

---

# МЕЛІОРАЦІЯ І РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТІВ

---

## MELIORATION AND SOIL FERTILITY

УДК 631.81:631.55+631.572:633.112:631.816

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.132.41>

---

### ВМІСТ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ У ЗЕРНІ ТА СОЛОМІ ПШЕНИЦІ ТВЕРДОЇ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ

---

**Калантур В.О.** – здобувач наукового ступеня доктора філософії факультету агрономії, Уманський національний університет садівництва

У статті наведено результати вивчення вмісту азоту, фосфору та калію в зерні та соломі пшениці твердої озимої залежно від видів і доз добрив. За високого рівня азотного живлення вміст азоту в зерні підвищувався з 2,21 до 2,70 % на суху масу, тобто на 22 %. При цьому необхідно зазначити, що внесення лише фосфорних і калійних добрив не впливало на цей показник, тоді як за внесення фосфорних і калійних добрив внесених у дозі 60 кг/га д. р. у парних комбінаціях з азотними у середньому за роки проведення досліджень відзначено тенденцію підвищення його вмісту. Порівняно з парними комбінаціями основних елементів живлення, азотні добрива в дозі 150 кг/га азоту на фосфорно-калійному тлі сприяло підвищенню вмісту азоту в зерні на 22 %, фосфорні у дозі 60 кг/га д. р. – на 2 і калійні в дозі 80 кг/га д. р. – лише на 1 %.

У соломі пшениці твердої озимої вміст азоту залежно від варіантів удобрення змінювався в менших межах – від 0,41 до 0,51 % на суху масу. При цьому необхідно зазначити, що на фосфорно-калійному тлі спостерігалась тенденція до зниження вмісту азоту в соломі порівняно з контролем, тоді як на азотно-калійному та азотно-калійному тлі його вміст підвищувався відповідно на 12 і 20 %. За внесення половини дози мінеральних добрив від  $N_{150}P_{60}K_{80}$  вміст азоту в зерні зменшувався на 8 %.

Дослідженнями встановлено, що за високих доз внесення мінеральних добрив ( $N_{150}P_{60}K_{80}$ ) вміст фосфору в зерні пшениці твердої озимої підвищувався на 20 %, тоді як в соломі навіть спостерігалась тенденція до незначного зниження його вмісту. Порівняно з ділянками досліді з парними комбінаціями основних елементів живлення найбільше вміст фосфору в зерні сприяло внесення фосфорних добрив – на 15 %, тоді як азотних і калійних – відповідно на 9 і 1 %. Необхідно також зазначити, що найвищий вміст фосфору був у соломі на ділянках з внесенням лише фосфорних і калійних добрив – на 8 % більше порівняно з контролем, тоді як на азотно-калійному тлі (варіант  $N_{150}K_{80}$ ) він знижувався на 12 %. Це показує, що оптимізація живлення рослин пшениці азотом сприяє реутилізації фосфору із соломі у зерно.

Вміст калію в соломі пшениці твердої озимої змінювався від 0,80 до 1,06 % на суху масу, або підвищувався порівняно з контролем на 32 %. Судячи з парних комбінацій основних елементів живлення, найбільше підвищували його вмісту азотні добрива – на 22 %, тоді як фосфорні і калійні – відповідно на 7 і 18 %.

Отже, вміст основних елементів живлення в урожаї зерна та соломі пшениці твердої озимої поряд з біологічними особливостями культури також залежить від доз мінеральних добрив і їх поєднання.

**Ключові слова:** пшениця тверда озима, доза, види добрив, азот, фосфор, калій.

**Kalantyr V.O. Main nutrients content in the grain and straw of durum winter wheat depending on the fertilizer**

The article presents the results of studying the content of nitrogen, phosphorus and potassium in grain and straw of durum winter wheat depending on the types and doses of fertilizers.

---

*At a high level of nitrogen nutrition, the nitrogen content in grain increased from 2.21 to 2.70 % by dry mass, that is, by 22 %. At the same time, it should be noted that the application of only phosphorus and potassium fertilizers did not affect this indicator. While the application of phosphorus and potassium fertilizers at a dose of 60 kg/ha per year in paired combinations with nitrogen fertilizers on average over the years of research showed a tendency increasing its content. Compared with paired combinations of the main nutrients, nitrogen fertilizers at a dose of 150 kg/ha of nitrogen against phosphorous-potassium background contributed to an increase in the nitrogen content of grain by 22 %, phosphorus at a dose of 60 kg/ha per year – by 2, and potassium at a dose of 80 kg/ha per year – only by 1 %.*

*In the straw of durum winter wheat, nitrogen content, depending on the fertilizer variants, varied within smaller limits – from 0.41 to 0.51 % by dry mass. At the same time, it should be noted that against phosphorus-potassium background there was a tendency to decrease straw nitrogen content compared to the control, while against nitrogen-potassium background its content increased by 12 and 20 %, respectively. With the introduction of half a dose of mineral fertilizers of  $N_{150}P_{60}K_{80}$ , the nitrogen content in grain decreased by 8 %.*

*Research has established that with high doses of mineral fertilizers ( $N_{150}P_{60}K_{80}$ ), the phosphorus content in durum winter wheat grain increased by 20 %, while in straw there was even a tendency to a slight decrease in its content. Compared to the experiment plots with paired combinations of the main nutrients, phosphorus content in grain was the most contributed by the application of phosphorus fertilizers – by 15 %, while nitrogen and potassium ones – by 9 and 1 %, respectively. It should also be noted that the highest content of phosphorus was in straw in the plots with only phosphorus and potassium fertilizers – 8 % more compared to the control, while against nitrogen-potassium background ( $N_{150}K_{80}$  variant) it decreased by 12 %. This shows that optimization of nitrogen nutrition of wheat plants contributes to reutilization of phosphorus from straw to grain.*

*The content of potassium in durum winter wheat straw varied from 0.80 to 1.06 % by dry mass, or increased compared to the control by 32 %. Judging by paired combinations of the main nutrients, nitrogen fertilizers increased its content the most – by 22 %, while phosphorus and potassium fertilizers – by 7 and 18 %, respectively. Therefore, the main nutrients content in the grain and straw harvest of durum winter wheat, along with the biological features of the crop, also depends on the doses of mineral fertilizers and their combination.*

**Key words:** durum winter wheat, dose, types of fertilizers, nitrogen, phosphorus, potassium.

**Постановка проблеми.** Пшениця озима (*Triticum aestivum* L.), як основний продукт харчування, є основною зерновою культурою для національної та глобальної продовольчої безпеки. Населення світу отримує понад 45 % енергії і 40 % білка з пшениці [1; 2].

Формування високого врожаю сільськогосподарських культур і високої якості одержаної продукції забезпечується завдяки оптимальному живленню рослин упродовж вегетації [3]. Проведенням агрохімічного аналізу ґрунту не завжди вдається оцінити забезпеченість рослин необхідними елементами живлення. Точніші дані одержують за даними вмісту в них елементів живлення та співвідношення між ними, оскільки зміна цих показників для різних ґрунтово-кліматичних умов незначна [4; 5].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Азот, фосфор і калій є важливими елементами для росту культур. Поглинання, накопичення та розподіл цих поживних речовин впливають не тільки на ріст і врожайність, але й на якість зерна пшениці [6].

Встановлено, що вміст елементів живлення в рослинах визначається низкою чинників, найважливішими з яких є генетичний та екологічний [7]. Генетичний чинник обумовлюється пристосованістю рослинного виду до певних умов вирощування. Зазвичай рослини поглинають необхідні їм поживні речовини. Проте хімічний їх склад досить сильно залежить від складу ґрунту, на якому він вирощується [8]. Тому значення цього чинника у формуванні хімічного складу рослин зазвичай визначається поживним режимом ґрунту і реакцією на нього рослинного організму [9]. Попередніми дослідженнями було встановлено, що вміст основних

елементів живлення, особливо азоту, в різних органах пшениці навіть на одному ґрунті (чорноземі опідзоленому важкосуглинковому) суттєво залежить від удобрення [10; 11]. Тому виникає необхідність уточнення оптимальних рівнів вмісту основних елементів живлення для пшениці твердої озимої.

**Постановка завдання.** Експериментальну частину досліджень проведено в умовах Правобережного Лісостепу України у стаціонарному польовому досліді з географічними координатами за Гринвічем 48° 46' північної широти і 30° 14' східної довготи, закладеному у 2011 році на дослідному полі Уманського НУС упродовж 2020–2022 рр. Дослід одночасно розгорнутий на чотирьох полях, що дає змогу щорічно отримувати дані врожайності всіх культур сівозміни (пшениця озима, кукурудза, ячмінь ярий, соя). Повторення дослідів триразове. Площа облікової ділянки 25 м<sup>2</sup>. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі з вмістом гумусу 3,8 %, вміст азоту легкогідролізованих сполук – низький, рухомих сполук фосфору та калію – підвищений, рН<sub>KCl</sub> – 5,7.

У варіанті дослідів виробничого контролю (N<sub>150</sub>P<sub>60</sub>K<sub>80</sub>) доза добрив розрахована за господарським винесенням основних елементів живлення культурами сівозміни. Схему дослідів складено так, щоб за результатами проведених досліджень можна було визначити можливість зниження доз окремих видів мінеральних добрив і визначити оптимальне їх поєднання як у сівозміні, так і під окремі культури.

Схема застосування добрив у польовій сівозміні під пшеницю тверду озиму (сорт Андромеда) включала такі варіанти: без добрив (контроль), N<sub>75</sub>, N<sub>150</sub>, P<sub>60</sub>K<sub>80</sub>, N<sub>150</sub>K<sub>80</sub>, N<sub>150</sub>P<sub>60</sub>, N<sub>75</sub>P<sub>30</sub>K<sub>40</sub>, N<sub>150</sub>P<sub>60</sub>K<sub>80</sub>, N<sub>150</sub>P<sub>30</sub>K<sub>40</sub>, N<sub>150</sub>P<sub>60</sub>K<sub>40</sub>, N<sub>150</sub>P<sub>30</sub>K<sub>80</sub>. Відповідно до схеми дослідів фосфорні та калійні добрива вносяться під зяблевий обробіток ґрунту, азотні – під передпосівну культивування та в підживлення. Нетоварна частина врожаю культур сівозміни (солома, стебеління) залишається на полі на добриво. Спочатку зразки зерна та соломи озольовали у концентрованій сірчаній кислоті. Вміст азоту визначали за допомогою реактиву Неслера, фосфору – колориметрично та калію – за допомогою полум'яного фотометра.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Проведеними дослідженнями встановлено певні особливості вмісту елементів живлення в зерні та соломі пшениці твердої озимої (табл. 1).

Таблиця 1

**Вміст основних елементів живлення в зерні та соломі пшениці твердої озимої залежно від удобрення (2020–2022 рр.), % на суху масу**

Варіант дослідів	Зерно			Солома		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Без добрив (контроль)	2,21	0,69	0,51	0,41	0,26	0,80
N <sub>75</sub>	2,49	0,70	0,51	0,43	0,26	0,81
N <sub>150</sub>	2,61	0,71	0,50	0,47	0,25	0,81
P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	2,21	0,76	0,54	0,40	0,28	0,87
N <sub>150</sub> K <sub>80</sub>	2,65	0,72	0,56	0,46	0,23	0,99
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub>	2,67	0,82	0,52	0,49	0,26	0,90
N <sub>75</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	2,53	0,77	0,54	0,44	0,25	0,96
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	2,70	0,83	0,57	0,48	0,25	1,06
N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	2,67	0,78	0,55	0,46	0,25	1,04
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	2,68	0,83	0,55	0,48	0,26	1,02
N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>80</sub>	2,68	0,82	0,55	0,51	0,26	1,06

Як видно з даних табл. 1, за високого рівня азотного живлення вміст азоту в зерні підвищувався з 2,21 до 2,70 % на суху масу, тобто на 22 %. При цьому необхідно зазначити, що внесення лише фосфорних і калійних добрив не впливало на цей показник, тоді як за внесення фосфорних і калійних добрив внесених у дозі 60 кг/га д. р. у парних комбінаціях з азотними у середньому за роки проведення досліджень відзначено тенденцію підвищення його вмісту. Порівняно з парними комбінаціями основних елементів живлення, азотні добрива в дозі 150 кг/га азоту на фосфорно-калійному тлі сприяло підвищенню вмісту азоту в зерні на 22 %, фосфорні у дозі 60 кг/га д. р. – на 2 і калійні в дозі 80 кг/га д. р. – лише на 1 %.

Зменшення дози мінеральних добрив удвічі – з  $N_{150}P_{60}K_{80}$  до  $N_{75}P_{30}K_{40}$  знижувало вміст азоту в зерні на 6 %, а у варіантах досліджу, де азотні добрива вносилися в дозі 150 кг/га д. р., а дози фосфорних і калійних добрив були зменшені (варіанти  $N_{150}P_{30}K_{40}$ ,  $N_{150}P_{60}K_{40}$  і  $N_{150}P_{30}K_{80}$ ) зниження вмісту азоту було неістотним – до 1 %.

У соломі пшениці твердої озимої вміст азоту залежно від варіантів удобрення змінювався в менших межах – від 0,41 до 0,51 % на суху масу. При цьому необхідно зазначити, що на фосфорно-калійному тлі спостерігалась тенденція до зниження вмісту азоту в соломі порівняно з контролем, тоді як на азотно-калійному та азотно-калійному тлі його вміст підвищувався відповідно на 12 і 20 %. За внесення половини дози мінеральних добрив від  $N_{150}P_{60}K_{80}$  вміст азоту в зерні зменшувався на 8 %.

Відповідно даних, що одержані на тлі парних комбінацій основних елементів живлення найбільше сприяло підвищенню вмісту азоту в соломі пшениці твердої озимої внесення азотних добрив – на 20 %, тоді як фосфорні – лише на 4 %, а за добавляння калійних добрив до азотних і фосфорних у середньому за роки проведення досліджень відмічена тенденція до зниження його вмісту – з 0,49 до 0,48 %.

Отже, вміст азоту в урожаї зерна та соломі пшениці твердої озимої поряд з біологічними особливостями культури також залежить від доз мінеральних добрив і їх поєднання.

Як уже зазначалось вище, в рослинах може накопичуватися значна кількість азоту, тоді як вони мають здатність обмежувати концентрацію фосфору в надземних органах за різного рівня забезпеченості цим елементом живлення [12; 13]. Проте ця фізіологічна здатність є недостатньою, щоб повністю обмежити надлишкове його накопичення в органах рослин за високого вмісту рухомих фосфатів у ґрунті [14–16].

Дослідженнями встановлено, що за високих доз внесення мінеральних добрив ( $N_{150}P_{60}K_{80}$ ) вміст фосфору в зерні пшениці твердої озимої підвищувався на 20 %, тоді як в соломі навіть спостерігалась тенденція до незначного зниження його вмісту. Порівняно з ділянками досліджу з парними комбінаціями основних елементів живлення найбільше вміст фосфору в зерні сприяло внесення фосфорних добрив – на 15 %, тоді як азотних і калійних – відповідно на 9 і 1 %. Необхідно також зазначити, що найвищий вміст фосфору був у соломі на ділянках з внесенням лише фосфорних і калійних добрив – на 8 % більше порівняно з контролем, тоді як на азотно-калійному тлі (варіант  $N_{150}K_{80}$ ) він знижувався на 12 %. Це показує, що оптимізація живлення рослин пшениці азотом сприяє реутилізації фосфору із соломі у зерно.

Порівняно з азотом і фосфором, за вмістом калію в урожаї зерна й соломі простежувались інші закономірності. Так, вміст калію в зерні змінювався неістотно – від 0,51 до 0,55 % на суху масу або підвищувався лише на 8 %. При цьому необхідно зазначити, що вміст калію в зерні підвищувало лише внесення калійних добрив.

Вміст калію в соломі пшениці твердої озимої змінювався від 0,80 до 1,06 % на суху масу, або підвищувався порівняно з контролем на 32 %. Судячи з парних комбінацій основних елементів живлення, найбільше підвищували його вмісту азотні добрива – на 22 %, тоді як фосфорні й калійні – відповідно на 7 і 18 %.

З фізіологічного погляду для формування врожаю і його якості важливе значення має співвідношення в органах рослин між елементами живлення. Як показують розрахунки, відношення N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O в зерні пшениці з неудобрених ділянок становило 1 : 0,31 : 0,23, тоді як на тлі внесення повного мінерального добрива (N<sub>150</sub>P<sub>60</sub>K<sub>80</sub>) – 1 : 0,31 : 0,21. Тобто відношення залишалось стабільним за незначного зменшення частки калію.

У соломі пшениці твердої озимої відношення N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O значно відрізнялося від зерна – 1 : 0,63 : 1,95 у контрольному варіанті і 1 : 0,52 : 2,21 за внесення N<sub>150</sub>P<sub>60</sub>K<sub>80</sub>. Ці дані свідчать про ліпшу реутилізацію фосфору в зерно і збільшення вмісту калію в соломі з покращенням мінерального живлення рослин.

**Висновки і пропозиції.** За високого рівня азотного живлення, що створений внесенням азотних добрив у дозі 150 кг/га азоту на фосфорно-калійному тлі, сприяє підвищенню вмісту азоту в зерні пшениці твердої озимої підвищується з 2,21 до 2,70 % на суху масу, тобто на 22 %, тоді як фосфорні у дозі 60 кг/га д. р. підвищують вміст фосфору на 2, а калійні в дозі 80 кг/га д. р. – вміст калію лише на 1 %. Підвищення вмісту азоту в соломі пшениці твердої озимої сприяє внесення азотних добрив – на 20 %, тоді як фосфорних – лише на 4 %, а за внесення калійних добрив відмічена тенденція до зниження його вмісту – з 0,49 до 0,48 % на суху масу.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Chen Q., Mu X., Chen F., Yuan L., Mi G. Dynamic change of mineral nutrient content in different plant organs during the grain filling stage in maize grown under contrasting nitrogen supply. *European Journal of Agronomy*. 2016. Vol. 80. P. 137–153.
2. Калантир В. О., Господаренко Г. М., Любич В. В., Бурляй О. Л. Формування якості та врожайності зерна пшениці твердої озимої за різних видів і доз добрив. *Зб. наук. пр. Уманського НУС*. 2022. Вип. 101. Ч. 1. С. 94–105.
3. Yan S., Wu Y., Fan J., Zhang F., Guo J., Zheng J., Wu L. Quantifying grain yield, protein, nutrient uptake and utilization of winter wheat under various drip fertigation regimes. *Agricultural Water Management*. 2022. Vol. 261. Article number 107380.
4. Chai Y., Chai Q., Han F., Li Y., Ma J., Li R., Cheng H., Chang L., Chai S. Increasing yields while reducing soil nutrient accumulation by straw strip mulching in the dryland wheat (*Triticum aestivum* L.) cropping system of Northwest China. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2022. Vol. 326. Article number 107797.
5. Любич В. В., Господаренко Г. М., Мартинюк А. Т., Стасіневич О.Ю. Параметри родючості ґрунту та продуктивність польової сівозміни за внесення добрив і вапна. *Зб. наук. пр. Уманського НУС*. 2023. Вип. 102. С. 7–16.
6. Azad M., Ahmed T., Eaton T., Hossain M., Haque M., Soren E. Yield of Wheat (*Triticum aestivum*) and Nutrient Uptake in Grain and Straw as Influenced by Some Macro (S & Mg) and Micro (B & Zn) Nutrients. *Natural Science*. 2021. Vol. 13. P. 381–391.
7. Господаренко Г. М., Любич В. В., Черно О. Д. Вплив вапнування та мінеральних добрив на врожайність пшениці озимої на чорноземі опідзоленому. *Вісник Уманського НУС*. 2022. № 1. С. 32–36.
8. Любич В. В., Новак Л. Л., Возян В. В. Технологічні властивості зерна трикале озимого залежно від норм азотних добрив. *Збірник Уманського НУС*. 2018. Вип. 92. С. 119–125.

9. Діагностика стану хімічних елементів системи ґрунт–рослина / за ред. А. І. Фатєєва, В. П. Самохвалової. Харків : КП «Міськдрук», 2012. 146 с.
  10. Передумови формування якості зерна пшениць і продуктів його перероблення: моногр. / Г. М. Господаренко, В. В. Любич, І. О. Полянецька, В. В. Новіков, В. В. Железна, Н. В. Воробйова ; за заг. ред. Г. М. Господаренка. Київ : ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2019. 336 с.
  11. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. 3rd edition. Edited by P. Marschner. Amsterdam, Netherlands : Elsevier/Academic Press, 2012. 684 p.
  12. Удобрення тритикале: моногр. / Г. М. Господаренко, В. В. Любич, В. С. Кравченко, Л. В. Вишнеvsька ; за заг. ред. Г. М. Господаренка. Умань : Видавeць Сочінський М. М., 2019. 176 с.
  13. Якість зерна тритикале та продуктів його перероблення : моногр. / Г. М. Господаренко, В. В. Любич, В. В. Новіков, В. В. Железна ; за заг. ред. Г. М. Господаренка. Київ : ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2019. 176 с.
  14. Худолій Л. В. Формування продуктивності пшениці озимої залежно від елементів технології вирощування у Правобережному Лісостепу : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Київ, 2015. 21 с.
  15. Управління живленням сільськогосподарських культур в умовах погод-но-кліматичних флуктуацій / за наук. ред. М. М. Мірошніченка, Є. Ю. Гладкіх. Київ : Аграрна наука, 2022. 160 с.
  16. Любич В. В. Формування продуктивності пшениці м'якої озимої залежно від застосування регуляторів росту. *Новітні агротехнології*. 2022. Т. 10. № 1. DOI: <https://doi.org/10.47414/na.10.1.2022.264385>.
-