© П. С. Гнатів, В. Я. Іванюк, В. Г. Шестак, Н. І. Вега, Ю. М. Оліфір, 2022
УДК 631.82/631.454: 338.43 DOI: 10.32636/agroscience.2022-(1)-4-3

КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЖИВЛЕННЯ ЯЧМЕНЮ ОЗИМОГО

П. Гнатів[1], В. Іванюк[1], В. Шестак[1], Н. Вега[1], Ю. Оліфір[2]
[1]Львівський національний університет природокористування,
вул. Володимира Великого,1, м. Дубляни, Львівський р-н, Львівська обл., 80381,
[2]Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН,
вул. Грушевського, 5, с. Оброшине, Львівський р-н, Львівська обл., 81115
e-mail: volodyash25@gmail.com

Досліди проводили у Львівському національному університеті природокористування (ЛНУП – Дубляни) упродовж 2020-2022 рр. у районі Пасмового Побужжя Західного Лісостепу України на ґрунті темно-сірому опідзоленому легкосуглинковому та малогумусному. Метою дослідження було встановити рівень урожайності залежно від системи удобрення і використання нітрапірину та дати економічну оцінку ефективності вирощування ячменю озимого залежно від норм, форм мінеральних добрив з використанням стабілізатора азоту для впровадження у рослинництво раціональних елементів технології, які безпечні для природного довкілля. Визначали агрохімічні властивості ґрунту за класичними показниками. Застосування інгібітора уреази у фазі відновлення вегетації на фоні фосфорно-калійних добрив сприяло збору 6,32-7,65 т/га зерна залежно від норми і форми азотних добрив і року дослідження. Загалом урожайність озимого ячменю корелювала з нормами азоту r = 0,76-0,81, концентрація нітратів в орному шарі – з нормою внесення добрив r = 0,88. Внесення під ячмінь озимий амонійної селітри без використання фосфорно-калійних добрив, але з поділом норми N_{120} на N_{23} (перед сівбою) + N_{67} (у фазі відновлення вегетації) + N_{30} (на початку колосіння), забезпечувало відносно високу рентабельність використання агрохімікатів порівняно з іншими середніми, підвищеними та високими фонами збалансованого удобрення. Розрахунок окупності добрив у формах діамофоски й карбаміду (до посіву в нормі $N_{120}P_{60}K_{60}$), а також нітрапірину у вигляді N-Lock Макс, або амонійної селітри з нітрапірином у фазі відновлення вегетації показав економічну ефективність цих варіантів забезпечення азотного живлення озимого ячменю в ринковій ситуації на 2022 року. Економічна оцінка вирощування зерна ячменю озимого, основним засобом якого є ґрунти, жодним чином не враховує зміни в pH, виноси з ґрунтів доступних ресурсів азоту, фосфору, калію та інших поживних елементів, втрати від вимивання їх із зони кореневої системи та емісії у формі парникових газів (N_2O).

Ключові слова: мінеральні добрива, нітрати, фосфати, калій, нітрапірин, затрати, прибуток, рентабельність

Вступ

За узагальненнями дослідників (Tuchapskyi, 2002 & 2011; Chambers & Dampney, 2009; Noworolnik et al, 2009; Berhanu et al, 2013; Veremeyenko et al, 2017; Horash & Klymyshena, 2020) озимий ячмінь є доволі стійкою культурою і не проявляє депресії, але й не надто збільшує врожайність за високих доз мінеральних добрив. Величина приросту врожаю з одиниці площі швидко зростає до рівня $N_{60}P_{60}K_{60}$, а з подальшим збільшенням норм удобрення темпи приросту стрімко знижуються і в діапазоні від $N_{100}P_{100}K_{100}$ до $N_{160}P_{160}K_{160}$ можуть сягати лише 0,1 т/га. Тому окупність 1 кг NPK приростами зерна ячменю дуже вагомо зменшується за підвищення норм мінеральних добрив, а оптимум за усталеними в попередні десятиліття уявленнями є у межах $N_{20-60}P_{30-60}K_{20-60}$.

Узагальнення випробувань підвищених норм удобрення в добу стрімкого нарощування потужностей хімічної промисловості в Україні у 70-80-ті роки XX ст. (Mykhaylov, 1972) показало, що в середньому від внесення $N_{45-70}P_{45-70}K_{40-60}$ збільшення урожаю ячменя в Поліській зоні України становить 0,8-0,9 т/га, а в Лісостепу на темно-сірих лісових ґрунтах і чорноземах – в межах 0,53-0,77 т/га. Удобрення ячменю на ґрунтах підзолистого ряду має певні особливості. Унаслідок несприятливих агрофізичних і фізико-хімічних властивостей сірих лісових та оглеєних ґрунтів окупність мінеральних добрив на них дуже залежить від ступеня окультуреності (Mykhaylov, 1972). На кислих ґрунтах із pH_{KCl} менше за 5 мінеральні добрива проявляють достатню ефективність тільки на фоні вапнування. Водночас, і саме вапнування суттєво підвищує врожайність та білковість зерна ячменю.

Наші дослідницькі інтереси були стимульовані результатами вивчення впливу внесення азотних добрив під озимий ячмінь деякими іншими дослідниками (Veha, 2015; Roche et al, 2016). Водночас, ефективність застосування нітрапірину восени або весною дотепер є дискусійним (Amberger, 1986; Abalos et al, 2014; Beeckman et al, 2018). Вона є різною у природних зонах Світу (Ferguson et al, 2003; Fu et al,, 2020), є різна за використання різних прийомів агротехніки (Qin et al, 2010; Babulicová & Dyulgerova, 2018) і є різною для різних культур (Martin et al, 1993; Abalos et al, 2014; Roche et al, 2016; Martins et al, 2017; Zhang et al, 2018).

Одне із основних господарських завдань рослинництва України – підтримання продовольчої безпеки в першу чергу українців, а згодом запитів експортерів, якісною національною зерновою продукцією.

Мета розробки – встановити рівень урожайності залежно від системи удобрення і використання нітрапірину та дати економічну оцінку ефективності вирощування ячменю озимого залежно від норм, форм мінеральних добрив з використанням стабілізатора азоту для впровадження у рослинництво раціональних елементів технології, які безпечні для природного довкілля.

Матеріали та методи

Досліди провели у Львівському національному університеті природокористування (ЛНУП) упродовж 2019-2022 років за традиційною методикою в агрономії. На дослідній ділянці ґрунт темно-сірий лісовий опідзолений легкосуглинковий слабогумусований. Перед закладанням досліду до сівби, по відновленню вегетації, перед початком колосіння і перед збиранням було взято зразки ґрунту з глибини 0-20, 20-40 см. Аналізи виконали на базі філіалу кафедри агрохімії та ґрунтознавства ЛНУП в Інституті сільського господарства західного регіону НААН України. Розрахунки економічної ефективності здійснювали за фактичними витратами, передбаченими технологіями вирощування сільськогосподарських культур в умовах Західного Лісостепу. Для обчислення використовували основні показники: виробничі затрати, собівартість, умовний чистий прибуток, рівень рентабельності (Постнікова, 1987). Для розрахунків брали ринкові ціни на добрива, препарат N-Lok Макс та закупівельну ціну на зерно ячменю озимого на 2022 маркетинговий рік (табл. 1).

Таблиця 1. Ринкова вартість добрив та продукції у 2022 маркетинговому році

Матеріали досліду	Од. вим.	Грн.
Амонійна селітра	тона	37000
Карбамід	тона	38000
Діамофоска ($N_{10}P_{26}K_{26}$)	тона	38000
N-Lok Макс	літр	590
Ячмінь озимий (зерно)	тона	8000

Статистичний аналіз даних проводили за допомогою пакетів Microsoft Excel, Statistica 10, а також за допомогою власної розробленої програми Dispersion.exe. (Гнатів та ін., 2022), розміщеної в Інтернеті (https://github.com/dimbaida/variance-anlysis).

Результати та обговорення.

За нашими результатами дослідження внесення амонійної селітри N_{97} у фазі відновлення вегетації + N-Lok Макс з осені, чи навесні на фоні $N_{23}P_{60}K_{60}$ забезпечувало стартовий вміст легкогідролізного азоту в орному шарі 132–136 мг/кг ґрунту, залежно від умов року.

Застосування на цьому фоні стабілізатора азоту N-Lok Макс восени перед сівбою та при відновленні вегетації на забезпечило вагому прибавку урожаю зерна 0,45-0,60 т/га середньорічно при урожаї з нормами $N_{23}P_{60}K_{60}$ з осені та N_{37} при відновленні вегетації 6,92 т/га без інгібітора. Пороте, максимального середньорічного врожаю 7,65 т/га та найвагомішої прибавки 0,73 т/га досягнуто на фоні $N_{120}P_{60}K_{60}$ за поділу норми азоту на внесення N_{67} з використанням N-Lok Макс у відновлення вегетації та N_{30} на початку колосіння.

Першою метою застосування інгібіторів уреази є уникнення надмірного вмісту нітратів у ґрунті після внесення азотних добрив. Другою метою є досягнення максимальної продуктивності культур та ефективності добрив. Ми отримали вагомий ефект від внесення N_{120} з нітрапірином у формі карбаміду восени та найбільший – від використання амонійної селітри весною. Стабілізатор нітрифікації амонійних форм азоту забезпечив 7,37 т/га зерна озимого ячменю, що на 1,07 т більше, ніж при внесенні самого карбаміду.

Інгібітор нітрифікації – нітрапірин, сприяв збільшенню врожайності зерна на 0,3-0,6 т/га на різних варіантах удобрення озимого ячменю. Дія нітрапірину проявлялася у підвищенні вмісту азоту легкогідролізованого та зменшенні концентрації нітратного N на усіх нормах внесення азотних добрив. Так при внесенні 97 кг/га карбаміду на фоні N_{23}, P_{60} кг суперфосфату та K_{60} кг/га калійної солі восени додавання нітрапірину під передпосівну культивацію зменшувало вміст нітратного азоту на 2,4 мг/кг ґрунту, за додавання його у відновлення вегетації на 2,6 мг/кг ґрунту за вмісту 9,3 мг/кг ґрунту без інгібітора. Водночас, його застосування помітно підлужувало кислу реакцію ґрунту на початку і в кінці вегетації ячменю.

Врожай зерна ячменю дуже тісно корелював (табл. 2) із концентрацією легкогідролізного азоту і нітратів у верхньому (r = 0,87-0,88) та підорному (r = 0,89-0,86) пластах ґрунту у 2020 році. Виявлена оберненопропорційна кореляція показників врожаю та pH_{KCl} ґрунту. Чим вищий врожай був зібраний, тим менше нітратів залишалося в ґрунті до дозрівання озимого ячменю (r = – 0,44 у верхній товщі, r = – 0,34 у підорній товщі). Загалом врожайність озимого ячменю корелювала з нормою удобрення азоту у 2020 році (r = 0,76) та у 2021 році

(r = 0,81), концентрація нітратів у орному пласті – з нормою удобрення у 2020 році (r = 0,88). Пригнічення активності уреази нітрапірином не чинило негативного впливу на азотний поживний режим ґрунту для максимального врожаю. Норми удобрення азотом мають бути достатніми підтримання високого вмісту легкогідролізованого азоту в ґрунті, а нітрапірин сповільнює його нітрифікацію.

Таблиця 2. Зв'язок урожаю зерна озимого ячменю з вмістом легкогідролізованого та нітратного азоту у ґрунті і динамікою pH_{KCl}, r(±)

Фактор живлення рослин (2020 р.)					
$N_{гідр}$		pH_{KCl}		$N_{нітр}$	
Глибина відбору, см					
0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
Час відбору ґрунтової проби – весна (після внесення добрив та нітрапірину)					
0,87	**0,89**	**–0,60**	**–0,69**	**0,88**	**0,86**
Час відбору ґрунтової проби – збирання врожаю					
–0,17	0,31	–0,42	**–0,54**	–0,44	–0,34

Збільшення норми азотного удобрення до 120 мг/кг сприяло росту концентрації нітратів у ґрунті. Дія нітрапірину стримувала підкислення ґрунту завдяки зменшенню концентрації нітратів і на великих фонах азоту легкогідролізованого його дія ставала потрібнішою. Синергічна дія нейтралізації pH_{KCl} у зв'язку з підвищенням концентрації нітратів виразно позитивно впливала на підвищення врожаю зерна.

Багато авторів (Singh & Verma, 2007; Zaman et al, 2008; Hess et al, 2020) стверджували, що інгібування уреази зменшувало вимивання, нейтралізувало кислотність ґрунтів (Fu et al, 2020), а також стримувало емісію газоподібних форм азоту в атмосферу (Byrne et al, 2020; Martins et al, 2017; Tian et al, 2017).

Пригнічення мікробіоти нітрифікаторів, яке сповільнює синтез уреази, бактерицидом нітрапірином обмежує перетворення амонійних форм у нітрати на всіх нормах азотного удобрення. Норма внесення азоту N_{120} спричинює річну емісію закису азоту в обсязі 121,5 кг/га. ймовірні фактичні обсяги викидів закису азоту. Максимальними викиди закису азоту від наявних нітратів у ґрунті є на варіантах максимальних норм внесення азотних добрив під ячмінь озимий, де не застосований нітрапірин. Величина викиду без інгібітора досягає 27,7-29,4 кг/га за рік. Нітрапірин обмежує кількість емісії закису азоту на 3,3-7,2 кг/га, залежно норми внесення азоту.

Ринок диктує виробникам зерна доцільність врахування тих, чи інших затратних прийомів вирощування культур. Найважливішими критеріями є окупність і прибутковість додаткових капіталовкладень.

Проблема виникає і з часом загострюється з тієї причини, що чинні методи економічного аналізу зерновиробництва ніяким способом не враховують цінність і вартість використовуваних виробником поживних речовин, що є в ґрунті в достатку, або в дефіциті. Не маючи стандартизованої вартості ресурсів родючості ґрунту, ми її не враховуємо у собівартості врожаю. Тому економічна оцінка використання ґрунтів, яка не враховує pH, доступні фонди азоту, фосфору, калію та інших поживних елементів, втрати їх від вимивання та емісії у формі парникових газів (N_2O) завжди буде спотвореною. Це призведе до повного виснаження ґрунтів, адже рентабельний врожай завжди найлегше отримати за мінімальних вкладень матеріальних цінностей та енергії у підтримання родючості ґрунту і його збереження у функціональному стані.

На початку закцентуємо, що 2022 маркетинговий рік, за який були використані ринкові ціни на зернову продукцію і на агрохімікати, для українських виробників були вкрай невигідними (табл. 1). Економічна оцінка витрат на добрива та нітрапірин (рис. 1) показала, що при зборі зерна вартістю 59 120 грн/га чистий прибуток становив 29 681 грн/га за системи удобрення $N_{23}P_{60}K_{60}$(діамофоска) + N_{97} (карбамід) та N-Lok Макс (перед сівбою) (разом N_{120} – вар. 6).

Вищий чистий прибуток 31 568 грн/га було отримано за внесення $N_{23}P_{60}K_{60}$(діамофоска) + N_{37} (амонійна селітра) та N-Lok Макс (у фазі відновлення вегетації) (разом N_{60} – вар. 11). Чистий прибуток корелював з вартістю врожаю (r = 0,64). Найвищий чистий прибуток 35035 грн/га ми отримали, використавши лише амонійну селітру, поділяючи норму N_{120} на весняне внесення N_{67} у відновлення вегетації у поєднанні з внесенням нітрапірину та підживлення N_{30} на початку колосіння (вар. 9). 32 303 грн/га чистого прибутку було отримано за внесення $N_{23}P_{60}K_{60}$(діамофоска) + N_{67}(амонійна селітра) та N-Lok Макс (у фазі відновлення вегетації) (разом N_{90} – вар. 13) і зборі такого ж обсягу врожаю зерна, як у варіанті 6. За економії 30 кг/га д.р. азоту ми отримали додатково 2 622 грн/га прибутку.

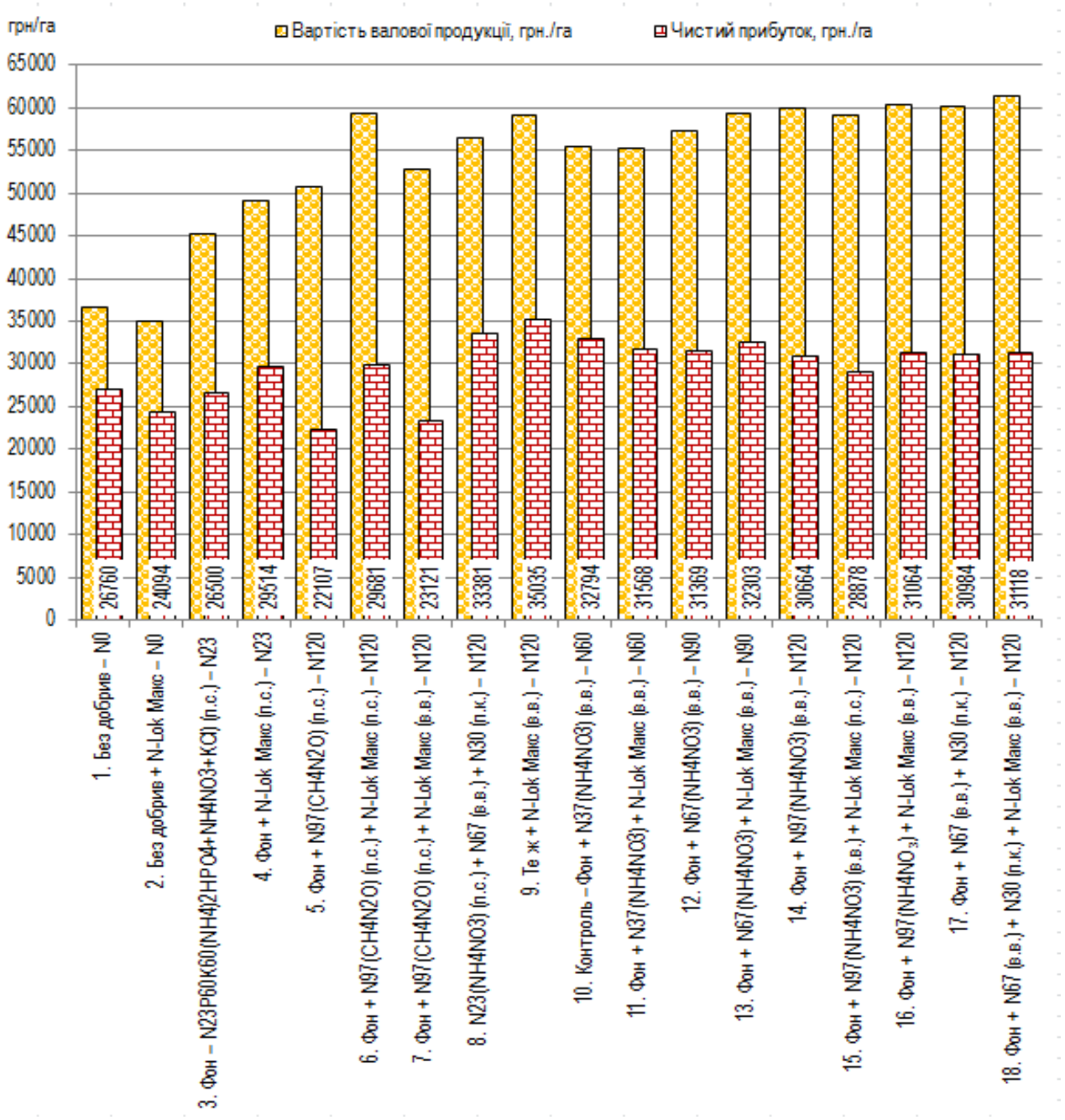

Рис. 1. Вартість врожаю і чистий прибуток від застосування добрив і N-Lock Макс

За проаналізованими критеріями робимо висновок, що внесення помірних збалансованих норм добрива $N_{60}P_{60}K_{60}$ ($N_{23}P_{60}K_{60}$(діамофоска) перед сівбою та N_{37} (амонійна селітра) з використанням N-Lok Макс (у фазі відновлення вегетації) є найвигіднішою системою удобрення, а нітрапірин є ефективним стабілізатором азоту в ґрунті за малих норм удобрення. Проте, за підвищення лише дози азоту тільки на 30 кг/га д. р. додаткові затрати зросли на аж 2 279 грн/га.

Вартість приросту врожаю (рис. 2) була найбільшою – 24 516 грн/га, за внесення $N_{23}P_{60}K_{60}$(діамофоска) + N_{67} (амонійна селітра) та N-Lok Макс (у фазі відновлення вегетації) (разом N_{90} – вар. 13) і за внесення $N_{23}P_{60}K_{60}$(діамофоска) + N_{97} (амонійна селітра) та N-Lok Макс (у фазі відновлення вегетації) (разом N_{120} – вар. 16) ще більшою – 24 996 грн/га.

Урожайність зерна ячменю озимого позитивно корелювала з обсягом додаткових коштів на використані агрохімікати (r = 0,68). Але максимальне збільшення витрат на агрохімічні засоби навіть за зростання доходів від урожаїв не підвищувало їхню окупність (рис. 3). Внесення

$N_{23}P_{60}K_{60}$(діамофоска) перед сівбою, як фону, показало найвищу окупність затрат на агрохімікати у досліді – 3,03 грн/грн. (вар. 3 і 4).

Відносно високу окупність витраченої однієї гривні на агрохімікати порівняно з контролем (вар. 10) N_{23} (амонійна селітра) (перед сівбою) + N_{37} (амонійна селітра) (у фазі відновлення вегетації) (разом N_{60}) показали системи удобрення без використання фосфорно-калійних добрив, але з поділом норми на N_{23} (амонійна селітра) (перед сівбою) + N_{67} (у фазі відновлення вегетації) + N_{30} (на початку колосіння) (разом N_{120}) – 2,49-2,56 грн/грн (вар. 8 і 9).

За системи удобрення $N_{23}P_{60}K_{60}$(діамофоска) перед сівбою + N_{37} (амонійна селітра) + N-Lok Макс (у фазі відновлення вегетації) (разом N_{60} – вар. 11) окупність однієї гривні затрат на добрива та інгібітор була вищою, ніж на усіх інших варіантах удобрення, за виключенням варіантів суто азотного удобрення ячменю озимого, і була лише на 0,27 грн меншою, ніж на контролі $N_{60}P_{60}K_{60}$ (вар. 10).

Загалом по досліду окупність затрат мала обернену кореляцію з приростом врожаю ячменю озимого – r = –0,76.

Отже за критерієм окупності додаткових затрат на агрохімікати привабливі результати показали системи удобрення без використання фосфорно-калійних добрив, але з поділом норми на N_{23} (амонійна селітра) (перед сівбою) + N_{67} (у фазі відновлення вегетації) + N_{30} (на початку колосіння) (разом N_{120}) (вар. 8 і 9).

Рентабельність вирощування високих врожаїв – важливий економічний показник. Найнижчий рівень рентабельності у досліді показали системи удобрення ячменю озимого при використання високовартісного карбаміду, як азотного добрива, за норми азоту N_{120} (рис. 4 – вар 5, 6 і 7). Проте, варто зазначити, що додаткове внесення з карбамідом під передпосівну культивацію стабілізатора азоту підвищувало рентабельність виробництва зерна на 23,1%.

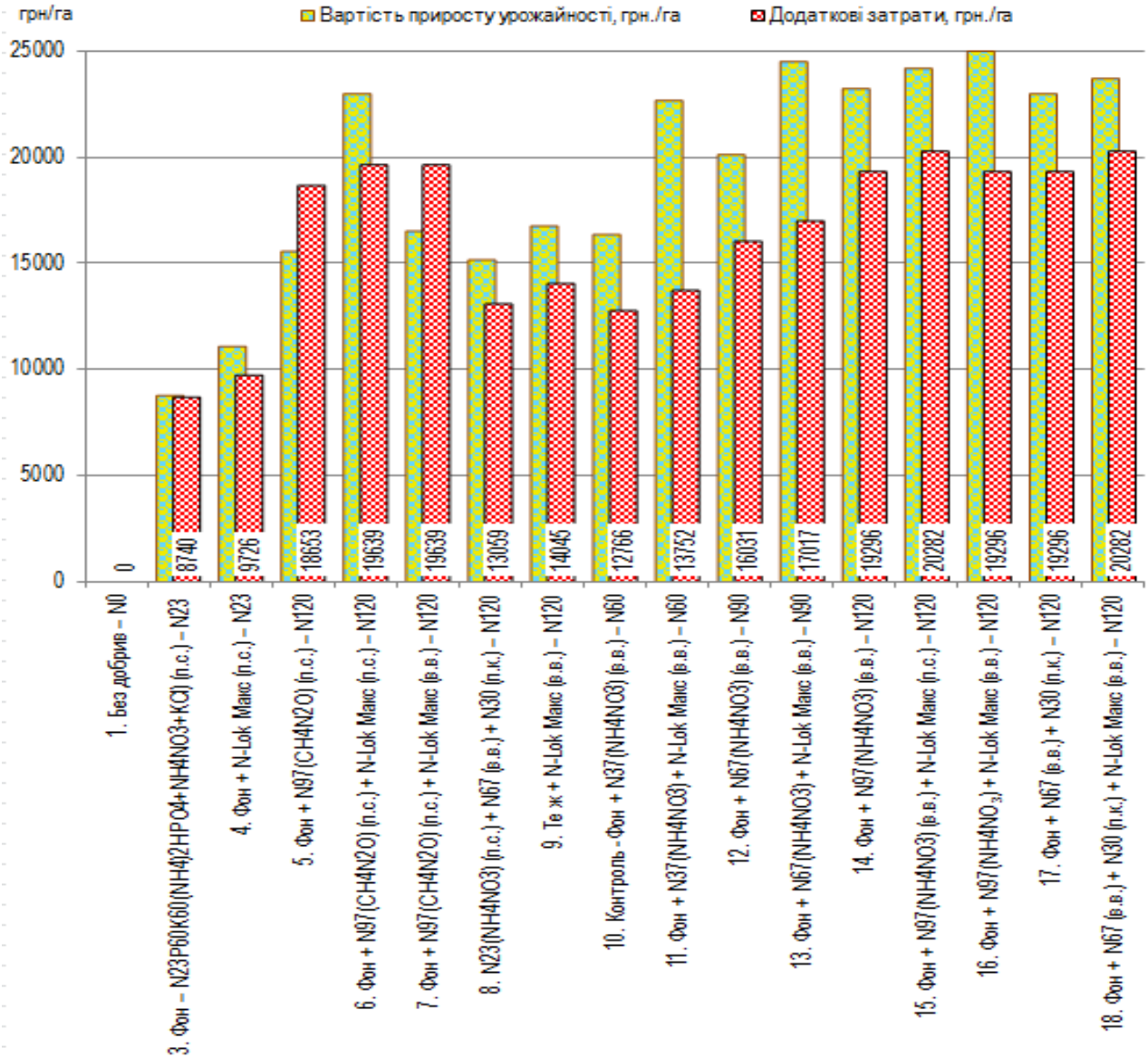

Рис. 2. Вартість приросту врожаю та додаткові затрати від застосування добрив і N-Lock Макс

Внесення під ячмінь озимий амонійної селітри без використання фосфорно-калійних добрив, але з поділом норми на N_{23} (амонійна селітра) (перед сівбою) + N_{67} (у фазі відновлення вегетації) + N_{30} (на початку колосіння) (разом N_{120}), забезпечувало відносно високу рентабельність використання агрохімікатів (вар. 8 і 9 – 146,0-146,9%) порівняно з іншими середніми, підвищеними та високими фонами азотних добрив. Загалом у досліді врожайність негативно корелювала з рентабельністю виробництва – r = –0,78.

Математичне моделювання площини регресії обсягу чистого прибутку залежно від врожайності та суми додаткових витрат коштів на мінеральні добрива та нітрапірин (рис. 5) дозволило відобразити вагомішу позитивну роль росту врожаю ячменю озимого, порівняно зі слабшим негативним впливом зростання додаткових затрат.

Проте, сучасний ринок мотивує виробників зерна врахувати реальні затратних на прийоми вирощування культур, але ніяк не мотивує неоплачувані позитиви, які можуть виникати щодо покращення родючості ґрунтів та безпеки природного довкілля. Центральним критерієм є окупність чи прибутковість додаткових капіталовкладень.

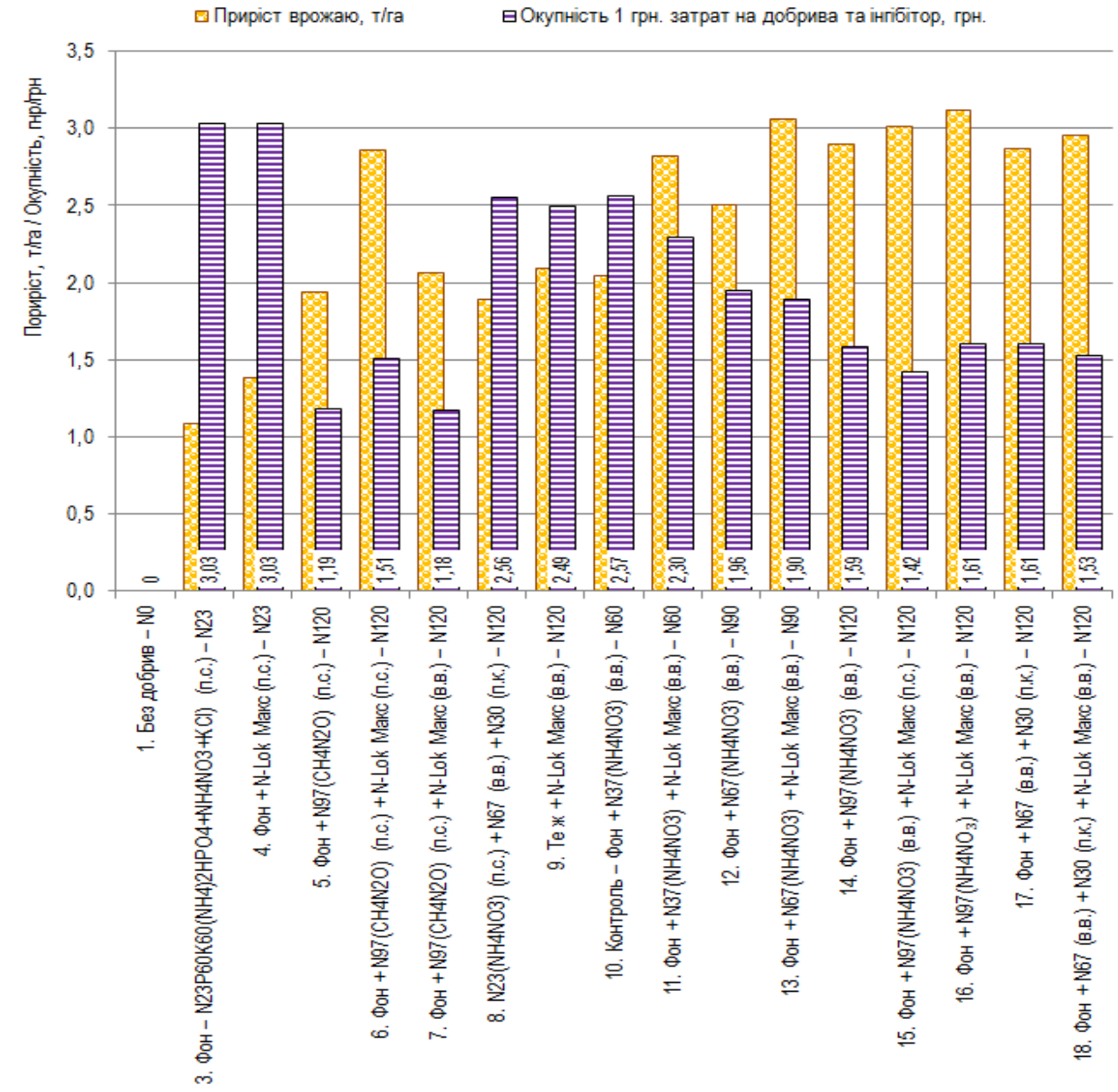

Рис. 3. Приріст врожаю та окупність застосування добрив і N-Lock Макс при вирощуванні ячменю озимого.

Проблема виникає і з часом загострюється ще і з тієї причини, що чинні методи економічного аналізу зерновиробництва ніяким способом не враховують цінність і вартість використовуваних виробником поживних речовин, що є в ґрунті в достатку, або в дефіциті. Не маючи стандартизованої вартості ресурсів родючості ґрунту, ми її не враховуємо у собівартості врожаю. Тому економічна оцінка використання ґрунтів, яка не враховує pH, доступні фонди азоту, фосфору, калію та інших поживних елементів, втрати їх від вимивання та емісії у формі парникових газів (N_2O) завжди буде спотвореною. Це призведе до повного виснаження ґрунтів, адже рентабельний врожай завжди найлегше отримати за мінімальних вкладень матеріальних цінностей та енергії у підтримання родючості ґрунту і його збереження у функціональному стані.

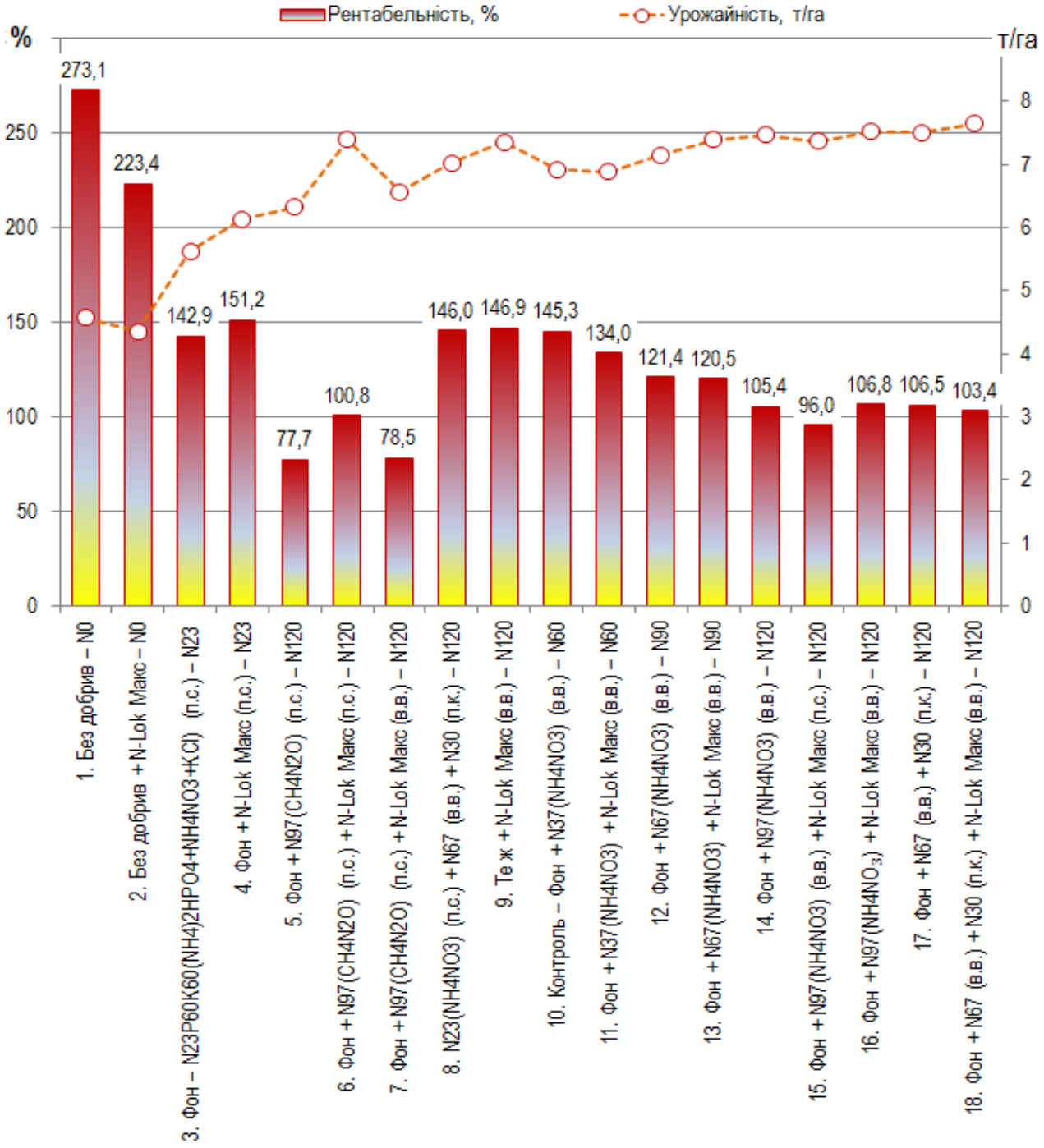

Рис. 4. Рентабельність застосування добрив і N-Lock Макс для підвищення врожаю ячменю озимого

Найнижчий рівень рентабельності серед систем удобрення ячменю озимого показали системи з використанням високовартісного карбаміду, як азотного добрива в нормі N_{120}. Проте, важливо наголосити, що поєднання внесення під передпосівну культивацію карбаміду і стабілізатора азоту підвищувало рентабельність виробництва зерна на 23,1%.

Внесення під ячмінь озимий амонійної селітри без використання фосфорно-калійних добрив, але з поділом норми N_{120} на N_{23} (перед сівбою) + N_{67} (у фазі відновлення вегетації) + N_{30} (на початку колосіння), забезпечувало відносно високу рентабельність використання агрохімікатів порівняно з іншими середніми, підвищеними та високими фонами збалансованого удобрення.

Економічна оцінка вирощування зерна ячменю озимого, основним засобом якого є ґрунти, жодним чином не враховує зміни в pH, виноси з ґрунтів доступних ресурсів азоту, фосфору, калію та інших поживних елементів, втрати від вимивання їх із зони кореневої системи та емісії у формі парникових газів (N_2O). Тому розрахунок економічної ефективності за застарілими критеріями завжди буде спотворювати реальність і створювати ризики. З плином часу наступить повне виснаження ґрунтів, якщо зерновиробник буде прагнути найбільший прибуток отримати за мінімальних вкладень матеріальних ресурсів та енергії у підтримання родючості ґрунту і його збереження у функціональному стані.

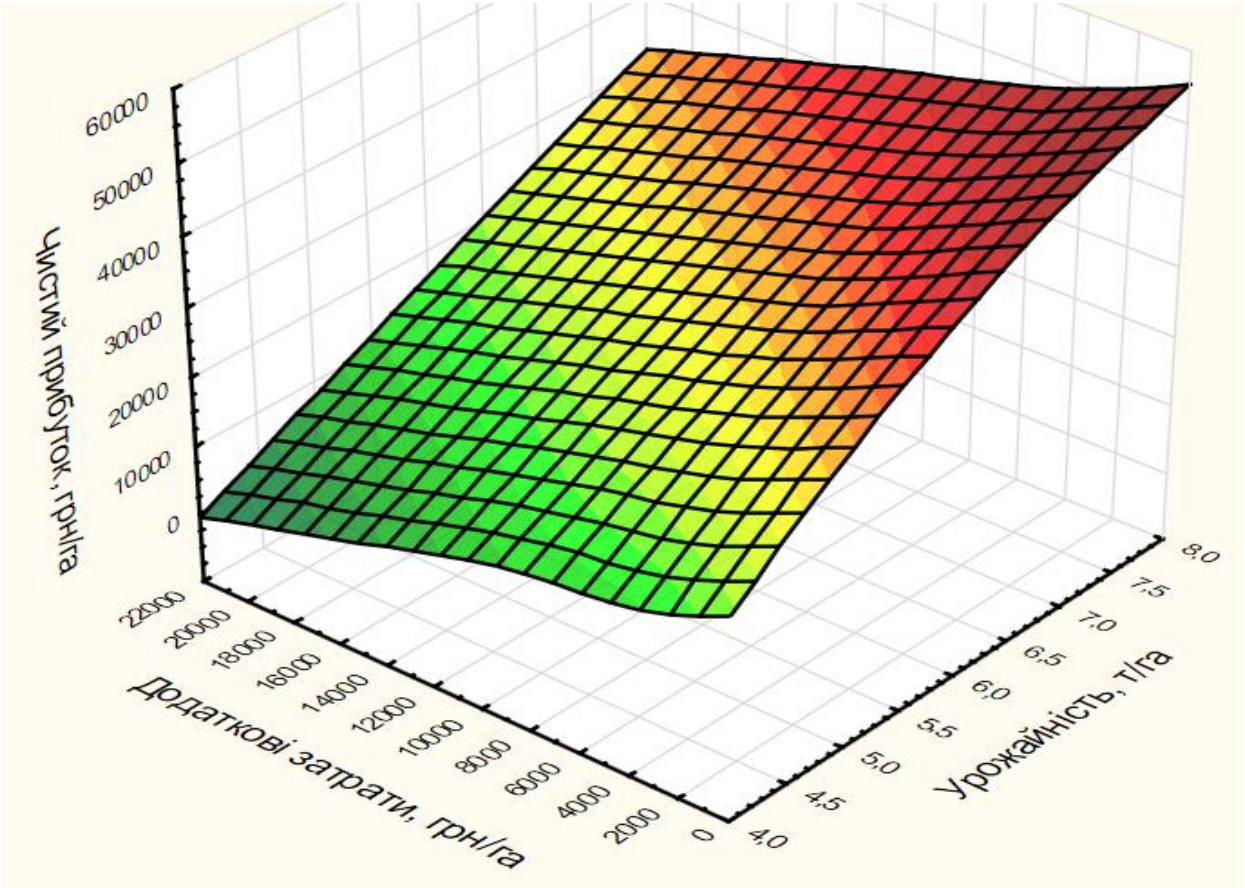

Рис. 5. Площина регресії обсягу чистого прибутку залежно від врожайності та додаткових витрат коштів на агрохімічні засоби

Висновки

За співвідношенням вартості валової продукції та чистого прибутку внесення помірних збалансованих норм добрива $N_{60}P_{60}K_{60}$ ($N_{23}P_{60}K_{60}$ перед сівбою та N_{37}) з використанням N-Lok Макс у фазі відновлення вегетації є найвигіднішою системою удобрення, а нітрапірин є ефективним засобом підвищення віддачі добрив завдяки стабілізації азоту в ґрунті й за інших їх норм і форм.

За показниками окупності додаткових затрат на агрохімікати привабливі результати показали системи удобрення без використання фосфорно-калійних добрив, але з поділом норми N_{120} амонійної селітри на N_{23} (перед сівбою) + N_{67} (у фазі відновлення вегетації) + N_{30} (на початку колосіння).

Список використаної літератури

Abalos, D, Jeffery, S, Sanz-Cobena, A, Guardia, G., Vallejo, A. (2014) Meta-analysis of the effect of urease and nitrification inhibitors on crop productivity and nitrogen use efficiency. Agric. Ecosyst. Environ. 189:136–144. doi.org/10.1016/j.agee.2014.03.036

Amberger, A. (1986) Potentials of nitrification inhibitors in modern N-fertilizer management. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkun. 149: 469-484. doi.org/10.1002/jpln.19861490410

Babulicová, M., Dyulgerova, B. (2018) Winter barley production in relation to crop rotations, fertilisation and weather conditions. Agriculture (Poľnohospodárstvo), 64.1: 35–44. doi.org/10.2478/agri-2018-0004

Beeckman F, Motte H, Beeckman T. (2018) Nitrification in agricultural soils: impact, actors and mitigation. Curr. Opin. Biotech.; 50:166–173. pmid: 29414056

Berhanu G., Kismányoky T., Sárdi K. (2013) Effect of nitrogen fertilization and residue management on the productivity of winter barley (Hordeum vulgare L.). Acta Agronomica Hungarica. 61(2): 101–111. doi.org: 10.1556/AAgr.61.2013.2.2

Byrne M. P., Tobin J. T., Forrestal P. J., Danaher M., Nkwonta Ch. Karl Richards G., Cummins E., Hogan S. A., O'Callaghan T. F. (2020) Urease and Nitrification Inhibitors – As Mitigation Tools for Greenhouse Gas Emissions in Sustainable Dairy Systems: A Review. Sustainability. 2020, 12, 6018; doi.org/ 10.3390/su12156018

Chambers B. J., Dampney P. M. R. (2009) Nitrogen efficiency and ammonia emissions from urea-based and ammonium nitrate fertilisers. Proc Intl Fert Soc, 657: 1–20

Ferguson R. B., Lark R. M., Slater G. P. (2003) Approaches to Management Zone Definition for Use of Nitrification Inhibitors. Journal series 13533. Soil Sci. Soc. Am. J. 67(3): 937–947. doi.org/ 10.2136/sssaj2003.9370

Fu Q., Abadie M., Blaud A. Carswell A., Misselbrook T. H., Clark I. M., Hirsch P. R. (2020) Effects of urease and nitrification inhibitors on soil N, nitrifier abundance and activity in a sandy loam soil. Biol Fertil Soils 56, 185–194. doi.org/10.1007/s00374-019-01411-5

Hess L. J. T., Hinckley E.-L. S., Robertson G. P., Matson P. A. (2020) Rainfall intensification increases nitrate leaching from tilled but not no-till cropping systems in the U.S. midwest. Agric. Ecosyst. Environ. 290:106747. doi.org/ 10.1016/j.agee.2019.106747

Hnativ P. S., Lytvyn O. F., Ivanyuk V. Ya., Lagosh N. I., Shestak V. G., Kotsyuba B. I. (2022) Creation and testing of software for statistical modeling of the probability of results of agronomic experiments. Bulletin of LNAU. Agronomy, 26: 157-162.

Horash O. S., Klymyshena R. I. (2020) Dependence of the malting properties of barley on the effect of foliar fertilization of plants with microfertilizers. Taurian Scientific Bulletin. No. 115. P. 24-32. (In Ukrainian)

Martin H. W., Graetz D. A., Locascia S. J., Hensel D. R. (1993) Nitrification inhibitor influences on potato. Agron. J. 85, 651-655. file:///D:/Downloads/agronj1993.00021962008500030024x.pdf

Martins M. R., Sant'Anna S. A. C., Zaman M., Santos R. C., Monteiro R. C., Alves B. J. R., Jantalia C. P., Boddey R. M., Urquiaga S. (2017) Strategies for the use of urease and nitrification inhibitors with urea: impact on N_2O and NH_3 emissions, fertilizer-N-15 recovery and maize yield in a tropical soil. Agric. Ecosyst. Environ. 247:54–62. doi.org/10.1016/j.agee.2017.06.021

Mykhaylov N. (1972) Mineral fertilizers and crops. Grain farming. 3: 26-29. (In Russia)

Noworolnik K., Leszczyńska D., Dworakowski T., Sułek A. 2009. Wpływ odmiany i nawożenia azotem na plonowanie jęczmienia ozimego. Fragm. Agron. 26(2): 89–95. URL: https://docplayer.pl/42933556-Wplyw-odmiany-i-nawozenia-azotem-na-plonowanie-jeczmienia-ozimego.html

Postnikova G. V. (1987) Analysis of economic activity of agricultural enterprises. K.: Higher education, 320 p. (In Russia)

Qin S. P., Hu C .S., Wang Y. Y., Li X. X., He X. H. (2010) Tillage effects on intracellular and extracellular soil urease activities determined by an improved chloroform fumigation. Method Soil Sci 175:568–572. doi.org/10.1097/SS.0b013e3181fa2810

Roche L., Forrestal P., Lanigan G., Richards K., Shaw L., Wall D. (2016) Impact of fertiliser nitrogen formulation, and N stabilisers on nitrous oxide emissions in spring barley. Agric. Ecosyst. Environ., 233:229–237. doi.org/10.1016/j.agee.2016.08.031

Singh S. N., Verma A. (2007) The potential of nitrification inhibitors to manage the pollution effect of nitrogen fertilizers in agricultural and other soils: A review. Environ. Rev., 9, 266–279. doi.org/10.1017/S1466046607070482

Tian D., Zhang Y., Zhou Y., Mu Y., Liu J., Zhang C., Lui P. (2017) Effect of nitrification inhibitors on mitigating N_2O and NO emissions from an agricultural field under drip fertigation in the North China Plain. Sci. Total Environ.; 598: 87–96. pmid:28437775. doi.org/ 10.1016/j.scitotenv.2017.03.220

Tuchapskyi O. R. (2002) Formation of harvest and barley depending on the sowing dates, sowing norms of the western forest-steppe of Ukraine: author's review. thesis for obtaining sciences. candidate degree with. of Sciences: spec. 06.01.09 "Vegetation". Kherson, 15 p. (In Ukrainian)

Tuchapskyi O. R. (2011) Improving the technology of growing winter barley is the key to obtaining high and stable grain yields. Village owner. No. 3/4. P. 21-23. (In Ukrainian)

Veha N. I. (2015) Change in the content of alkaline hydrolyzed nitrogen in dark gray podzolized soil under the influence of spring barley mineral fertilization. Agrochemistry and soil science. Issue 83. P. 100-104. URL: https://agrosoil.yolasite.com/resources/2015_AiG_83_pp_100-104_UA.pdf (In Ukrainian)

Veremeyenko S. I., Tkachuk S. O., Trusheva S. S. (2017) Productivity of new varieties of winter barley under mineral fertilization on dark gray podzolized soils. ZhNAEU Bulletin, No. 2 (61), vol.1. P.12-19. (In Ukrainian)

Zaman M., Nguyen M. L., Blennerhassett J. D., Quin B. F. (2008) Reducing NH_3, N_2O and NO_3-N losses from a pasture soil with urease or nitrification inhibitors and elemental S-amended nitrogenous fertilizers. Biol Fertil Soils 44:693–705. doi.org/10.1007/s00374-007-0252-4

Zhang M. Y., Wang W. J., Tang L., Heenan M., Xu, Z. H. (2018) Effects of nitrification inhibitor and herbicides on nitrification, nitrite and nitrate consumptions and nitrous oxide emission in an Australian sugarcane soil. Biol Fertil Soils, 54:697–706. doi.org/10.1007/s00374-018-1293-6

Veha N. I. Changes in the content of alkaline hydrolyzed nitrogen in dark gray podzolized soil under the influence of spring barley mineral fertilization. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo*. 2015. Issue 83. P. 104. URL: https://agrosoil.yolasite.com/resources/2015_AiG_83_pp_100-104_UA.pdf (In Ukrainian).

Veremeienko S. I., Tkachuk S. O., Trusheva S. S. Productivity of new varieties of winter barley under mineral fertilization on dark gray podsolized soils. Visnyk ZhNAEU. 2017. № 2 (61), vol.1. P.12-19. (In Ukrainian)

Hnativ P. S., Lytvyn O. F., Ivaniuk V. Ya., Lahush N. I., Shestak V. H., Kotsiuba B. I. Creation and testing of software for statistical modeling of the probability of the results of agronomic experiments. *Visnyk LNAU. Ahronomiia*. 2022, 26: 157-162.

Horash O. S., Klymyshena R. I. Dependence of the malting properties of barley on the effect of foliar feeding of plants with microfertilizers. Tavriiskyi naukovyi visnyk. 2020. №115. P. 24-32. (In Ukrainian)

Mykhailov N. Mineral fertilizers and harvest. Zernovoe khaziaistvo. 1972. 3: 26-29. (In russian)

Postnikova H. V. Analysis of economic activity of agricultural enterprises. K. : Vyshcha shkola., 1987. 320 c. (In russian)

Tuchapskyi O. R. Improving the technology of growing winter barley is the key to obtaining high and stable grain yields. Silskyi hospodar. 2011. №3/4. P. 21-23. (In Ukrainian)

Tuchapskyi O. R. Formation of harvest and barley depending on sowing dates, sowing norms of the western forest-steppe of Ukraine : avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia kand. s. h. nauk : spets. 06.01.09 «Roslynnytstvo». Kherson,, 2002. 15 p. (In Ukrainian)

COMPLEX ANALYSIS OF FEEDING EFFICIENCY OF WINTER BARLEY

P. Hnativ[1], V. Ivaniuk[1], V. Shestak[1], N. Vega[1], Yu. Olifir[2]
[1]Lviv National Environmental University,
Volodymyra Velykoho st., 1, Dubliany, Lviv district, Lviv region, 80381.
[2]Institute of Agriculture of the Carpathian Region of the National Academy of Sciences.

Experiments were conducted at the Lviv National University of Nature Management (LNUP – Dubliany) during 2020-2022 in the area of Pasmove Pobuzhzhia of the Western Forest-Steppe of Ukraine on a dark-gray podsolic light-loamy and low-humus soil. The purpose of the study was to establish the level of productivity depending on the fertilization system and the use of nitrapyrin and to give an economic assessment of the effectiveness of growing winter barley depending on the norms, forms of mineral fertilizers with the use of a nitrogen stabilizer for the introduction of rational elements of technology that are safe for the natural environment into crop production. The agrochemical properties of the soil were determined according to classical indicators. The use of urease inhibitor in the phase of restoration of vegetation on the background of phosphorus-potassium fertilizers contributed to the collection of 6.32-7.65 t/ha of grain, depending on the rate and form of nitrogen fertilizers and the year of the study. In general, the productivity of winter barley was correlated with nitrogen rates r = 0.76-0.81, the concentration of nitrates in the arable layer – with the rate of fertilizer application r = 0.88. Application of ammonium nitrate under winter barley without the use of phosphorus-potassium fertilizers, but with the division of the norm N_{120} into N_{23} (before sowing) + N_{67} (in the phase of vegetation recovery) + N_{30} (at the beginning of earing), ensured a relatively high profitability of the use of agrochemicals compared to other means, elevated and high backgrounds of balanced fertilizer. The calculation of the payback of fertilizers in the forms of diamofoska and urea (before sowing in the norm $N_{120}P_{60}K_{60}$), as well as nitrapyrin in the form of N-Lock Max, or ammonium nitrate with nitrapyrin in the phase of vegetation recovery showed the economic efficiency of these options for providing nitrogen nutrition to winter barley in the market situation for 2022 year. The economic evaluation of the cultivation of winter barley grains, the main means of which are soils, does not in any way take into account changes in pH, removal of available resources of nitrogen, phosphorus, potassium and other nutrients from the soil, losses from their leaching from the zone of the root system and emissions in the form of greenhouse gases (N_2O).

Keywords*:* mineral fertilizers, nitrates, phosphates, potassium, nitrapyrin, costs, profit, profitability

Отримано: 2.11.2022