

ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ЯЧМЕНЯ ЯРОГО ЗА ВПЛИВОМ МІКРОДОБРІВ

КОЧЕРГА О.Л. – аспірант

orcid.org/0009-0002-0891-0319

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

ПОЗНЯК В.В. – кандидат сільськогосподарських наук,

orcid.org/0000-0003-2375-0608

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Постановка проблеми. Сучасне сільське господарство функціонує в умовах постійного зростання потреби у високоефективних системах вирощування, які мають не лише забезпечувати підвищення врожайності, а й посилювати адаптивність культур до змін клімату. У зв'язку з цим особливої актуальності набувають комплексні дослідження впливу мінеральних і мікродобрив [1, 3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Мікроелементи відіграють ключову роль у регуляції обміну речовин у рослинах: вони активують ферментні системи, усувають або послаблюють функціональні порушення метаболізму та забезпечують стабільний перебіг фізіолого-біохімічних процесів. Під дією мікроелементів поліпшується адаптація культур до дефіциту вологи в ґрунті, різких коливань температур та інших несприятливих чинників довкілля [5, 6, 9].

Ячмінь належить до найважливіших зернових культур і має значну продовольчу, кормову та технологічну цінність. Останніми роками особливої актуальності набуває вирощування ячменю пивоварного напрямку, оскільки попит на якісну сировину для солодового виробництва стабільно зростає. Зерно, придатне для отримання солоду, повинно відповідати низці показників: мати оптимальний вміст крохмалю (60–70%) і екстрактивних речовин (78–82%), а також помірну кількість білка (переважно 9–11,5%), що забезпечує правильний перебіг ферментативних процесів під час солодоращення. Важливими технологічними ознаками також є низька плівчистість, вирівняність зерна, висока енергія проростання та здатність формувати дружні сходи, якісне проростання й рівномірний розвиток зародка [2, 4].

Для потреб пивоваріння найціннішим є зерно, що досягло повної фізіологічної стиглості, оскільки накопичення основних компонентів відбувається нерівномірно: азотовмісні сполуки формуються переважно на ранніх етапах розвитку, тоді як інтенсивне накопичення крохмалю триває на пізніших фазах наливу [7, 8].

Мета. У межах запланованих експериментів буде оцінено вплив застосування комплексних добрив і мікродобрив на рівень продуктивності ярого ячменю, що є важливим елементом удосконалення технологій та формування адаптивних систем землеробства в агропромисловому комплексі Північного Степу України за умов кліматичних змін. Практична цінність дослідження полягає в розробленні науково обґрунтованих рекомендацій для сільськогосподарських товаровиробників щодо доцільності, строків і способів використання

мікродобрив у технології вирощування ярого ячменю, що сприятиме отриманню стабільно високих урожаїв.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження виконували на науково-дослідному полі науково-освітнього центру практичної підготовки Дніпровського державного аграрно-економічного університету. Об'єктом випробувань був перспективний сорт ярого ячменю МІП Люкс української селекції, відібраний за результатами попередніх польових дослідів.

Дослідні ділянки закладали регулярним способом за схемою посіву з трикратною повторністю; площа облікової ділянки становила 10 м². Стандарт висівали в одному варіанті (однократно) в межах експерименту. Норму висіву коригували залежно від величини маси 1000 зерен (МТЗ). Варіювали дози добрив, проводили інокуляцію препаратом РизоСтарт (2 кг/тону) та використовували мікродобриво з вмістом молібдену (Мо) Оракул Колофермин Молібдену (0,5 л/га).

Статистичну обробку результатів здійснювали методами дисперсійного аналізу (ANOVA) та дискримінантного аналізу з метою класифікації й групування варіантів. Розрахунки виконували в програмі Statistica 10.0 із використанням пакетів «Базова статистика» та «Мультифакторні методи аналізу».

Результати досліджень. У таблиці 1 представлена врожайність по роках за період 2023 – 2025 років повної факторної схеми досліду (не представлені лише варіанти по калію, що не пророблялись за недоцільністю). Слід зауважити, що гіршим роком для ячменю за умовами був 2025, суттєво кращим 2023 (перш за все, за наявністю вологи у ґрунті).

У 2023–2025 рр. встановлено чітку залежність урожайності ярого ячменю від схеми удобрення та передпосівної обробки (інокуляція та мікродобриво). Загальною тенденцією для всіх варіантів було зниження рівня врожайності у ряду 2023 – 2025 рр, що відображає значний вплив погодних умов року на реалізацію продуктивності культури ($F = 9,17$; $F_{0,05} = 4,01$; $P < 0,01$). Водночас технологічні прийоми мали різну здатність компенсувати несприятливий кліматичний, що підтверджується розходженням середніх значень ($F = 12,33$; $F_{0,05} = 3,10$; $P < 0,01$).

Найвищі показники урожайності впродовж досліду забезпечувала комбінація повного фону $N_{30}P_{60}K_{60}$ з інокулянтом РизоСтарт та молібденом. Так, у 2023 р. цей варіант сформував 4,56 т/га, що відповідає приросту +12,9% до контролю (4,04 т/га). У 2024 р. отримано 4,07 т/га (+18,7% до контролю 3,43 т/га), а у 2025 р. – 3,21 т/га



Таблиця 1

Врожайність в залежності від варіанту внесення

Варіант	Рік, т га ⁻¹			Середня, т га ⁻¹
	2023	2024	2025	
Контроль (N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀)	4,04±0,10 ^a	3,43±0,10 ^a	3,10±0,10 ^a	3,52±0,10 ^a
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ + РизоСтарт	4,06±0,11 ^a	3,40±0,11 ^a	3,12±0,09 ^a	3,53±0,10 ^a
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ + Мо	4,34±0,12 ^b	4,00±0,10 ^b	3,12±0,10 ^a	3,82±0,11 ^b
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ + РизоСтарт + Мо	4,56±0,11 ^b	4,07±0,11 ^b	3,21±0,11 ^a	3,95±0,11 ^b
N ₁₀ P ₆₀ K ₆₀ + РизоСтарт	4,08±0,09 ^a	3,31±0,09 ^a	2,35±0,10 ^c	3,25±0,09 ^c
N ₁₀ P ₆₀ K ₆₀ + РизоСтарт + Мо	4,52±0,12 ^b	4,01±0,10 ^b	3,19±0,11 ^a	3,91±0,11 ^b
N ₁₀ P ₆₀ K ₆₀ + Мо	3,52±0,08 ^c	3,09±0,08 ^c	2,42±0,12 ^c	3,01±0,09 ^d
P ₂₀ K ₂₀ + РизоСтарт	4,06±0,10 ^a	3,32±0,09 ^a	2,39±0,09 ^c	3,26±0,09 ^c
P ₂₀ K ₂₀ + Мо	3,11±0,07 ^d	2,89±0,08 ^d	2,12±0,07 ^d	2,71±0,07 ^e
P ₂₀ K ₂₀ + РизоСтарт + Мо	4,16±0,11 ^a	3,61±0,09 ^e	2,41±0,08 ^c	3,39±0,09 ^{ac}
P ₄₀ K ₄₀ + РизоСтарт	4,02±0,10 ^a	3,30±0,09 ^a	2,32±0,09 ^c	3,21±0,09 ^c
P ₄₀ K ₄₀ + Мо	3,09±0,07 ^d	2,87±0,08 ^d	2,11±0,07 ^d	2,69±0,07 ^e
P ₄₀ K ₄₀ + РизоСтарт + Мо	4,12±0,10 ^a	3,58±0,08 ^e	2,40±0,07 ^c	3,37±0,08 ^{ac}
P ₆₀ K ₆₀ + РизоСтарт	4,05±0,11 ^a	3,31±0,10 ^a	2,37±0,09 ^c	3,24±0,10 ^c
P ₆₀ K ₆₀ + Мо	3,07±0,08 ^d	2,85±0,09 ^d	2,13±0,08 ^d	2,68±0,08 ^e
P ₆₀ K ₆₀ + РизоСтарт + Мо	4,11±0,10 ^a	3,56±0,08 ^e	2,38±0,07 ^c	3,35±0,08 ^{ac}
P ₂₀ + РизоСтарт	4,01±0,11 ^a	3,30±0,09 ^a	2,32±0,09 ^c	3,21±0,10 ^c
P ₂₀ + Мо	3,10±0,08 ^d	2,87±0,09 ^d	2,10±0,07 ^d	2,69±0,08 ^e
P ₂₀ + РизоСтарт + Мо	4,11±0,12 ^a	3,57±0,10 ^e	2,40±0,08 ^c	3,36±0,10 ^{ac}
P ₄₀ + Інокулянт РизоСтарт	4,07±0,09 ^a	3,31±0,08 ^a	2,42±0,09 ^c	3,27±0,09 ^c
P ₄₀ + Мо	3,10±0,08 ^d	2,87±0,09 ^d	2,11±0,07 ^d	2,69±0,08 ^e
P ₄₀ + РизоСтарт + Мо	4,15±0,10 ^a	3,60±0,08 ^e	2,37±0,08 ^c	3,37±0,09 ^{ac}
P ₆₀ + РизоСтарт	4,09±0,11 ^a	3,34±0,08 ^a	2,36±0,08 ^c	3,26±0,09 ^c
P ₆₀ + Мо	3,10±0,09 ^d	2,88±0,09 ^d	2,11±0,08 ^d	2,70±0,09 ^e
P ₆₀ + РизоСтарт + Мо	4,14±0,10 ^a	3,57±0,08 ^e	2,43±0,09 ^c	3,38±0,09 ^{ac}

Примітка: різниця статистично достовірна за факторним аналізом ANOVA за концентраціями при P_{0,05}

(+3,5% до контролю 3,10 т/га). За трирічною середньою урожайністю варіант досяг 3,95 т/га, що становить +12,2% відносно базового варіанту з повним мінеральним добривом (3,52 т/га). Важливо, що саме цей варіант стабільно входив до групи високих врожаїв у 2023–2024 рр., підтверджуючи його перевагу. Близьким за ефективністю був варіант зі знизеним азотним фоном N₁₀P₆₀K₆₀, але із поєднанням інокуляції та молібдену. У 2023 р. урожайність становила 4,52 т/га (+11,9% до контролю), у 2024 р. – 4,01 т/га (+16,9%), у 2025 р. – 3,19 т/га (+2,9%).

Таким чином, поєднання РизоСтарт та мікродобрива істотно підвищувало віддачу за зменшеного внесення азоту, що є важливим з позицій оптимізації витрат, за умови збереження високого рівня продуктивності. Інокуляція компенсує внесення азотних добрив, але варто використовувати стартову дозу (N₁₀) для активізації ростових процесів на перших етапах онтогенезу.

Окремо слід відзначити варіант N₃₀P₆₀K₆₀ + молібден (без інокулянта), який також демонстрував стійку прибавку, хоча і поступався комбінованим схемам. Урожайність у 2023 р. становила 4,34 т/га (+7,4% до контролю), у 2024 р. – 4,00 т/га (+16,6%), у 2025 р. – 3,12 т/га (+0,6%). Трирічна середня – 3,82 т/га, тобто +8,5% до контролю. Це свідчить, що молібден виступав одним із ключових факторів підвищення продуктивності, особливо

у 2024 р., коли його ефект був максимальним, але не працює в посушливих жорстких умовах 2025 року. Інокуляція без мікродобрива на фоні N₃₀P₆₀K₆₀ істотних переваг не забезпечила: середня урожайність варіанта N₃₀P₆₀K₆₀ + РизоСтарт склала 3,53 т/га, що відповідає лише +0,3% до контролю; у розрізі років приріст був мінімальним і несталим (+0,5% у 2023 р.; –0,9% у 2024 р.; +0,6% у 2025 р.). Отже, у даних умовах саме молібден був вирішальним компонентом підсилення ефекту інокуляції.

Показовим є варіант N₁₀P₆₀K₆₀ + РизоСтарт без молібдену: при відносно близьких до контролю значеннях у 2023 р. (+1,0%) і невеликому зниженні у 2024 р. (–3,5%), у 2025 р. зафіксовано різке падіння урожайності до 2,35 т/га, що означає –24,2% до контролю. За середнім показником трирічної продуктивності цей варіант мав –7,7% відносно контролю.

Фізіологічно отримані переваги кращих варіантів (передусім N₃₀P₆₀K₆₀ + РизоСтарт + Мо та N₁₀P₆₀K₆₀ + РизоСтарт + Мо) можна пояснити синергією живлення й регуляції азотного обміну. Молібден є ключовим кофактором ферментних систем, що забезпечують ефективне залучення та перетворення азотних форм у рослині, а також підтримує роботу ферментів, пов'язаних із синтезом амінокислот і білкових сполук.

Якщо проаналізувати економічну ефективність вирощування (Таблиця 2) встановлено, що технологічні

варіанти суттєво різняться як за рівнем продуктивності, так і за економічним обґрунтуванням. У цілому найбільш вигідними виявилися схеми, де поєднувалися інокуляція РизоСтарт і мікродобриво молібдену, що забезпечувало одночасно підвищення врожайності та зростання вартості продукції при помірному збільшенні витрат.

Лідером за середньою врожайністю став варіант $N_{30}P_{60}K_{60}$ + Інокулянт РизоСтарт + мікродобриво, забезпечивши й найвищу виручку – 39 861 грн/га. Прибуток у цьому варіанті склав 16 206 грн., що підтверджує його високу виробничу доцільність у системах, орієнтованих на максимізацію валового збору й стабільності формування врожаю.

Водночас максимальний економічний ефект за показником прибутку продемонстрував варіант $N_{10}P_{60}K_{60}$ + РизоСтарт + мікродобриво. Він забезпечив вартість продукції 39 457 грн/га при нижчій собівартості (21 748 грн), що зумовило найвищий прибуток серед усіх варіантів – 17 709 грн.

Серед варіантів із нижчою собівартістю особливо виділилися схеми з інокуляцією (з молібденом або без нього), які забезпечували значний прибуток насамперед за рахунок менших виробничих витрат. Так, варіанти P_{20} + РизоСтарт + молібден та $P_{20}K_{20}$ + РизоСтарт + молібден забезпечили прибуток відповідно 16 862 та 16 505 грн/га при собівартості лише 17 074 та 17 768 грн, що свідчить про їх високу придатність як ресурсозберігаючих технологічних рішень. Додатково перший варіант також

характеризувався високим прибутком (16 052 грн), підкреслюючи важливість інокуляції у підвищенні економічної віддачі за обмежених витрат. Найменш доцільними з позицій економіки були схеми, де застосовувався молібден без інокуляції на фосфорно-калійних фонах.

Таким чином, можна виділити три найбільш перспективні напрями: максимізація врожайності та виручки – за рахунок варіанта $N_{30}P_{60}K_{60}$ + РизоСтарт + Мо; максимізація прибутку – за рахунок варіанта $N_{10}P_{60}K_{60}$ + РизоСтарт + Мо; ресурсозберігаючі системи з високим прибутком – за рахунок варіантів $P_{20}/P_{20}K_{20}$ + РизоСтарт + Мо. У цілому найкращі результати отримано у варіантах, де інокуляція РизоСтарт поєднувалася з мікродобривом молібдену.

Висновки. Дія інокулянта доповнює ефект молібдену через оптимізацію функціонування ризосфери: підвищується біологічна активність у прикореневій зоні, покращується доступність рухомих форм елементів, формується більш розвинена коренева система та вирівнюються стартові темпи росту. У поєднанні з Мо це сприяє кращому забезпеченню рослин азотом і мікроелементами у критичні фази органогенезу, що підвищує стресостійкість онтогенезу й зменшує втрати врожайності в несприятливий рік. Механізм переваги кращих схем полягає не лише у додатковому живленні, а в підвищенні фізіологічної ефективності засвоєння та використання азоту і стабілізації процесів росту й наливу зерна за мінливих умов середовища.

Таблиця 2

Економічна ефективність варіанті технології вирощування

Варіант	Собівартість, грн/га	Вартість продукції, грн/га	Прибуток, грн/га
Контроль ($N_{30}P_{60}K_{60}$)	22 850	35 586	12 736
$N_{30}P_{60}K_{60}$ + РизоСтарт	22 950	35 619	12 669
$N_{30}P_{60}K_{60}$ + Мо	23 555	38 582	15 027
$N_{30}P_{60}K_{60}$ + РизоСтарт + Мо	23 655	39 861	16 206
$N_{10}P_{60}K_{60}$ + РизоСтарт	21 543	32 791	11 248
$N_{10}P_{60}K_{60}$ + РизоСтарт + Мо	21 748	39 457	17 709
$N_{10}P_{60}K_{60}$ + Мо	22 148	30 401	8 253
$P_{20}K_{20}$ + РизоСтарт	17 063	32 892	15 829
$P_{20}K_{20}$ + Мо	17 668	27 337	9 669
$P_{20}K_{20}$ + РизоСтарт + Мо	17 768	34 273	16 505
$P_{40}K_{40}$ + РизоСтарт	19 126	32 455	13 329
$P_{40}K_{40}$ + Мо	19 731	27 169	7 438
$P_{40}K_{40}$ + РизоСтарт + Мо	19 831	34 003	14 172
$P_{60}K_{60}$ + РизоСтарт	21 189	32 758	11 569
$P_{60}K_{60}$ + Мо	21 794	27 102	5 308
$P_{60}K_{60}$ + РизоСтарт + Мо	21 894	33 835	11 941
P_{20} + РизоСтарт	16 369	32 421	16 052
P_{20} + Мо	16 974	27 169	10 195
P_{20} + РизоСтарт + Мо	17 074	33 936	16 862
P_{40} + Інокулянт РизоСтарт	17 639	32 993	15 354
P_{40} + Мо	18 244	27 203	8 959
P_{40} + РизоСтарт + Мо	18 344	34 071	15 727
P_{60} + РизоСтарт	18 909	32 960	14 051
P_{60} + Мо	19 514	27 236	7 722
P_{60} + РизоСтарт + Мо	19 614	34 138	14 524

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Bagar H. H., Abd Al-Mutaleb W. H., Al-Khafaji A. A. Effectiveness of *Pseudomonas* spp. and *Azotobacter chroococcum* in stimulating barley growth and yield. *Applied and Environmental Soil Science*. 2023. Vol. 2023. 7261784. DOI:
2. Bagheri A. R., Jafari A. R. Effect of Salinity and Molybdenum Application on Photosynthesis, Nitrogenase Activity and Yield of Barley Inoculated with *Azospirillum brasilense*. *Cereal Research Communications*. 2012. Vol. 40. P. 235–245.
3. Beillouin D., Trépos R., Piraux F., Jeuffroy M.-H., Makowski D. A new method for evaluating the climate impact on malting barley quality. *European Journal of Agronomy*. 2018. Vol. 99. P. 40–46.
4. Cammarano D., Holland J., Leach J., Trick M., Foulkes J. Can we delay and reduce nitrogen application and still maintain yield and quality in malting barley? *Agricultural and Forest Meteorology*. 2024. Vol. 357. 110260.
5. Henry T. E., Pedas P. R., Husted S., Laursen K. H., Schjoerring J. K. Impact of Foliar Application of Microelements on Quality Traits of Malt Barley Cultivated on Nutrient-Depleted Soil. *Agronomy*. 2025. Vol. 15. 800.
6. Holm L., Eltom M., Wilson L. T., Cheong J., O'Donovan J. T. Optimizing yield and protein concentration in malting barley with fertilizer management. *Journal of Cereal Science*. 2018. Vol. 80. P. 25–36.
7. Huang X., Hoffman G. E., Quinton-Tulloch M. J., et al. Sulphur fertilisation improves malt extract by increasing the yield of soluble sugar polymers in barley. *Journal of Cereal Science*. 2019. Vol. 86. P. 1–8.
8. Gavelienė G., Tilvikienė V., Karčiauskienė D. Use of a Bacteria Inoculated Mineral Fertilizer Scenario for Grain Yield and Profitability of Spring Barley. *Plants*. 2023. Vol. 12. Art. 1227.
9. Souza M. A. D., Melo N. C., Santos A. D. Inoculation of barley seeds with *Azospirillum brasilense* improves vegetative growth and yield. *Revista Semiárido De Visu*. 2020. Vol. 30. P. 9–17.
10. Cultivated on Nutrient-Depleted Soil. *Agronomy*, 15, 800.
11. Holm, L., Eltom, M., Wilson, L. T., Cheong, J., O'Donovan, J. T. (2018). Optimizing yield and protein concentration in malting barley with fertilizer management. *Journal of Cereal Science*, 80. P. 25–36.
12. Huang, X., Hoffman, G. E., Quinton-Tulloch, M. J., et al. (2019). Sulphur fertilisation improves malt extract by increasing the yield of soluble sugar polymers in barley. *Journal of Cereal Science*, 86. P. 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.12.014>
13. Gavelienė, G., Tilvikienė, V., Karčiauskienė, D. (2023). Use of a Bacteria Inoculated Mineral Fertilizer Scenario for Grain Yield and Profitability of Spring Barley. *Plants*, 12. 1227.
14. Souza, M. A. D., Melo, N. C., Santos, A. D., et al. (2020). Inoculation of barley seeds with *Azospirillum brasilense* improves vegetative growth and yield. *Revista Semiárido De Visu*, 30, P. 9–17.

REFERENCES:

1. Bagar, H. H., Abd Al-Mutaleb, W. H., Al-Khafaji, A. A. (2023). Effectiveness of *Pseudomonas* spp. and *Azotobacter chroococcum* in stimulating barley growth and yield. *Applied and Environmental Soil Science*, 2023, 7261784.
2. Bagheri, A. R., Jafari, A. R. (2012). Effect of Salinity and Molybdenum Application on Photosynthesis, Nitrogenase Activity and Yield of Barley Inoculated with *Azospirillum brasilense*. *Cereal Research Communications*, 40. P. 235–245.
3. Beillouin, D., Trépos, R., Piraux, F., Jeuffroy, M.-H., Makowski, D. (2018). A new method for evaluating the climate impact on malting barley quality. *European Journal of Agronomy*, 99. P. 40–46
4. Cammarano, D., Holland, J., Leach, J., Trick, M., Foulkes, J. (2024). Can we delay and reduce nitrogen application and still maintain yield and quality in malting barley? *Agricultural and Forest Meteorology*, 357. 110260.
5. Henry, T. E., Pedas, P. R., Husted, S., Laursen, K. H., Schjoerring, J. K. (2025). Impact of Foliar Application of Microelements on Quality Traits of Malt Barley
6. Cultivated on Nutrient-Depleted Soil. *Agronomy*, 15, 800.
7. Holm, L., Eltom, M., Wilson, L. T., Cheong, J., O'Donovan, J. T. (2018). Optimizing yield and protein concentration in malting barley with fertilizer management. *Journal of Cereal Science*, 80. P. 25–36.
8. Huang, X., Hoffman, G. E., Quinton-Tulloch, M. J., et al. (2019). Sulphur fertilisation improves malt extract by increasing the yield of soluble sugar polymers in barley. *Journal of Cereal Science*, 86. P. 1–8.
9. Gavelienė, G., Tilvikienė, V., Karčiauskienė, D. (2023). Use of a Bacteria Inoculated Mineral Fertilizer Scenario for Grain Yield and Profitability of Spring Barley. *Plants*, 12. 1227.
10. Souza, M. A. D., Melo, N. C., Santos, A. D., et al. (2020). Inoculation of barley seeds with *Azospirillum brasilense* improves vegetative growth and yield. *Revista Semiárido De Visu*, 30, P. 9–17.

Кочерга О.Л., Позняк В.В. Формування продуктивності ячменя ярого за впливом мікродобрив

Сучасні технології вирощування ярого ячменю пивоварного напрямку в умовах Північного Степу України потребують поєднання оптимізованого мінерального живлення з біологічними та мікроелементними компонентами, здатними підвищувати продуктивність і стабільність посівів за дефіциту вологі та температурних коливань. **Мета.** Метою було оцінити ефективність інокулянта РизоСтарт і мікродобрива (молібден) у різних схемах удобрення щодо формування врожайності та економічної віддачі ярого ячменю. **Методи.** Польові досліди (2023–2025 рр.) проводили у навчально-науковому центрі Дніпровського державного аграрно-економічного університету, використовували сорт ячменю пивоварного призначення МІП Люкс у трикратній повторності (10 м²). Вивчали варіанти фону NPK та їх поєднання з інокуляцією препаратом РизоСтарт і мікродобривом) молібденом урожайність обліковували суцільним методом, статистичну достовірність відмінності визначали за факторним аналізом, розраховували економічну ефективність вирощування. **Результати.** За результатами трирічних польових досліджень встановлено чітку залежність продуктивності ячменю ярого від поєднання мінерального живлення, інокуляції та мікроелементного підживлення. Загальна тенденція за роками свідчила про зниження врожайності в умовах зростання стресового навантаження, що підкреслює важливість технологій, здатних стабілізувати продукційний процес. Найкращі результати забезпечували варіанти, у яких базове удобрення поєднувалося з інокулянтом і молібденом: такі схеми формували найбільш вирівняну продуктивність і краще зберігали потенціал урожаю за несприятливих умов. Молібден, як ключовий елемент азотного обміну, посилює ферментативні процеси перетворення й включення азоту в амінокислоти та білкові сполуки, підтримує роботу фотосинтетичного апарату та енергетичний баланс рослин. Інокуляція додатково оптимізує функціонування ризосфери, активізує коренеутворення, покращує доступність елементів живлення та сприяє вирівнюванню стартового росту. Натомість інокулянт без мікроелементної підтримки або схеми зі звуженим живленням виявляли нестійкий ефект і частіше поступалися комплексним варіантам. **Висновки.** Для умов Північного Степу найбільш

результативним за виручкою є поєднання N30P60K60 з інокуляцією та молібденом (39 861 грн/га; прибуток 16 206 грн/га), а максимальний прибуток забезпечує $N_{10}P_{60}K_{60}$ + РизоСтарт + Мо (17 709 грн/га) завдяки нижчій собівартості при збереженні високої врожайності. Оптимальні схеми доцільно рекомендувати для технологій вирощування пивоварного ячменю та подальшої виробничої перевірки.

Ключові слова: ячмінь ярий, інокуляція, молібден, урожайність, економічна ефективність.

Kocherha O.L., Pozniak V.V. Formation of spring barley productivity under the influence of micronutrient fertilizers.

Modern technologies for cultivating malting spring barley under the conditions of the Northern Steppe of Ukraine require combining optimized mineral nutrition with biological and microelement components that can increase productivity and stand stability under moisture deficit and temperature fluctuations. **Purpose.** The aim was to evaluate the effectiveness of the Rizo Start inoculant and a micronutrient fertilizer (molybdenum) in different fertilization schemes in terms of yield formation and economic return of spring barley. **Methods:** Field experiments (2023–2025) were conducted at the Educational and Research Center of the Dnipro State Agrarian and Economic University using the malting barley cultivar MIP Liuks in three replications (10 m²). Treatments included NPK backgrounds and their combinations with seed inoculation using Rizo Start and molybdenum micronutrient fertilization. Yield was recorded by the whole-plot method; statistical significance of differences was determined by factor analysis, and economic

efficiency of cultivation was calculated. **Results.** The three-year field study revealed a clear dependence of spring barley productivity on the combination of mineral nutrition, inoculation, and micronutrient supplementation. The overall year-to-year trend indicated a yield decline under increasing stress pressure, highlighting the importance of technologies capable of stabilizing the production process. The best performance was obtained in treatments where the basal fertilization was combined with the inoculant and molybdenum; these schemes produced the most uniform productivity and better preserved yield potential under adverse conditions. Molybdenum, as a key element of nitrogen metabolism, enhances enzymatic processes of nitrogen transformation and incorporation into amino acids and protein compounds, supports the photosynthetic apparatus, and improves the plant energy balance. Inoculation additionally optimizes rhizosphere functioning, stimulates root development, improves nutrient availability, and promotes more even early growth. In contrast, the inoculant without micronutrient support or schemes with reduced nutrition showed an unstable effect and more often lagged behind the integrated treatments. **Findings.** Under the conditions of the Northern Steppe, the highest revenue is provided by combining N30P60K60 with inoculation and molybdenum (39,861 UAH/ha; profit 16,206 UAH/ha), while the maximum profit is ensured by $N_{10}P_{60}K_{60}$ + RizoStart + Mo (17,709 UAH/ha) due to lower production costs while maintaining high yield. The optimal schemes should be recommended for malting barley cultivation technologies and further on-farm validation.

Key words: spring barley, inoculation, molybdenum, yield, economic efficiency.

Дата першого надходження статті до видання: 20.02.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.03.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 06.05.2026