

ВПЛИВ АЗОТНОГО ЖИВЛЕННЯ ТА МІКРОДОБРИВ НА ВРОЖАЙНІСТЬ І ЯКІСТЬ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

В.В. Іваніна¹, Т.П. Прокоп'юк²

¹доктор сільськогосподарських наук

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків

Національної академії аграрних наук

бул. Клінічна, 25, м. Київ, 03141, Україна

e-mail: ¹v_ivanina@ukr.net, ²simakovatanya@ukr.net

ORCID: ¹0000-0002-9471-114X, ²0009-0005-7008-1656

Надійшла 29.08.2024

Мета. Підвищити врожайність і якість зерна пшениці озимої, визначити оптимальну дозу азотних добрив та ефективність позакореневих підживлень марганцем і кремнієм. **Методи.** Польовий із установаження впливу доз азотних добрив, позакореневих підживлень марганцем та кремнієм на врожайність і якість зерна пшениці озимої. **Результати.** Наведено дані досліджень щодо впливу азотного живлення та позакореневих підживлень мікродобривами на показники продуктивності та якості зерна пшениці озимої. **Визначено,** що азотне живлення є провідним фактором у підвищенні врожайності зерна та накопиченні в ньому білка. **Встановлено** оптимальну дозу азоту та ефективність позакореневих підживлень пшениці озимої марганцем і кремнієм. **Висновки.** Найефективнішою дозою азоту під пшеницю озиму навесні є 110 кг/га, зокрема з унесенням по мерзлоталому ґрунту сульфату амонію N_{60} та проведенням 2 позакореневих підживлень сечовиною ($N_{30} + N_{20}$) у фазах виходу в трубку та колосіння на фоні $P_{60}K_{60}$ під оранку. Урожайність зерна становила 6,47 т/га, що на 1,79 т/га вище порівняно з контролем без добрив. Із застосуванням навесні сумарної дози азоту на 110 кг/га підвищився вміст білка в зерні пшениці озимої порівняно з контролем без добрив на 1,0% за абсолютного показника 12,3%. Внесення додатково в позакореневе підживлення марганцю та кремнію у фазах виходу в трубку та колосіння сприяло підвищенню врожайності зерна порівняно з фоном мінеральних добрив на 0,20 і 0,31 т/га, вміст білка – на 0,1 і 0,2%. Максимальної врожайності та якості зерна пшениці озимої досягнуто за внесення під оранку $P_{60}K_{60}$ і проведення 3 підживлень азотом навесні сумарною дозою 110 кг/га з унесенням додатково у фазах виходу в трубку і колосіння марганцю та кремнію. Урожайність зерна становила 6,67 т/га, вміст білка – 12,5%, що вище порівняно з контролем без добрив на 1,99 т/га та 1,2% відповідно.

Ключові слова: азот, доза, білок, урожайність, підживлення, марганець, кремній.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202410-03>

У структурі аграрного виробництва Україні пшениця озима посідає особливе місце з посівною площею понад 6,5 млн га і врожайністю зерна майже 45 т/га. Підвищення її врожайності потребує сучасних заходів інтенсифікації, оптимізації мінерального живлення та поліпшення елементів технології її вирощування [1–3].

Азотне живлення — один із ключових факторів впливу на врожайність і якість зерна цієї культури [4, 5]. Ефективність азотних добрив залежить від дози, форм і способів їх застосування. Найефективнішим є багаторазове їх унесення навесні, коли терміни внесення азоту наближаються до фаз інтенсивного використання його рослинами. Це дає змогу істотно зменшити непродуктивні втрати азоту за рахунок вимивання та емісії й сприяє кращому засвоєнню азоту рослинами [6].

Посилити вплив азотних добрив на рослини можна проведенням позакорневих підживлень мікродобривами. Цей агрохімічний захід широко використовують у сучасних технологіях. Він дає можливість уникати дефіциту мікроелементів у найкритичніші фази росту і розвитку рослин, посилює процеси фотосинтезу, сприяє росту їх продуктивності [7, 8].

Поєднане внесення азотних добрив і проведення позакорневих підживлень марганцем сприяло підвищенню врожайності зерна пшениці озимої, умісту в ньому білка та накопиченню мікроелементів Fe, Zn та Mn. Уміст у зерні поліненасичених жирних кислот підвищився зі співвідношенням C18:2/C18:3, що істотно поліпшило його харчову цінність [9, 10].

Дослідження, проведені в країнах Європи, відзначають перспективність проведення позакорневих підживлень кремнієм. Унесення його під культури зернової групи посилює їх резистентність до посухи, підвищує стійкість стеблостою до вилягання та їх біологічну продуктивність [11–13].

Питання оптимізації азотного живлення пшениці озимої, проведення позакорневих підживлень кремнієм і марганцем

недостатньо вивчені, тому дослідження за цим напрямом мають перспективу.

Мета досліджень — підвищити врожайність та якість зерна пшениці озимої, визначити оптимальну дозу азотних добрив та ефективність позакорневих підживлень марганцем і кремнієм.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проводили на Білоцерківській дослідно-селекційній станції (БДСС) в 2022–2024 рр. Ґрунт дослідного поля — чорнозем вилугуваний середньосуглинковий, площа посівної ділянки — 50 м², облікової — 25 м², повторність — 3-разова. Агрохімічні характеристики ґрунту: уміст гумусу в орному шарі 0–30 см — 3,6–3,8% (за Тюрніним); рухомого фосфору та калію (за Чирковим) — 153–170 та 64–78 мг/кг ґрунту; лужногідролізованого азоту (за Корнфілдом) — 106–112 мг/кг ґрунту, гідролітична кислотність (за Каппеном) — 1,71–1,80 мг-екв/100 г ґрунту.

У дослідях сіяли сорт пшениці озимої Лірика, ориґінатор — Білоцерківська ДСС. Фосфорні і калійні добрива вносили восени під глибоку оранку (простий суперфосфат і калій хлористий), азотні — тричі навесні: перше внесення по мерзлоталому ґрунту (сульфат амонію), друге і третє — позакоренево у фазі виходу у трубку та колосіння (сечовина). У варіантах 4 і 7 позакоренево вносили наномарганцеве мікродобриво «Іннопарміс Агросайнс», варіантах 5 і 8 — додатково кремнієве мікродобриво «BAI-Si». Мікродобриво «Іннопарміс Агросайнс» містить 25% марганцю, доза внесення — 3 кг/га. Кремнієве мікродобриво «BAI-Si» містить 5–7% кремнію, доза внесення — 0,5 л/га.

Білок у в зерні пшениці озимої визначали за вмістом білкового азоту за методом Барштейна.

Урожай обліковували методом пробних ділянок із наступним перерахунком на площу 1 га. Результати досліджень опрацьовували методом дисперсійного аналізу.

Результати досліджень. Урожайність пшениці озимої без застосування добрив у середньому за 2022–2024 рр. становила 4,68 т/га, найменшою вона

була в 2024 р. — 4,21 т/га, найвищою — у 2023 р. — 5,42 т/га. Внесення фосфорних і калійних добрив дозою $P_{60}K_{60}$ сприяло підвищенню врожайності зерна, яка становила 4,74 т/га, що було на 0,06 т/га більше, ніж на контролі без добрив (табл. 1).

Провідним фактором у підвищенні врожайності зерна пшениці озимої є азотне живлення. За 3-разового внесення азотних добрив навесні сумарною дозою азоту 80 кг/га, зокрема по мерзлоталому ґрунту сульфату амонію дозою 30 кг/га, позакоренево сечовини у фазах виходу в трубку дозою 30 кг/га та колосіння дозою 20 кг/га, врожайність зерна підвищилася порівняно з контролем без добрив на 1,42 т/га за абсолютного показника 6,10 т/га. З унесенням азотних добрив навесні статистично достовірно підвищилася врожайність зерна в усі роки досліджень порівняно з контролем без добрив: у 2022 р. — на 1,21 т/га, 2023 — 1,44, 2024 р. — на 1,61 т/га.

Пшениця озима позитивно реагувала на внесення високої дози азотних добрив по мерзлоталому ґрунту. Збільшення сумарної дози азоту навесні до 110 кг/га з унесенням по мерзлоталому ґрунту сульфату амонію N_{60} і проведенням 2-х позакорневих підживлень сечовиною

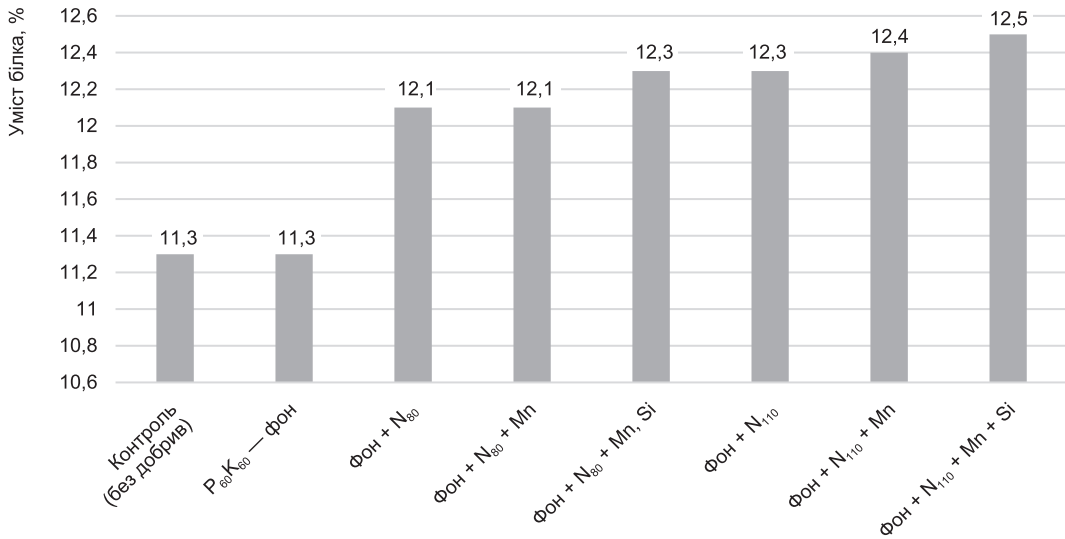
($N_{30} + N_{20}$) забезпечило врожайність зерна 6,47 т/га, що вище порівняно з контролем без добрив на 1,79 т/га. У 2023 р. врожайність зерна у цьому варіанті була найвищою — 7,24 т/га, у 2022 та 2024 рр. вона була істотно меншою — 6,04 та 6,13 т/га відповідно.

Підвищенню врожайності пшениці озимої сприяло застосування в позакоренево підживлення кремнієвого та марганцевого мікродобрив. Максимального ефекту від проведення позакорневих підживлень досягли за внесення обох мікродобрив. Унесення марганцю дозою 3 кг/га і кремнію дозою 0,5 л/га у фазі виходу в трубку й повторно у фазі колосіння в поєднанні із сечовиною забезпечило врожайність зерна пшениці озимої за сумарної дози азоту 80 кг/га 6,41 т/га, 110 кг/га — 6,67 т/га. Завдяки підживленням мікродобривами врожайність зерна пшениці озимої зроста порівняно з унесенням азотних добрив на 0,31 та 0,20 т/га відповідно. Унесення мікродобрив статистично достовірно сприяло підвищенню врожайності зерна лише за сумарної дози азоту 80 кг/га, така закономірність спостерігалася лише в 2023 р. За позакореневого підживлення марганцем незначно підвищилася врожайність зерна, що визнано малоефективним.

1. Вплив азотних добрив і позакорневих підживлень мікродобривами на врожайність пшениці озимої (БЦДСС), т/га

Варіант	Рік			Середнє за 2022–2024 рр.
	2022	2023	2024	
1. Без добрив	4,41	5,42	4,21	4,68
2. $P_{60}K_{60}$ — фон	4,47	5,61	4,14	4,74
3. Фон + $N_{30} + N_{30} + N_{20}$	5,62	6,86	5,82	6,10
4. Фон + $N_{30} + N_{30}$ (Mn) + N_{20} (Mn)	5,77	6,98	6,09	6,28
5. Фон + $N_{30} + N_{30}$ (Mn, Si) + N_{20} (Mn, Si)	5,89	7,29	6,05	6,41
6. Фон + $N_{60} + N_{30} + N_{20}$	6,04	7,24	6,13	6,47
7. Фон + $N_{60} + N_{30}$ (Mn) + N_{20} (Mn)	6,09	7,27	6,30	6,55
8. Фон + $N_{60} + N_{30}$ (Mn, Si) + N_{20} (Mn, Si)	6,20	7,45	6,36	6,67
НІР ₀₅	0,34	0,31	0,27	0,29
P, %	3,2	2,8	3,0	3,1

Примітка. N_{30-60} — унесення сульфату амонію по мерзлоталому ґрунту; N_{30} — сечовини позакоренево у фазі виходу в трубку; N_{20} — сечовини у фазі колосіння.



Уміст білка в зерні пшениці озимої залежно від удобрення (БЦДСС, 2022 – 2024 рр.), %

Із застосуванням азотних добрив істотно збільшився вміст білка в зерні пшениці озимої і поліпшилася його якість. Так, на контролі без добрив і за внесення $P_{60}K_{60}$ його вміст у зерні був найнижчим — 11,3%, при цьому фосфорне та калійне живлення не впливали на якість зерна пшениці озимої (рисунок).

Триразове внесення азотних добрив навесні сумарною дозою азоту 80 кг/га (по мерзлоталому ґрунту сульфату амонію дозою N_{30} ; позакоренево сечовини у фазах виходу в трубку — N_{30} , колосіння — N_{20}) на фоні $P_{60}K_{60}$ з осені під оранку забезпечило вміст білка в зерні пшениці озимої 12,1%, що на 0,8% більше, ніж на контролі без добрив. Зі збільшенням сумарної дози азоту навесні з 80 до 110 кг/га вміст білка в зерні пшениці озимої підвищився до 12,3%, що на 1,0% більше, ніж на контролі без добрив.

Незначне підвищення вмісту білка в зерні пшениці озимої спостерігалось за

проведення позакорневих підживлень мікродобривами. З унесенням марганцю дозою 3 кг/га у фазах виходу в трубку та колосіння в поєднанні із сечовиною вміст білка в зерні пшениці підвищився лише за сумарної дози азоту 110 кг/га на 0,2% і становив 12,5%. За дози азоту 80 кг/га підживлення марганцем істотно не позначилося на якості зерна пшениці озимої.

З поєднаним унесенням марганцю і кремнію в позакореневе підживлення пшениці озимої вміст білка в зерні підвищився за обох доз азоту на 0,1–0,2%. Найвищого його вмісту в зерні пшениці озимої досягли за 3-разового внесення азотних добрив під пшеницю озиму сумарною дозою 110 кг/га з проведенням 2-х позакорневих підживлень марганцем і кремнієм у фазах виходу рослин у трубку та колосіння. Уміст білка в зерні становив 12,5%, що на 1,2% вище порівняно з контролем без добрив.

Висновки

Провідним фактором у підвищенні врожайності зерна пшениці озимої є азотне живлення. Найефективніша сумарна доза азотних добрив навесні — 110 кг/га

з унесенням по мерзлоталому ґрунту сульфату амонію N_{60} і проведенням 2 позакорневих підживлень сечовиною у фазах виходу в трубку та колосіння ($N_{30} + N_{20}$)

на фоні $P_{60}K_{60}$ під оранку. При цьому врожайність зерна становила 6,47 т/га, що на 1,79 т/га більше, ніж на контролі без добрив.

Із застосуванням сумарної дози азоту 110 кг/га навесні уміст білка в зерні пшениці озимої підвищився порівняно з контролем без добрив на 1,0% за абсолютного показника 12,3%.

Використання додатково в позакореневе підживлення марганцю та кремнію у фазах виходу в трубку та колосіння сприяло збільшенню врожайності зерна порів-

няно з фоном мінеральних добрив на 0,20 і 0,31 т/га, вмісту білка — на 0,1 і 0,2%.

Максимальної врожайності та якості зерна пшениці озимої досягнуто за внесення під оранку $P_{60}K_{60}$ по мерзлоталому ґрунту сульфату амонію N_{60} та проведення 2 позакореневих підживлень сечовиною у фазах виходу в трубку та колосіння ($N_{30} + N_{20}$) у поєднанні з мікродобривами марганцем і кремнієм. Урожайність зерна становила 6,67 т/га, уміст білка — 12,5%, що вище порівняно з контролем без добрив на 1,99 т/га та 1,2% відповідно.

Ivanina V.¹, Prokopiuk T.²

Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of NAAS; 25 Klinichna Str., Kyiv, 03141, Ukraine; e-mail: ¹v_ivanina@ukr.net, ²simakovatanya@ukr.net; ORCID: ¹0000-0002-9471-114X, ²0009-0005-7008-1656

The influence of nitrogen nutrition and micro-fertilizers on the yield and quality of winter wheat grain

Goal. To increase the yield and quality of winter wheat grain, and determine the optimal dose of nitrogen fertilizers and the effectiveness of foliar fertilizing with manganese and silicon. **Methods.** Field - to determine the effect of doses of nitrogen fertilizers, and foliar fertilizing with manganese and silicon on the yield and quality of winter wheat grain. **Results.** Research data on the influence of nitrogen nutrition and foliar fertilizing with micro-fertilizers on indicators of productivity and grain quality of winter wheat are given. It was determined that nitrogen nutrition is the leading factor in increasing grain yield and protein accumulation in it. The optimal dose of nitrogen and the effectiveness of foliar feeding of winter wheat with manganese and silicon were established. **Conclusions.** The most effective dose of nitrogen for winter wheat in the spring was 110 kg/ha, in particular with the application

of ammonium sulfate N_{60} to the frozen soil and 2 foliar feedings with urea ($N_{30} + N_{20}$) in the phases of formation of the tube and earing on the background of $P_{60}K_{60}$ under plowing. Grain yield was 6.47 t/ha, which was 1.79 t/ha higher than the control without fertilizers. With the application of a total nitrogen dose of 110 kg/ha in the spring, the protein content in winter wheat grain increased by 1.0% compared to the control without fertilizers, for an absolute value of 12.3%. The addition of manganese and silicon in foliar fertilization in the phases of formation of the tube and earing contributed to an increase in grain yield compared to the background of mineral fertilizers by 0.20 and 0.31 t/ha, protein content by 0.1 and 0.2%. The maximum yield and grain quality of winter wheat was achieved by applying $P_{60}K_{60}$ under plowing and carrying out 3 fertilizations with nitrogen in the spring with a total dose of 110 kg/ha with additional use of manganese and silicon in the phases of the formation of the tube and earing. Grain yield was 6.67 t/ha, and protein content was 12.5%, which was higher than the control without fertilizers by 1.99 t/ha and 1.2%, respectively.

Key words: nitrogen, dose, protein, productivity, fertilization, manganese, silicon.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202410-03>

Бібліографія

1. Hawkesford M.J., Araus J.L., Park R. et al. Prospects of doubling global wheat yields. *Food Energy Security*. 2013. 2. P. 34–48. doi: 10.1002/fes3.15
2. Babulicova M. The influence of fertilization and crop rotation on the winter wheat production. *Plant Soil Environ*. 2014. 60(7). P. 297–302. doi: 10.17221/3/2014-pse

3. Черенков А.В., Гасанова І.І., Костиця І.В. та ін. Вплив попередників, мінеральних добрив та способів сівби на урожайність і якість зерна пшениці озимої в південному Степу України. *Зернові культури*. 2019. Т. 2, № 2. С. 237–244. doi: 10.31867/2523-4544/0031
4. Mandic V., Krnjaja V., Tomic Z. et al. Nitrogen fertilizer influence on wheat yield and

use efficiency under different environmental conditions. *Chilean j. of agricultural research*. 2015. 75(1). P. 92–97. doi: 10.4067/S0718-58392015000100013

5. Litke L., Gaile Z., Ruza A. Effect of nitrogen fertilization on winter wheat yield and yield quality. *Agronomy Research*. 2018. 16(2). P. 500–509. doi: 10.15159/AR.18.064

6. Efreteue A., Gooding M., White E. et al. Effect of nitrogen fertilizer application timing on nitrogen use efficiency and grain yield of winter wheat in Ireland. *Irish J. of Agricultural and Food Research*. 2016. 55(1). P. 32–47. doi: 10.1515/ijafr-2016-0006

7. Шакалій С.М. Якість зерна пшениці м'якої озимої за використання позакореневого підживлення в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Наукові доповіді НУБІП*. 2017. № 1. С. 76–84. doi: 10.31548/dopovidi2017.01.007

8. Гангур В.В., Кочерга А.А., Пупк О.С., Лень О.І. Ефективність мікродобрив за умови обробки насіння та листового підживлення посівів пшениці озимої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 2. С. 46–51.

9. Stepień A., Wojtkowiak K. Evaluation of the effect of different levels of nitrogen and manganese fertiliser on the yield, macronutrient content

and technological properties of winter wheat. *J. of Elementology*. 2019. 24(2). P. 661–675. doi: 10.5601/jelem.2018.23.4.1706

10. Wojtkowiak K., Stepień A., Pietrzak-Fiecko R., Warechowska M. Effects of nitrogen fertilisation on the yield, micronutrient content and fatty acid profiles of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties. *J. of Elementology*. 2018. 23(2). P. 483–495. doi: 10.5601/jelem.2017.22.3.1524

11. Bukhari M.A., Ahmad Z., Ashraf M.Y. et al. Silicon mitigates drought stress in wheat (*Triticum aestivum* L.) through improving photosynthetic pigments, biochemical and yield characters. *Silicon*. 2021. 13. P. 4757–4772. doi: 10.1007/s12633-020-00797-4

12. Wang J.Y., Xiong Y.C., Li F.M. et al. Effects of drought stress on morphophysiological traits, biochemical characteristics, yield, and yield components in different ploidy wheat: A meta-analysis. *Advices in Agronomy*. 2017. 143. P. 139–173.

13. Xu L., Islam F., Ali B. Silicon and water-deficit stress differentially modulate physiology and ultrastructure in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Biotech*. 2017. 7. 273. doi: 10.1007/s13205-017-0904-5