


**ШЕГЕДА І.М.** , **САНДЕЦЬКА Н.В.***Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук України, Україна, 03022, м. Київ, вул. Васильківська, 31/17, e-mail: igor.shegeda@ukr.net** igor.shegeda@ukr.net, (096) 770-07-45*

## ВПЛИВ ПОЗАКОРЕНЕВОГО ПІДЖИВЛЕННЯ КАРБАМІДОМ НА ЗБІР БІЛКА У ЗЕРНІ У РІЗНІ ФАЗИ РОЗВИТКУ ПШЕНИЦІ

**Мета.** У роботі вивчали вплив позакореневого підживлення карбамідом на зернову врожайність, білковість, загальний збір білка та винос азоту з зерном у рослин озимої пшениці різних сортів. **Методи.** У польовому досліді із рослинами шести різних сортів пшениці м'якої озимої проводили обробку карбамідом по варіантах: 1) контроль; 2) позакоренево підживлення карбамідом наприкінці цвітіння у дозі 7 кг/га; 3) позакоренево підживлення карбамідом у фазу молочно-воскової стиглості у дозі 7 кг/га. **Результати.** Виявлено, що за першого строку підживлення врожайність підвищувалась на 7 – 11 %, тоді як за другого залишалась практично незмінною порівняно з контролем. Істотного впливу на білковість застосована доза азоту не чинила. Тобто, в цьому випадку, зернова продуктивність збільшувалася без зниження білковості, і негативного зв'язку між цими показниками не було. У результаті вміст білка у зерні істотно підвищувався у всіх сортів. Найвищим цей показник був у сорту Наталка, завдяки найкращому поєднанню ознак білковості і врожайності. Розрахунки прибавки виносу азоту із зерном за обробки наприкінці цвітіння показали, що вона була помітно вищою, ніж доза внесеного позакоренево. **Висновки.** Таким чином, показано, що для збільшення збору білка з врожаєм доцільним є позакоренево підживлення пшениці карбамідом наприкінці фази цвітіння. Цей захід стимулює функціональну активність рослин, сприяє підвищенню ефективності використання азоту.

**Ключові слова:** азот, білковість зерна, врожайність, озима пшениця, позакоренево підживлення.

Продуктивність і якість зерна є основними ознаками, що характеризують господарську цінність сорту. Продуктивність залежить від основних елементів структури посівів пшениці озимої, зокрема, кількості рослин і продуктивності стебел на одиницю площі, числа колосків і

зерен у колосі та їхньої маси, маси зерна з одного колоса, співвідношення між зерном і соломою, що визначають потенціал продуктивності пшениці. На формування якості зерна пшениці впливають багато чинників, які проявляються в процесі вегетації, збирання, післязбиральної обробки і зберігання зерна. Усі елементи, які формують продуктивність і якість зерна, змінюються залежно від ґрунтово-кліматичних умов місцевості, агротехнічних чинників і біологічних особливостей сортів, що призводить до підвищення чи зниження врожаю [1–6].

Питання взаємозв'язку урожайності, якості зерна та рівня мінерального живлення глибоко вивчається вітчизняними та зарубіжними дослідниками [7–9]. Однак сучасні високоінтенсивні сорти пшениці озимої істотно різняться від попередніх потенційною продуктивністю, деякими фізіолого-біохімічними показниками та агротехнікою [10]. Система застосування добрив повинна базуватися на основі глибокого знання потреб рослин, які змінюються протягом вегетації, вчасно забезпечувати рослини потрібними елементами живлення у необхідних кількостях і співвідношеннях [11]. Особливо добре реагують на внесення добрив короткостеблові сорти пшениці, у яких прибавка врожаю за рахунок добрив може сягати 10 – 16 ц/га і більше.

Працями багатьох вчених встановлено, що в поліпшенні якості зерна провідну роль відіграють азотні добрива [12, 13]. Науковий досвід та виробнича практика [14] переконливо показали, що дефіцит у ґрунті мінеральних форм азоту призводить до зниження кількості білка та клейковини в зерні пшениці. Особливе місце серед азотних підживлень посівів пшениці озимої займають позакореневі, особливо тоді, коли верхній шар ґрунту має низьку вологість і мінеральні добрива недостатньо розчиняються і засвоюються рослинами.

Метою роботи було вивчення впливу позакореневого підживлення карбамідом на зернову врожайність, білковість, загальний збір

білка та винос азоту із зерном у рослин озимої пшениці різних сортів.

### Матеріали і методи

У дослідження було залучено шість сортів озимої м'якої пшениці (*Triticum aestivum* L.): Достаток, Астарта, Малинівка, Наталка, Куяльник, Київська остиста. Польові дослідження проводили у трьохкратній повторності протягом 2015 – 2017 рр. на дослідних ділянках ДСВ ІФРГ НАН України (сmt Глеваха, Київської області). Досліди закладали восени під час посівної. Для забезпечення необхідної точності їх розміщували у полях, вирівняних за рельєфом і родючістю. Площа облікової ділянки становила 10 м<sup>2</sup>. Фон мінерального живлення становив N<sub>100</sub>P<sub>100</sub>K<sub>100</sub>.

Наприкінці фази цвітіння й у фазу молочно-воскової стиглості частину рослин позакоренево підживлювали азотом шляхом обприскування розчином карбаміду з розрахунку 7 кг/га діючої речовини. Таким чином, для кожного сорту було сформовано по 3 варіанти: а) контроль (обприскування водою), б) позакоренево підживлення карбамідом наприкінці цвітіння (ВВСН 69) у дозі 7 кг/га, в) позакоренево підживлення карбамідом у фазу молочно-воскової стиглості у дозі 7 кг/га (ВВСН 77-83). Обробку проводили у трьохкратній повторності.

Масову частку білка в зерні (%) визначали методом інфрачервоної спектрофотометрії за допомогою приладу Inframatic 8600. За масою зерна і вмістом білка розраховували показники збору білка з площі посіву та виносу азоту із зерном. Вимірювання показників продуктивності й білковості проводили у триразовій повторності. Проаналізовані параметри оброблялися з використанням дисперсійного методу (ANOVA), відмінності вважалися статистично значущими при  $p < 0,05$ . На рисунках і в таблиці наведені середні значення досліджуваних показників, їхні стандартні відхилення чи найменша істотна різниця (НІР).

### Результати та обговорення

У таблиці наведено дані з білковості та врожайності рослин пшениці різних сортів по роках. Найвища продуктивність була в сорту Астарта – у середньому 60–64 ц/га залежно від варіанту обробки. Виявлено, що за першого строку підживлення карбамідом врожайність рослин досліджуваних сортів підвищувалась на 7–11 %, тоді як за другого залишалась практич-

но незмінною порівняно з контролем. Цікаво, що найбільший приріст цього показника спостерігався у високобілкових сортів Куяльник (при позакоренево підживленні карбамідом у ВВСН 69 – 11 %, у ВВСН 77-83 – 7 %) і Малинівка (при позакоренево підживленні карбамідом у ВВСН 69 – 9 %, у ВВСН 77-83 – 6 %).

Істотного впливу на білковість застосована позакоренево доза азоту не чинила, хоча можна відзначити тенденцію до підвищення цього показника за підживлення наприкінці цвітіння. Тобто в цьому випадку зернова продуктивність збільшувалась без зниження білковості, і негативного зв'язку між цими показниками не було. Можна припустити, що азот у застосованій нами дозі чинив швидше фізіологічний регуляторний, ніж трофічний, вплив на рослини, запускаючи адаптивні реакції (наприклад, активацію роботи антиоксидантних ферментів), необхідні для підтримання функціонального стану фотосинтетичного апарату під час наливу зерна і, як результат, реалізації генетичного потенціалу продуктивності рослин пшениці [15, 16]. Найвищим вмістом білка в зерні характеризувався сорт Наталка – в середньому за три роки 14,7–15,1 % залежно від варіанту обробки, що пояснюється його генотипними особливостями.

В результаті збільшення врожайності без зменшення білковості збір білка із зерном істотно підвищувався у всіх сортів. Найвищим цей показник був у сорту Наталка завдяки найкращому поєднанню ознак білковості і врожайності (7,8–8,6 ц/га залежно від варіанту обробки). Сорт Астарта, за збором білка, з врожаєм посів друге місце (7,8–8,4 ц/га) завдяки високій зерновій продуктивності. За внесення азоту у фазу молочно-воскової стиглості найвищий збір білка спостерігався у сорту Київська остиста – 8,1 ц/га (рис. 1).

Розрахунки прибавки виносу азоту із зерном за обробки наприкінці цвітіння показали, що вона була помітно вищою, ніж його доза, внесена позакоренево (рис. 2). Одне з пояснень цього полягає у підтриманні позакоренево внесеним азотом функціонального стану рослинного організму, що підвищує ефективність реутилізації цього елемента з вегетативних частин пагона у процесі наливу зерна [17]. Також можна припустити, що подовження тривалості роботи фотосинтетичного апарату протягом наливу зерна за позакоренево підживлення у фазу кінець цвітіння забезпечило підвищення продуктивності й підтримувало функціонування ко-

реневої системи, що, у свою чергу, сприяло посиленню додаткового поглинання азоту з ґрунту, його відновленню і включенню до складу

органічних сполук, які потім транспортувались у зернівки.

Таблиця. Врожайність та білковість зерна пшениці у польових дослідках за позакореневого підживлення карбамідом (7 кг N/га) у фази кінець цвітіння (ВВСН 69) та молочно-воскової стиглості (ВВСН 77-83)

Сорт	Варіант обробки	2015 рік		2016 рік		2017 рік	
		Білок, %	Врожайність, ц/га	Білок, %	Врожайність, ц/га	Білок, %	Врожайність, ц/га
Астарта	контроль	13,8	57,4	12,1	62,2	13,1	60,6
	ВВСН 69	14,0	61,7	12,7	67,1	12,9	63,2
	ВВСН 77-83	13,5	58,4	12,0	63,2	13,2	61,6
Достаток	контроль	13,9	54,4	12,9	59,2	13,5	57,6
	ВВСН 69	14,0	58,7	13,5	64,1	13,6	60,2
	ВВСН 77-83	13,8	57,2	12,2	62,4	13,3	59,4
Наталка	контроль	14,9	50,1	14,4	55,7	14,7	54,1
	ВВСН 69	15,4	54,6	14,9	60,4	15,0	56,1
	ВВСН 77-83	14,9	50,2	14,4	55,6	14,7	54,4
Київська остиста	контроль	14,7	50,4	14,1	55,2	14,4	53,6
	ВВСН 69	15,0	53,7	14,4	59,1	14,6	55,2
	ВВСН 77-83	14,6	54,7	14,0	60,1	14,3	56,2
Малинівка	контроль	14,4	47,3	13,7	51,8	13,9	50,9
	ВВСН 69	14,5	52,8	13,8	57,3	14,1	53,7
	ВВСН 77-83	14,2	50,8	13,5	55,3	14,0	52,7
Куяльник	контроль	14,6	48,5	13,9	52,4	14,1	51,3
	ВВСН 69	14,6	54,9	13,9	58,5	14,1	55,5
	ВВСН 77-83	14,2	52,3	13,7	55,9	14,0	53,8
HP <sub>0,05</sub>		0,6	4,0	0,5	3,9	0,3	2,6

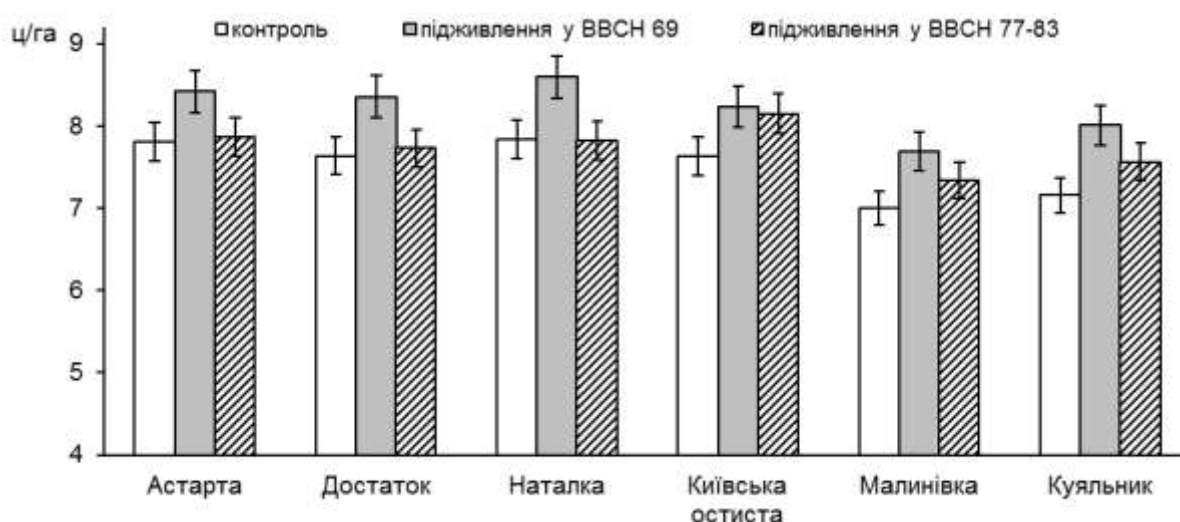


Рис. 1. Збір білка у різних сортів озимої пшениці залежно від терміну позакореневого підживлення карбамідом (середнє за 2015–2017 рр.)

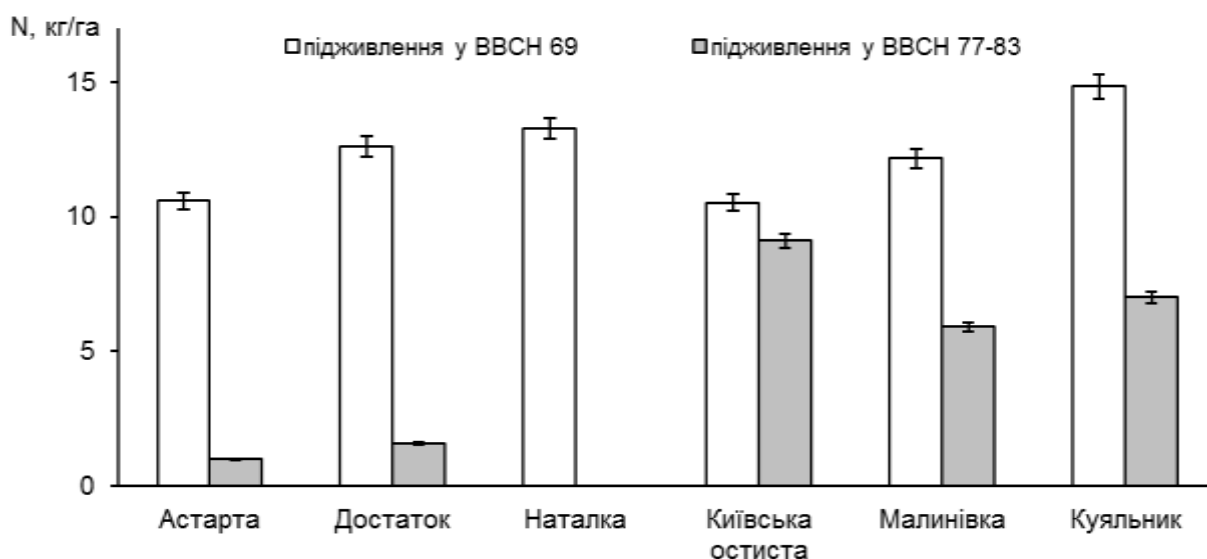


Рис. 2. Прибавка відносно контролю виносу азоту із зерном у різних сортів озимої пшениці залежно від терміну позакореневого підживлення карбамідом (середнє за 2015–2017 рр.)

За показником прибавки виносу азоту, порівняно із дозою, внесеною за підживлення в кінці цвітіння, найкращий результат спостерігався у сорту Куяльник – 12 %, за підживлення добривом у фазу молочно-воскової стиглості – у сорту Київська остиста – 7 %. Слід зазначити, що у наших вегетаційних дослідях позакореневе підживлення карбамідом рослин пшениці у кінці цвітіння привело до підвищення виносу азоту із зерном головного пагона до 20 % [17]. Відмінності між результатами польових і вегетаційних дослідів можна пояснити тим, що в польових умовах на прибавку виносу азоту порівняно із позакоренево внесеною його дозою впливає велика кількість неконтрольованих чинників, в першу чергу – вологозабезпечення. Цей чинник найсильніше діє на обидві складові підвищення виносу – ефективність реутилізації азоту з вегетативних органів, а також додаткове поглинання цього елемента з ґрунту в період наливу зерна.

### Висновки

Отже, для збільшення збору білка з врожаєм доцільним є позакореневе підживлення пшениці карбамідом наприкінці фази цвітіння (BBCH 69). Цей захід стимулює функціональну активність рослин, сприяє підвищенню ефективності використання азоту завдяки посиленню ефективності його реутилізації та додаткового поглинання, що істотно збільшує загальний винос із зерном, величина якого перевищує кількість азоту, внесеного при підживленні. У цьому випадку зернова продуктивність збільшується без зниження білковості, і негативного зв'язку між цими показниками не спостерігається, у результаті чого помітно підвищується збір білка із зерном. Найвищим цей показник був у сорту Наталка завдяки найкращому поєднанню ознак білковості і врожайності. За внесення азоту у фазу молочно-воскової стиглості істотне підвищення збору білка спостерігалось у сорту Київська остиста.

### References

1. Fiorentini, M., Zenobi, S., Giorgini, E. et al. Nitrogen and chlorophyll status determination in durum wheat as influenced by fertilization and soil management: preliminary results. *PLoS One*. 2019. Vol. 14, No. 11:e0225126. doi: 10.1371/journal.pone.0225126.
2. Asseng, S., Martre, P., Maïorano, A. et al. Climate change impact and adaptation for wheat protein. *Glob Chang Biol*. 2019. Vol. 25, No. 1. P. 155-173. doi: 10.1111/gcb.14481.
3. Chope, G.A., Wan, Y., Penson, S.P. et al. Effects of genotype, season and nitrogen nutrition on gene expression and protein accumulation in wheat grain. *J Agric Food Chem*. 2014. Vol. 62, No. 19. P.4399-4407. doi: 10.1021/jf500625c.
4. Wroblewitz, S., Hÿther, L., Manderscheid, R. et al. The effect of free air carbon dioxide enrichment and nitrogen fertilization on the chemical composition and nutritional value of wheat and barley grain. *Arch Anim Nutr*. 2013. Vol. 67, No. 4. P. 263-268. doi: 10.1080/1745039X.2013.821781.
5. Bertheloot, J., Martre, P. & Andrieu, B. Dynamics of light and nitrogen distribution during grain filling within wheat canopy. *Plant Physiol*. 2008. Vol. 148, No. 3. P. 1707-1720. doi: 10.1104/pp.108.124156.

6. Wang, X., Tong, Y., Gao, Y. et al. Spatial and temporal variations of crop fertilization and soil fertility in the Loess Plateau in China from the 1970s to the 2000s. *PLoS One*. 2014. Vol. 9, No. 11:e112273. doi: 10.1371/journal.pone.0112273.
7. Zurb, C., Ludewig, U. & Hawkesford, M.J. Perspective on wheat yield and quality with reduced nitrogen supply. *Trends Plant Sci.* 2018. Vol 23, No. 11. P. 1029-1037. doi: 10.1016/j.tplants.2018.08.012.
8. Duan, J., Wu, Y., Zhou, Y. et al. Grain number responses to pre-anthesis dry matter and nitrogen in improving wheat yield in the Huang-Huai Plain. *Sci Rep.* 2018. Vol. 8, No. 1. P. 7126. doi: 10.1038/s41598-018-25608-0.
9. Wallace, A.J., Armstrong, R.D., Grace, P.R. et al. Nitrogen use efficiency of 15N applied to wheat based on fertilizer timing and use of inhibitors. *Nutr Cycl Agroecosyst.* 2020. No. 16. P. 41-56. doi:10.1007/s10705-019-10028-x
10. Morhun, V.V., Schwartau, V.V & Kiriziy, D.A. Physiological foundations of the formation of high productivity of cereals. Plant physiology: problems and perspectives of development. Kyiv, Lohos, 2009. Vol. 1. P. 11–42 [in Ukrainian] / Моргун В.В., Швартау В.В., Кірізієв Д.А. Фізіологічні основи формування високої продуктивності зернових злаків. Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку. К.: Логос, 2009. Т.1. С. 11–42.
11. Abid, M., Tian, Z., Ata-Ul-Karim, S.T. et al. Nitrogen nutrition improves the potential of wheat (*Triticum aestivum* L.) to alleviate the effects of drought stress during vegetative drought periods. *Front Plant Sci.* 2016. Vol. 7. P. 981. doi: 10.3389/fpls.2016.00981.
12. Smith C.J., Chalk P.M. The residual value of fertiliser N in crop sequences: an appraisal of 60 years of research using 15N tracer. *Field Crops Res.* 2018. Vol. 217. P. 66–74. doi:10.1016/j.fcr.2017.12.006
13. Wallace, A.J., Armstrong, R.D., Harris, R.H. et al. Fertiliser timing and use of inhibitors to reduce N<sub>2</sub>O emissions of rainfed wheat in a semi-arid environment. *Nutr Cycl Agroecosyst.* 2018. Vol. 112. P. 231–252. doi:10.1007/s10705-018-9941-7
14. Wan, Y., Gritsch, C.S., Hawkesford, M.J. & Shewry, P.R. Effects of nitrogen nutrition on the synthesis and deposition of the  $\alpha$ -gliadins of wheat. *Ann. Bot.* 2014. Vol. 113, No. 4. P. 607-15. doi: 10.1093/aob/mct291.
15. Sokolovska-Serhiyenko O.H., Kiriziy D.A., Stasyk O.O. & Sheheda I.M. Photosynthesis and activity of the antioxidant enzymes in chloroplasts of the flag leaf of winter wheat plants for foliar feeding with urea. *Fiziologiya rasteniy i genetika.* 2016. Vol. 48, No. 6. P. 519-529 [in Ukrainian] / Соколовська-Сергієнко О.Г., Кірізієв Д.А., Стасик О.О., Шегеда І.М. Фотосинтез і активність антиоксидантних ферментів хлоропластів прапорцевого листка рослин озимої пшениці за позакореневого підживлення карбамідом. *Физиология растений и генетика.* 2016. Т. 48, № 6. С. 519-529.
16. Mamenko T.P., Sheheda I.M., Pochynok V.M. & Senina L.V. Influence of the conditions of nitrogen nutrition on activity of antioxidant enzymes in winter wheat leaves. *Fiziologiya rasteniy i genetika.* 2017. Vol. 49, No. 2. P. 165-173 [in Ukrainian] / Маменко Т.П., Шегеда І.М., Починок В.М., Сеніна Л.В. Вплив умов азотного живлення на активність антиоксидантних ферментів у листках озимої пшениці. *Физиология растений и генетика.* 2017. Т. 49, № 2. С. 165-173.
17. Sheheda I.M., Kiriziy D.A. & Sandetska N.V. The storing ability of the stem and the nitrogen status of wheat leaves as a component of the removal of nitrogen with grain in the different conditions of mineral nutrition. *Botanica (issledovaniya): Sbornik nauchnykh trudov.* 2018. Vol. 47. P. 227-238 [in Russian] / Шегеда И.Н., Киризи́й Д.А., Сандецкая Н.В. Депонирующая способность стебля и азотный статус листьев пшеницы как составляющие выноса азота с зерном в различных условиях минерального питания. *Ботаника (исследования): Сборник научных трудов.* 2018. Выпуск 47. С. 227-238.

#### SHEHEDA I.M., SANDETSKA N.V.

*Institute of Plant Physiology and Genetics, National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine, 03022, Kyiv, Vasylykivska str., 31/17, e-mail: igor.shegeda@ukr.net*

#### INFLUENCE OF FOLIAR NUTRITION WITH UREA IN DIFFERENT PHASES OF WHEAT DEVELOPMENT ON GRAIN PROTEIN CONTENT

**Aim.** The effect of foliar urea nutrition on grain yield, protein, total protein harvest, and nitrogen content in the grain per spike in winter wheat plants of different varieties was studied. **Methods.** In the field experiment plants of six different bread winter wheat varieties were fertilized with urea in different ways: 1) control; 2) foliar nutrition with urea at the end of anthesis with a dose of 7 kg N / ha; 3) foliar nutrition with urea in the phase of late milk development. **Results.** It was found that after nutrition in the first period the yield increased by 7-11%, while after nutrition in the second period it remained practically unchanged in comparison with the control. The applied dose of nitrogen did not have a significant effect on the protein content. Grain productivity increased without reducing protein content in this case, and there was no negative correlation between these indicators. As a result, grain protein content was significantly increased in all varieties. Natalka had the highest indicator, due to the best combination of protein content and yield. The calculations of the increase in nitrogen content in the grain per spike at the end of anthesis showed that it was significantly higher than the out-of-root dose. **Conclusions.** Thus, it has been shown that foliar nutrition of wheat with urea at the end of anthesis is advisable for increase of protein harvest with the crop. This measure stimulates the functional activity of plants, promotes efficiency of nitrogen utilization.

**Keywords:** nitrogen, grain protein, yield, winter wheat, foliar nutrition.