structure of spelt (*Triticum spelta* L.) harvest in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine]. *Novitni ahrotekhnolohii* [Newest agricultural technologies], 11 (1). <https://doi.org/10.47414/na.11.1.2023.285496> [in Ukrainian].

Zaika, N.V., & Karpuk, L.M. (2023). Urozhainist ta yakist zerna spelty (*Triticum spelta* L.) v umovakh Lisostepu Ukrainy [Yield and quality of spelt grain (*Triticum spelta* L.) in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine]. *Ahrobiolohiia* [Agribiology], 1, 114–122. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2023-179-1-114-122> [in Ukrainian].

Izmodenova, T.I. (2016). Lystkova diahnostryka u roslynnytstvi [Leaf diagnostics in crop production]. *Propozytsiia* [Suggestion]. [Electronic resource] URL: <https://propozytsiya.com/ua/listkova-diaagnostika-u-roslynnytstvi> (access date 20.11.2024) [in Ukrainian].

Karpuk, L.M., Zaika, N.V., Titarenko, O.S., Pavlichenko, A.A., Filipova, L.M., Yezerkovska, L.V., Karaulna, V.M., & Yezerkovskyi, A.V. (2024). Ekonomichna otsinka tekhnolohii vyroshchuvannia sortiv pshenytsi spelty [Economic evaluation of spelt wheat cultivation technology]. *Ahrobiolohiia* [Agribiology], 2, 35–42. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2024-191-2-35-42> [in Ukrainian].

Kovalenko, O., Polianchykov, S., & Kovbel, A. (2014). Analiz gruntu ta lystkova diahnostryka – svitova praktyka optymizatsii zhyvlennia roslyn [Soil analysis and leaf diagnostics – the world practice of plant nutrition optimization]. *Propozytsiia* [Suggestion], 9, 70–71 [in Ukrainian].

Kovalenko, O.A., Polianchykov, S.P., & Kovbel, A.I. (2014). Lystkova diahnostryka dlia optymizatsii zhyvlennia roslyn [Leaf diagnostics for optimization of plant nutrition]. *Ahronom* [Agronomist], 3, 344–345 [in Ukrainian].

Patyka, V.P., Karpenko, V.P., & Liubych, V.V. (2018). Azotovmisni spoluky u zerni riznykh sortiv i liniy pshenytsi spelty [Nitrogen-containing compounds in grain of different varieties and lines of spelt wheat]. *Visnyk ahrarynoi nauky* [Bulletin of Agrarian Science], 8, 17–23 [in Ukrainian].

Polishchuk, K. (2016). Perspektyvna spelta [Perspective spelt]. *The Ukrainian Farmer*, 9, 62–63 [in Ukrainian].

Prasol, V.I., & Senchenko, N.K. (2012). Ahrokhimiia. Metodychni vkazivky shchodo provedenia laboratorno-praktychnoi ta samostiinoi roboty “Diahnostryka zhyvlennia roslyn za dopomohoiu

fotometra PF-014” za temoiu “Khimichniy sklad Roslyn” [Agrochemistry. Methodical instructions for conducting laboratory-practical and independent work “Diagnostics of plant nutrition using a photometer PF-014” on the topic “Chemical composition of plants”]. Sumy: Sumskyi natsionalnyi ahrarnyi universytet [in Ukrainian].

Senchenko, N.K. (2015). Funktsionalna diahnostyka yak instrument optymizatsii mineralnogo zhyvlennia roslyn [Functional diagnostics as a tool for optimizing mineral nutrition of plants]. Visnyk Sumskoho natsionalnogo ahrarnoho universytetu. Seriiia “Ahronomiia i biolohiia” [Bulletin of Sumy National Agrarian University. Series “Agronomy and Biology”], 9 (30), 136–141 [in Ukrainian].

Fageria, N.K., Baligar, V.C., & Jones, C.A. (2010). Growth and Mineral Nutrition of Field Crops (3rd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b10160> [in English].

Fageria, N.K., Barbosa Filho, M.P., Moreira, A., & Guimarães, C.M. (2009). Foliar fertilization of crop plants. Journal of Plant Nutrition, 32 (6), 1044–1064. <https://doi.org/10.1080/01904160902872826> [in English].

Oliveira Gaurat, J., de Barros Silva, E., Monteiro Cruz, M. do C., & Esdras Lima, J. (2022). Foliar sampling time and critical level diagnosis of nutrients for blackberry. Journal of Plant Nutrition, 46 (6), 1108–1119. <https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2067769> [in English].

Отримано: 20.01.2025
Прийнято: 03.02.2025