УДК: 631.82/1/7:633.162: 631.416:631.95
DOI: 10.32782/2415-8240-2022-101-1-28-46

БІОМЕТРИЧНІ АСПЕКТИ І ФЕНОЛОГІЧНІ ЕТАПИ ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ ЯЧМЕНЮ ОЗИМОГО ПІД ВПЛИВОМ УДОБРЕННЯ ТА ІНГІБІТОРА НІТРИФІКАЦІЇ

В. Г. ШЕСТАК, *аспірант*
Львівський національний університет природокористування

Наведено результати трирічного дослідження системи удобрення ячменю озимого з поєднанням стабілізатора нітратів у темно-сірому опідзоленому ґрунті Пасмового Побужжя Лісостепу Західного. Встановлено, препарат N-Lok Макс, як інгібітор уреази, мав істотний вплив на формування врожаю та різну ефективність залежно від погодних умов застосування, форм і строків внесення азотних добрив. Завдяки сповільненню утворення нітратів вдалося отримати найвищий врожай зерна на високих фонах азотних та за помірних норм фосфорно-калійних добрив.

Ключові слова: *азот, висота ячменю, розвиток колоса, озерненість, стабілізатор азоту, врожай зерна*

Вступ. Поширення культури озимого ячменю в Україні потребує диференціального – зонального підходу до мінерального удобрення і, зокрема, азотного [5, 7, 10]. Азот стимулює ростові процеси у ключові фази онтогенезу – від кущення то колосіння, підвищуючи інтенсивність дихання і швидкість обміну речовин. Проте, надлишок азоту водночас спричинює ризик вилягання стеблестою за надмірного удобрення та несприятливої погоди [6, 19, 20, 28]. Максимальне використання азоту озимим ячменем припадає на період від фази кущіння (BBCH 25–29) до кінця фази виходу в трубку BBCH 31 [4, 13]. B. Barczak [26] досліджував живлення озимого ячменю у п’яти етапах онтогенезу: кущіння, стеблування, викид колоса, налив зерна та дозрівання. Результати показали, що вміст N, P, K, Ca, Mg і Na в надземній фітомасі озимого ячменю зменшувався на наступних фенологічних стадіях від кущення до воскової стиглості.

На умови живлення озимих культур, зокрема мікробіологічну активність ґрунтів, і просування сортів інтенсивного типу вагомо впливають зміни мезоклімату природно-кліматичної зони Лісостепу Західного. Вони посприяли масовому просуванню на північ навіть таких теплолюбних культур, як соняшник, кукурудза і соя [37]. За спостереженнями синоптиків підвищення середньорічної температури на 1°С зміщує межу кожної з агрокліматичних зон у середньому на 100 км на північ. Є висновки метеорологів, що температура зросла вже на 2°С. Тож межа кліматичних зон, ймовірно, змістилася майже 200 км [2]. Тому традиційні рекомендації щодо удобрення ячменю озимого, як і інших озимих, за такої ситуації втрачають актуальність

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В умовах Степу Північного

України, за даними Інституту зернового господарства найвищу прибавку урожаю 0,56–0,86 т/га сорту озимого ячменю Достойний отримали за рівня мінерального живлення $N_{60}P_{60}K_{60}$. При цьому найвищими були маса колоса і маса 1000 насінин. Доведено також, що за весняного посіву сорту урожайність знижується на 40-70% [1].

M. Babulicová і B. Dyulgerova [25] в експериментах Дослідної станції Боровце (Болгарія) встановили, що клімат потужним фактором, який впливає на врожайність зерна і компоненти врожаю озимого ячменю. Відмінності в урожайності озимого ячменю, залежно від погоди в окремі роки, сягали 2,19 т/га (4,9 %). Іншим дуже важливим є фактор удобрення. Автори дослідили, що у 2010–2015 роки за внесення мінеральних добрив та гною середня прибавка урожай зерна озимого ячменю становила 0,41 т/га (7,7 %), і була істотно вищою, ніж при внесенні лише мінеральних добрив.

H. Pfab та інші [36] виявили, що екстремальні погодні явища, зокрема, тривалі періоди посухи й рясних опадів, частота проявів яких останнім часом зростає, провокуючи зміни активності й складу ґрунтової мікрофлори, призводять до різкої втрати азоту через газову емісію та вилуговування нітратів [36, 38, 30].

G. Berhanu, T. Kismányoky і K. Sárdi [27] повідомляли, що застосовували п'ять норм азотних добрив. Середня висота рослин, урожай зерна та соломи були істотно вищими ($P<0,05$) під впливом головного фактору – внесення азоту й органічних добрив, Проте, взаємодія факторів була незначною. Найвищий урожай зерна порівняно з контролем – 103%, був отриманий за норми азоту 120 кг.

K. Noworolnik, D. Leszczyńska, T. Dworakowski і A. Sułek [35] провели польові експерименти у період 2005–2007 рр. у (Białostock, Польща) для визначення реакції сортів озимого ячменю на підживлення азотом: 0, 35, 70 та 105 кг/га д.р. Урожайність сортів з нормою N 70 кг/га та 105 кг/га була близькою. Удобрення азотом сприятливо вплинуло на кількість колосків на одиниці площі, але не вплинуло на масу 1000 зерен.

За результатами досліджень В. Лихочвора і М. Матковської [11] на чорноземах типових Лісостепу Західного встановлено істотний вплив регуляторів росту на формування таких структурних елементів урожаю як маса зерна колоса і маса 1000 насінин. Серед досліджуваних сортів найвищу продуктивність отримали у сорту Хайлайт (7,86–8,62 т/га) на варіанті із дворазовим застосуванням Хлормекват-хлорид+Медакс-топ за рахунок збільшення маси 1000 насінин і маси колоса. У Лісостепу Північному у подібних дослідах оптимальної регуляції висоти рослин вдалося досягти на варіанті застосування Хлормекватх-лорид, 1,5 л/га у фазі ВВСН 31 та Медакс-топ, 1 л/га у фазі ВВСН 37–39. Різниця з контролем залежно від сорту сягала 11,4–16,4 см. Урожайність сорту Вінтмальт була найвищою на високому фоні мінеральних добрив – $N_{120}P_{90}K_{120}$ [11].

Як бачимо з огляду літературних джерел, питання формування урожайності зерна ячменю озимого, структурних елементів врожайності під

впливом мінеральних добрив, застосування їх різних норм і форм внесення у Західному Лісостепу вивчені ще недостатньо і часто є суперечливими. Застосування стабілізаторів азоту поки що перебуває на стадії маркетингової реклами [24]. Більшість досліджень проведені в інших природно-кліматичних зонах України – Лісостепу Центральному [8, 20], Лісостепу Лівобережному у Степу [23] і в районах Теплого Поділля [5].

Отже вивчення впливу мінерального живлення на продуктивність сучасних сортів ячменю озимого є актуальним на теперішньому етапі розвитку агровиробництва.

Методика досліджень. Досліди провели упродовж 2019-2022 років на дослідному полі Львівського національного університету природокористування (ЛНУП). Польові експерименти здійснили за традиційною методикою в агрономії [19]. На дослідній ділянці ґрунт – темно-сірий лісовий опідзолений легкосуглинковий слабогумусований – Greyic Luvic Phaeozem (WRB, 2015) [29]. Вміст легкогідролізного азоту за методом Корнфілда (ДСТУ 7863:2015) у товщі 0–20 см становить 65–70 мг/кг ґрунту. Вміст нітратного азоту визначали потенціометрично за допомогою йонселективного нітратного електрода у сольовій витяжці 1% розчину алюмокалієвого галуну при співвідношенні ґрунту до розчину 1:2,5. Рухомі сполуки фосфору й обмінного калію визначали за Чіріковим (ДСТУ 4115-2002) і їх вміст перед закладкою досліду становить відповідно 43–45 мг/кг ґрунту та 34–36 мг/кг ґрунту у пласті 0–20 см. Аналізи виконали на базі філіалу кафедри агрохімії та ґрунтознавства ЛНУП в Інституті сільського господарства Карпатського регіону НААН. Проби ґрунту відбирали і готували до аналізів згідно з ДСТУ ISO 11464:2001.

Для експериментування з нормами і формами азотних добрив і внесенням нітрапірину розробили схему дослідження, яка показана в таблиці 1.

Технологія вирощування ячменю озимого була використана традиційна: оранка на 20–22 см, внесення добрив – діамофоски ($(NH_4)_2HPO_4$+NH_4NO_3+KCl – $N_{10}P_{26}K_{26}$) під передпосівну культивацію в нормі згідно, сівба сортом Хайлайт в оптимальні терміни з рекомендованою нормою висіву насіння 3,8 млн зерен на га. Карбамід (CH_4N_2O – N_{46}) вносили під передпосівну культивацію в нормі згідно схеми досліду. Частина азотних добрив у формі аміачної селітри (NH_4NO_3 – N_{34}) була внесена весною при відновленні вегетації, частина – перед початком колосіння (в нормах згідно схеми досліду). Інгібітор нітрифікації N-Lock Макс, вносили за схемою досліду у нормі 1,2 л/га. Контролем був варіант 10 системи удобрення (табл.1).

Фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин ячменю здійснювали згідно рекомендацій В. О. Єщенка [19]. Початком фази фіксували період, коли у неї вступало не менше 10% рослин, повну фазу, коли вона наставала у 75% рослин [33].

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

Табл. 1. Схема польового експерименту упродовж 2019-2022 рр.

№ варіанту	Зміст систем удобрення	N, кг/га д.р.
1	Без добрив	0
2	Без добрив + N-Lok Макс	0
3	Фон – $N_{23}P_{60}K_{60}(NH_4)_2HPO_4+NH_4NO_3+KCl$) (перед сівбою)	23
4	Фон + N-Lok Макс (перед сівбою)	23
5	Фон + N_{97}(CH4N2O) (перед сівбою)	120
6	Фон + N_{97}(CH4N2O) + N-Lok Макс (перед сівбою)	120
7	Фон + N_{97}(CH4N2O) + N-Lok Макс (відновлення вегетації)	120
8	N_{23}(NH4NO3) (перед сівбою) + N_{67} (відновлення вегетації) + N_{30} (початок колосіння)	120
9	Те ж + N-Lok Макс (відновлення вегетації)	120
10	Фон + $N_{37}(NH_4NO_3)$ (відновлення вегетації) (***контроль***)	60
11	Фон + $N_{37}(NH_4NO_3)$ + N-Lok Макс (відновлення вегетації)	60
12	Фон + $N_{67}(NH_4NO_3)$ (відновлення вегетації)	90
13	Фон + $N_{67}(NH_4NO_3)$ + N-Lok Макс (відновлення вегетації)	90
14	Фон + $N_{97}(NH_4NO_3)$ (відновлення вегетації)	120
15	Фон + $N_{97}(NH_4NO_3)$ (відновлення вегетації) + N-Lok Макс (перед сівбою)	120
16	Фон + $N_{97}(NH_4NO_3)$ + N-Lok Макс (відновлення вегетації)	120
17	Фон + N_{67} (відновлення вегетації ї) + N_{30} (початок колосіння)	120
18	Фон + N_{67} (відновлення вегетації) + N_{30} (початок колосіння) + N-Lok Макс (відновлення вегетації)	120

Результати досліджень. За даними державної метеостанції “Львів” за історичний період метеоспостережень безморозний період в околицях Львова триває 156 діб, останні заморозки бувають орієнтовно 24.05, перші – 15.09 [18). Середньобагаторічна температура повітря [31] – 7,5°С, середньомісячна за липень – 17,5°С, за січень – –4,5°С. Середня глибина промерзання ґрунту становила 27 см, максимальна – 85 см [17].

Річна сума середньобагаторічних опадів становить 738 мм., на липень припадає 102 мм [18, 31]. Проте, останніми десятиліттями кліматична ситуація на Львівщині помітно змінюється. З півночі, північного сходу та зі сходу повторюваність вітрів у Львові найменша і становить відповідно 6, 7 та 9%.

За нашими спостереженнями [16] середньорічна температура повітря упродовж 2010-2022 років становила 9,0 проти 8,6°С у 2001-2015 роках. Безморозний період в середньому становив 165 днів і дещо збільшився. Отже, кліматичні умови в останні десятиліття, що передували нашим дослідженням, були загалом типовими для заходу України з тенденцією до потепління мезоклімату.

Поліноміальні моделі регресії динаміки температури та зволоження

упродовж 2010–2020 років дозволяють стверджувати про чітку тенденцію до потепління клімату за показником середньорічної температури повітря $y_т$. Рівняння

$$y_т = -0{,}0058x^2 + 0{,}1326x + 8{,}4273 \quad (1)$$

має коефіцієнт апроксимації фактичних показників і теоретичної кривої R^2=0,25.

Регресійна модель динаміки опадів $y_{оп}$ за 2011-2020 роки, якщо відхилити аномально вологий 2010 рік, описуються рівнянням

$$y_{оп} = -5{,}2572x^2 + 66{,}817x + 575{,}39 \quad (2)$$

за R^2 = 0,40.

Отже чотирирічні дослідження систем удобрення озимого ячмені тривали в умовах трансформації мезоклімату Пасмового Побужжя [3]. В час сівби ячменю озимого середня температура жовтня 2019 і 2020 років була доволі високою – 10,3-10,8°С. 2021 рік був на 2°С прохолоднішим. Подобове спостереження показало, що температура восени 2019 року упродовж майже усього жовтня підвищувалася упродовж дня до 20-28°С. Це добре посприяло дії бактерицидного препарату N-Лок Макс, внесеного до сівби. 2020 року у жовтні температура знижувалася стрімкіше, а 2021 року – в цей час була стабільнішою.

Короткочасні дощі випадали тільки у дні сівби, що сприяло дружним сходам 2019 року. 2020 року до сівби спостерігали сильні, а після сівби – помірні дощі, що стимулювало появу сходів (незважаючи на нижчу температуру) і добрий ріст ячменю озимого. Проте, низька температура не сприяла пригніченню мікробіоти нітрапірином, а значить сповільненню синтезу уреази і процесів нітрифікації. За таких умов виникає ризик втрати азоту добрив через вилугування нітратів і емісію закису азоту [34, 32]. 2021 рік мав бездощовий жовтень, проте потужні дощі вересня створили достатньо сприятливі умови для старту осінньої вегетації ячменю озимого, хоча умови дії нітрапірину були гірші від попередніх років.

Відновлення вегетації ячменю озимого починалося в березні кожного року (табл. 2). Проте за найтеплішої весни 2020 року вегетація відновилася 01.03, за холодної 2021 року – 09.03.2021 та весною 2022 року з низькими мінімальними і від’ємними температурами – аж 14.03.

Упродовж трьох років у період від формування першого вузла до стиглості (початок травня) тривав стрімкий ріст середньої температури повітря, яка була щоразу вищою від 2020 (10,8°С) до 2021 (12,7°С) та 2022 (14,1°С) року (табл. 3). Аж до фази достигання зерна ячменю озимого були щораз тепліші умови вегетації.

2020 рік мав найвологіший травень із сумою 148 мм опадів, а 2022 року цей місяць був найсухішим з 21 мм опадів. 2020 року червень був найбагатшим на дощі – 140 мм, і вельми сприятливим він був 2021 року – 94 мм опадів. За осінньо-зимові 8–12-ий місяці випало у 2020 році 276 мм, у 2021 році – 265 мм і у 2022 р. 362 мм опадів. За перших 7 місяців 2020 року – 526 мм, 2021 року – 450 мм і 2022 року випало лише 272 мм опадів.

Табл. 2. Фенологічні етапи росту й розвитку ячменю озимого в погодних умовах 2019-2022 років

Фаза вегетації (сівба – збирання)	Дати настання фаз вегетації		
	2019–2020 р.	2020–2021 р.	2021–2022 р.
Сівба	10.10.2019	13.10.2020	06.10.2021
Початок сходів – ВВСН 10	23.10.2019	28.10.2020	17.10.2021
Припинення вегетації – ВВСН 22–24	01.12.2019	30.11.2020	02.12.2021
Відновлення вегетації весна	01.03.2020	09.03.2021	14.03.2022
Кущіння ВВСН 25–29	09.04.2020	08.04.2021	11.04.2022
Початок виходу в трубку – ВВСН 30	26.04.2020	28.04.2021	27.04.2022
Перший вузол – ВВСН 31	01.05.2020	07.05.2021	03.05.2022
Третій вузол – ВВСН 33	13.05.2020	14.05.2021	15.05.2022
Колосіння – ВВСН 51	28.05.2020	25.05.2021	30.05.2022
Цвітіння 50 % – ВВСН 65	07.06.2020	30.05.2021	04.06.2022
Кінець цвітіння – ВВСН 69	13.06.2020	05.06.2021	12.06.2022
Молочна стиглість – ВВСН 75	19.06.2020	17.06.2021	23.06.2022
Повна стиглість – ВВСН 90	30.06.2020	30.06.2021	03.07.2022
Збирання	04.07.2020	05.07.2021	07.07.2022

Табл. 3. Тривалість міжфазних періодів відповідно до фенологічних етапів росту й розвитку ячменю озимого в погодних умовах 2019-2022 років

Інтервал	Тривалість міжфазних періодів, діб		
	2019–2020 р.	2020–2021 р.	2021–2022 р.
Сівба – початок сходів (ВВСН 10)	13	15	11
Припинення вегетації (ВВСН 22–24) – відновлення вегетації весна	39	41	36
Кущіння (ВВСН 25–29) – початок виходу в трубку (ВВСН 30)	39	38	18
Початок виходу в трубку (ВВСН 30) – перший вузол (ВВСН 31)	17	24	16
Перший вузол (ВВСН 31) – третій вузол (ВВСН 33)	5	9	6
Третій вузол (ВВСН 33) – колосіння (ВВСН 51)	12	7	12
Колосіння (ВВСН 51) – цвітіння 50 % (ВВСН 65)	15	11	15
Цвітіння 50 % (ВВСН 65) – кінець цвітіння (ВВСН 69)	10	5	5
Кінець цвітіння (ВВСН 69) – молочна стиглість (ВВСН 75)	6	6	8
Молочна стиглість (ВВСН 75) – повна стиглість (ВВСН 90)	6	12	11
Повна стиглість (ВВСН 90 – Збирання	11	13	10

Враховуючи, що річна сума середньобагаторічних опадів, тобто кліматична норма становить 738 мм, а липнева 102 мм, дефіциту вологи ячмінь озимий у роки досліджень не відчував. Не було упродовж вегетації аномально холодних чи аномально спекотних тривалих періодів. Не було довгих періодів бездощів'я, які би стримували реалізацію біотичного потенціалу сорту Хайлайт. Тому робимо висновок, що усі чотири роки досліджень були дуже сприятливими для формування врожаю зерна, який виявився стабільно високим упродовж 2020–2022 років.

Проте, є певні відмінності у тривалості фаз вегетації ячменю озимого по роках. Наприклад у вегетацію 2021–2022 року кущіння тривало рекордно короткий період. Найдовше тривала фаза цвітіння упродовж літа 2021 року через низьку квітневу середньомісячну температуру 5,9°С.

Такі біометричні середні показники, як висота стеблестою, довжина колоса та кількість зернин у колосі, надають інформацію для розуміння біологічної природи врожаю, який сформувався на різних фонах мінерального, зокрема азотного живлення, та дії інгібітора нітрифікації уреази. Найменша висота рослин ячменю озимого виявилася на неудобреному варіанті, на якому вносили нітрапірин – 86,6 см (рис. 1).

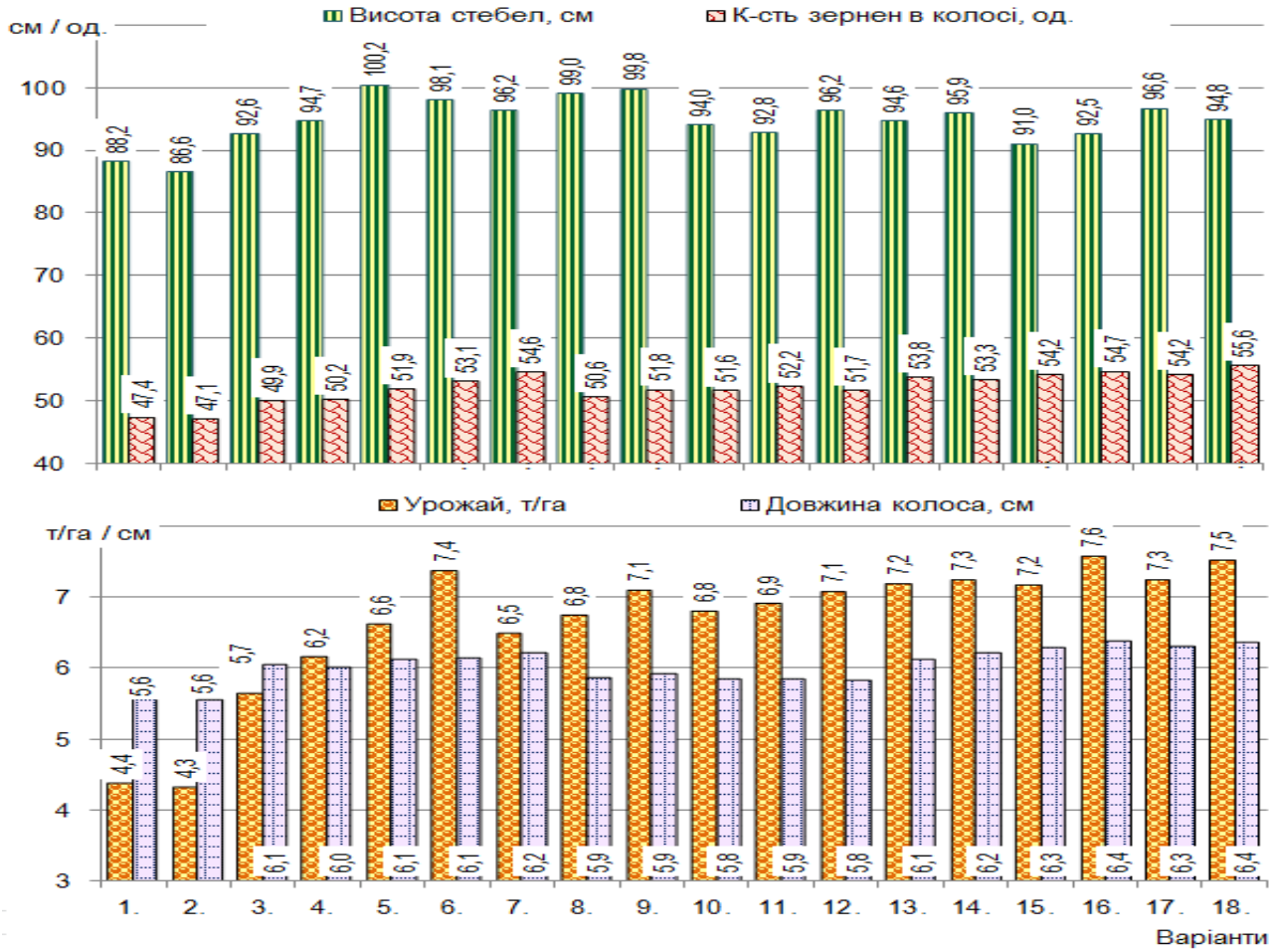

Рис. 1. Залежність висоти рослин ячменю озимого та біометричних параметрів колоса від системи удобрення і застосування нітрапірину у 2020 р.

Це свідчить про вагомий вплив пригнічення нагромадження нітратів, що на неудобреному фоні ще більше обмежило можливість нітратного живлення рослин.

Застосування нірапірину спричинювало зменшення висоти росли за внесення $N_{23}P_{60}K_{60}(NH_4)_2HPO_4+NH_4NO_3+KCl)$ (перед сівбою) + $N_{97}(CH_4N_2O)$ (перед сівбою) + N-Lok Макс (як перед сівбою, так і при відновленні вегетації весною – вар. 6 і 7), порівняно з таким же фоном удобрення, тільки без нітрапірину (вар. 5).

Загалом найбільша висота стеблестою встановлена на варіантах максимального азотного удобрення із сумарною нормою N_{120} – вар. 5, 8, 9 і 17. Нітрапірин не завадив ростові рослин у висоту лише у варіанті, де ми не вносили фосфорно-калійних добрив – $N_{23}(NH_4NO_3)$ (перед сівбою) + N_{67} (у відновлення вегетації) + N_{30} (початок колосіння) за сумарної норми N_{120}.

Ні внесення нітрапірину, ні дроблення норми азоту на три дози не стримали ріст рослин у висоту. Проте, сприятлива погода і використання ретарданта не спричинили вилягання. Це забезпечило належну продуктивність культури і віддачу добрив. Норма азотного удобрення N_{120} забезпечила формування найдовшого колоса – від 6,2 до 6,4 см. Використання нітрапірину як з осені, так і весною на високому фоні азотного живлення та внесення з осені фосфорно-калійних добрив дозволило отримати на цих варіантах колос довжиною 6,3–6,4 см.

Кількість зернин у колосі змінювалася залежно від системи удобрення ячменю озимого. Інгібітор нітрифікації на неудобреному фоні зумовив зменшення кількості зерен в колосі. На всіх інших варіантах системи удобрення дія нітрапірину була тільки позитивною. Найбільша кількість зерен утворювалася на фоні норми N_{120} і мало залежала від термінів внесення азоту. Без фосфорно-калійного фону $N_{23}P_{60}K_{60}(NH_4)_2HPO_4+NH_4NO_3+KCl)$ (перед сівбою) внесення тільки азотних добрив $N_{23}(NH_4NO_3)$ (перед сівбою) + N_{67} (у відновлення вегетації) + N_{30} (у початок колосіння) за сумарної норми N_{120} зумовило утворення лише 50,6 зернини в колосі, а з нітрапірином 51,8 зернини.

Статистичний аналіз показав, що найбільше позитивно корелює з урожайністю ячменю озимого кількість зерен у колосі – r = 0,94. Довжина колоса і урожайність мають тісну, але дещо меншу кореляцію – r = 0,82. Довжина колоса та озерненість тісно пов’язані r = 0,89.

Різний рівень реалізації елементів урожайності відбувається відповідно до закону компенсації. Зі збільшенням норми висіву формується більше продуктивних стебел, але зменшується озерненість колоса [17, 14, 15]. Система удобрення значно вагоміше впливає на формування параметрів колоса та стеблестою.

Як свідчать результати наших дослідів, пригнічення нітрифікації інгібітором уреази на два-чотири тижні сприяє утворенню великого озерненого колоса за певного стримування росту рослин у висоту. Нагадаємо, це відбувалося на тлі дії антигібереліновогo ретарда́нта – синтетичного регулятора росту і розвитку ячменю озимого, що був внесений для запобігання виляганню

стеблестою у несприятливу погоду.

Зернові культури, зокрема ячмінь озимий настільки добре реагує на рівень забезпечення азотом та іншими основними елементами та мікроелементами, що його легко можна відстежувати візуально. За достатньої асиміляції азоту посилюється інтенсивність зеленого забарвлення листків та стебел, оскільки зростає кількість хлорофілу у пластидах. Це сприяє підвищеній фотосинтетичній активності та росту потужної вегетативної маси.

Стан посівів упродовж весняно-літньої вегетації (табл. 3) оцінювали за п'ятибальною системою [10, 19].

Табл. 3. Візуальна оцінка загального стану посіву ячменю озимого у середньому за 2020-2022 роки

№ варіанта	Фази розвитку				Середній бал
	Відновлення вегетації	Кущіння	Вихід в трубку	Формування зерна	
1.	1,5	3,0	3,0	3,0	2,6
2.	1,5	3,0	3,0	3,0	2,6
3.	2,0	3,5	3,0	3,5	3,0
4.	1,5	3,5	3,0	3,5	2,9
5.	3,0	3,5	3,5	4,5	3,6
6.	**3,5**	**4,5**	**4,0**	**5,0**	**4,3**
7.	3,0	4,5	4,0	4,5	4,0
8.	2,5	4,0	5,0	4,0	3,9
9.	2,5	4,0	4,5	4,0	3,8
10.	3,0	4,0	4,0	4,0	3,8
11.	3,0	4,0	4,0	4,5	3,9
12.	3,0	4,0	5,0	4,5	4,1
13.	2,5	4,0	5,0	4,5	4,0
14.	**3,5**	**4,0**	**5,0**	**5,0**	**4,4**
15.	**3,5**	**4,0**	**5,0**	**5,0**	**4,4**
16.	3,0	3,5	4,5	4,5	3,9
17.	3,0	3,5	4,5	5,0	4,0
18.	3,0	3,5	4,5	5,0	4,0

У середньому за 2019–2022 роки дослідження на час відновлення вегетації стан посіву ячменю озимого без внесення добрив (вар. 1 і 2), з мінімальним азотним удобренням $N_{23}P_{60}K_{60}$ (вар. 3) та в внесенням на цих варіантах інгібітора нітрифікації N-Лок Макс оцінювали на 1,5–2,0 бала (табл. 3).

Забарвлення листкової поверхні було дещо хлоротичним, що пояснюємо дефіцитом азоту і калію рослинах, а також дією стабілізатора азоту, який призупиняв нітрифікацію, а відповідно ресурс легкозасвоюваного азоту в ґрунті.

За внесення добрив розвиток рослин поліпшувався до рівнів 3,0–3,5 бала. У період активного росту культури зокрема, у фазі виходу в трубку стан ячменю

озимого істотно покращувався кожного року досліджень. На ділянках, де норма азотних добрив становила N_{90-120}, загальний стан посівів відповідав максимальному рівню якості (5,0 бала) на більшості ділянок. Рослини ячменю озимого мали темно-зелене забарвлення, що свідчить про активну асиміляцію азоту, фосфору і калію, незважаючи на стримуючу на певних варіантах нітрифікацію, дію інгібітора. Такі посіви мали оптимальну густоту й вирівняність стеблостою, розвинутий листковий апарат.

Аналізуючи стан посіву за вегетаційний період можна підсумувати, що найкращий розвиток спостерігали на варіантах із застосуванням фону ($N_{23}P_{60}K_{60}$) + $N_{97}(NH_4NO_3)$ (відновлення вегетації), фону + $N_{97}(NH_4NO_3)$ (відновлення вегетації) + N-Лок Макс (перед сівбою). Добрий і відмінний стан ячменю озимого спостерігали у варіанті сумісного внесення фону + $N_{97}(CH_4N_2O)$ та інгібітора уреази восени. Стан посіву оцінювали 4,5 балами від фази кущіння до 5,0 балами при формуванні зерна.Зниження норми азотних добрив до N_{90} не мало значного впливу й у середньому за роки дослідження якість посіву відповідала 4,0–4,1 бала. Застосування стабілізатора азоту N-Лок Макс з осені давало кращий візуальний результат щодо якості посівів порівняно із застосуванням його весною.

Без мінеральних добрив у Пасмовому Побужжі Лісостепу Західного на темно-сірому лісовому опідзоленому легкосуглинковому середньогумусованому ґрунті можна збирати 4,37–4,77 т/га зерна, залежно від умов року за умови виконання усіх інших прийомів агротехніки (рис. 2).

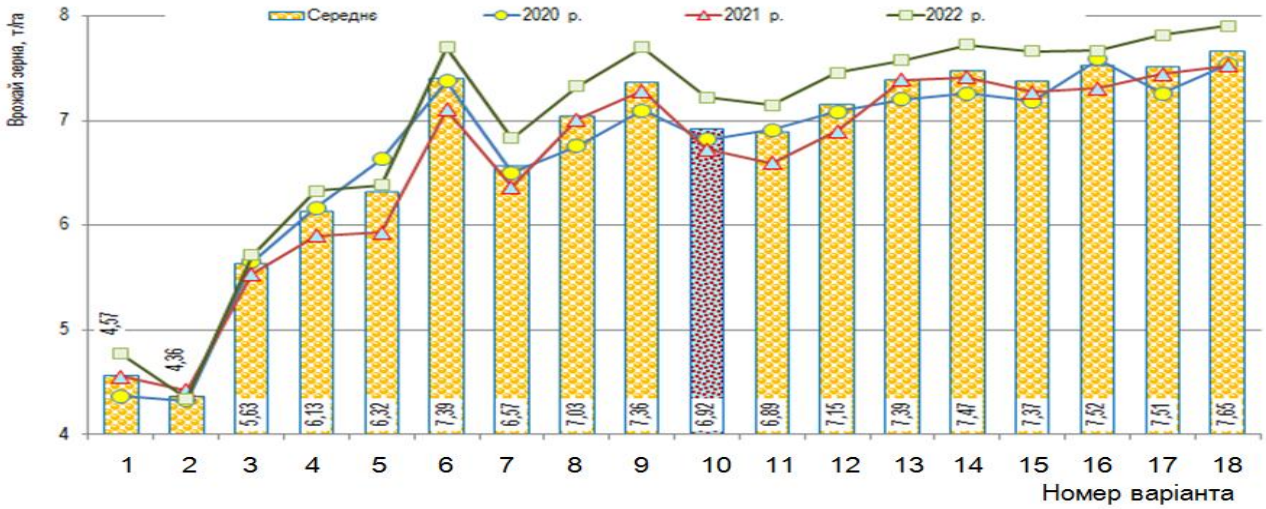

Рис. 3. Врожайність зерна ячменю озимого залежно від системи удобрення та пригнічення нітрифікації азоту нітрапірином упродовж 2020-2022 рр. ($НІР_{05}$ абсолютна, т/га: 2020 р. – 0,23; 2021 р. – 0,17; 2022 р. – 0,23).

На неудобреному фоні внесення нітрапірину у час відновлення вегетації проявляє тенденцію до зниження врожаю зерна на 0,04–0,44 т/га. Внесення перед сівбою $N_{23}P_{60}K_{60}$ $(NH_4)_2HPO_4$+NH_4NO_3+KCl) + N_{37} при відновленні вегетації упродовж 2020–2022 років забезпечило 6,82 т/га, 6,72 та 7,22 т/га

зерна. Найсприятливіший для контрольного варіанту удобрення був 2022 рік вирощування за середньої врожайності за три роки 6,92 т/га. Удобрення азотом у нормі N_{90} дало приріст врожаю відносно норми N_{60}, а в поєднанні з одночасним внесенням нітрапірину він був значно вагоміший у 2020 та 2021 роках. Поділ норми азоту N_{120} на дози N_{23} перед сівбою, N_{67} + нітрапірин у відновлення вегетації та N_{30} у підживлення на початку колосіння мав позитивний результат. Проте, у варіанті 18 було досягнуто найвищих врожаїв тільки в 2021 і 2022 роках.

Використання карбаміду замість аміачної селітри у максимальній нормі N_{120} і внесення його перед сівбою ячменю озимого мало позитивний результат лише у поєднанні з одночасним внесенням нітрапірину. Приріст врожайності становив у 2020 році 0,56 т/га, у 2021 – 0,38 т/га порівняно в контролем. Перенесення застосування нітрапірину на весну у фазу відновлення вегетації знівелювало його ефективність. За використання сечовини під озимий ячмінь з осені стабілізатор азоту слід вносити під передпосівну культивацію.

2021 рік вирощування був дещо менше сприятливим за попередній. Проте, позитивна дія стабілізатора азоту проявилася ще виразніше. Приріст врожаю за внесення $N_{23}P_{60}K_{60}$ $(NH4)_2HPO_4$+NH_4NO_3+KCl) + N_{67} (у відновлення вегетації) + N_{30} (у початок колосіння) + N-Lok Макс при відновленні вегетації (вар. 18) досяг 0,80 т/га відносно виробничого контролю – $N_{23}P_{60}K_{60}(NH_4)_2HPO_4$ +NH_4NO_3+KCl) (перед сівбою) + $N_{37}(NH_4NO_3)$ (відновлення вегетації).

Найбільша віддача добрив встановлена за застосування системи удобрення (вар. 16 і 18) – фон + $N_{97}(NH_4NO_3)$ + N-Lok Макс (відновлення вегетації) за сумарної норми азоту 120 кг/га д.р. у 2020 та 2022 роках. Варіант 18 – фон + $N_{67}(NH_4NO_3)$ (відновлення вегетації) + N_{30} (початок колосіння) + N-Lok Макс (відновлення вегетації) за норми N_{120} був найефективнішим у середньому за три роки (рис. 2). За середнього перевищення контролю на 0,73 т/га на цьому варіанті удобрення нітрапірин забезпечив у 2022 році рекордний врожай – 7,90 т/га.

Позитивний вплив на азотне удобрення ячменю озимого мав фосфорно-калійний фон $P_{60}K_{60}$. У цьому пересвідчуємося на варіантах 8 і 9, де фосфорно-калійних добрив не вносили. Азотна система удобрення ячменю озимого за максимальної норми N_{120} не забезпечила приріст врожаю до контролю. Лише використання нітрапірину посприяло росту збору зерна. Інгібітор забезпечив підвищення врожаю на суто азотному фоні удобрення на 0,28, 0,57 та 0,48 т/га по роках, порівняно з традиційною системою удобрення (вар. 10).

Отже, відсутність фосфорно-калійного удобрення за внесення N_{120} не забезпечило гарантованого рівня врожайності зерна, порівняно зі збалансованим за NPK виробничим контролем. Поєднання фонового удобрення $P_{60}K_{60}$ з варіантами різних норм азотного удобрення та внесення нітрапірину максимально підвищувало врожайність ячменю озимого від 7,59 т/га 2020 року до 7,88 т/га 2022 року.

Висновки. 1. Математичне моделювання динаміки температури та зволоження упродовж 2010–2020 років дозволяє стверджувати про чітку

тенденцію потепління клімату за показником середньорічної температури повітря та зменшення річної кількості опадів. 2020, 2021 та 2022 роки досліджень були дуже сприятливими для формування врожаю зерна ячменю озимого. Несприятливих аномальних погодних умов упродовж вегетації у ці роки не спостерігали. Попри це середня температура липня була вищою за кліматичну норму 17,5°С на 1,3–2,0°С. Середньомісячна температура 2019 року становила 9,9°С, 2020 – 9,6°С, 2021 8,1°С і є підстави прогнозувати, що 2022 року вона буде вищою за кліматичну норму 7,5 °С. Річна сума опадів 2019, 2020 та 2021 років була істотно вищою за кліматичну норму 738 мм і становила відповідно 700, 791, 812 мм та 272 мм за сім місяців 2022 року на час збирання врожаю.

2. Сходи ячменю озимого упродовж трьох років з'являлися з максимальною різницею шість діб, відновлення вегетації – 14 діб, що немало негативних наслідків для подальшого розвитку культури. Колосіння ячменю озимого починалося з різницею п'ять діб, а дозрівання колоса – лише три доби. Це свідчить про нормальне проходження фаз розвитку культури. Проте, найтривалішим період від сівби до сходів був восени 2020 року – 15 діб, а також найдовшим був період від початку виходу в трубку (ВВСН 30) до першого вузла (ВВСН 31) 2021 року – 24 доби.

3. Ні внесення нітрапірину, ні поділ норми азоту на три дози не стримали ріст рослин у висоту. Проте, сприятлива погода і використання ретарданта зумовила відсутність вилягання. Норма азотного удобрення N_{120} забезпечила формування найдовшого колоса – від 6,2 до 6,4 см. Використання нітрапірину як з осені, так і весною на високому фоні азотного живлення та внесення з осені $P_{60}K_{60}$ дозволило отримати на цих варіантах колос довжиною 6,3–6,4 см. Розрахунок кореляції показав, що найтісніше з урожайністю ячменю озимого зв'язана кількість зерен у колосі – r = 0,94. Довжина колоса і урожайність мають тісну, але дещо меншу кореляцію – r = 0,82. Довжина колоса та озерненість тісно пов'язані r = 0,89.

4. Найкращий розвиток за візуальним оцінюванням мали посіви на варіантах із застосуванням фону ($N_{23}P_{60}K_{60}$) + $N_{97}(NH_4NO_3)$ (відновлення вегетації), а також фону + $N_{97}(NH_4NO_3)$ (відновлення вегетації) + N-Лок Макс (перед сівбою). Добрий і відмінний стан ячменю озимого фіксували у варіанті сумісного внесення фону + $N_{97}(CH_4N_2O)$ та інгібітора уреази восени. Стан посівів оцінений у 4,5 бала від фази кущіння до 5,0 бала при формуванні зерна.

5. Найвищий середній за 2020-2022 роки врожай забезпечило удобрення $N_{23}P_{60}K_{60}(NH_4)2HPO_4+NH_4NO_3+KCl)$ (перед сівбою) + N_{67} (відновлення вегетації) + N_{30} (початок колосіння) + N-Lok Макс (відновлення вегетації) за сумарної норми N_{120} – 7,65 т/га зерна і середньорічної прибавки відносно контролю $N_{23}P_{60}K_{60}(NH_4)2HPO_4+NH_4NO_3+KCl)$ (перед сівбою) + $N_{37}(NH_4NO_3)$ (відновлення вегетації) – 0,73 т/га.

6. Достовірна прибавка врожаю ячменю озимого від використання стабілізатора нітратів N-Lok Макс – 0,47 т/га, отримана на варіанті $N_{23}P_{60}K_{60}(NH_4)_2HPO_4+NH_4NO_3+KCl)$ (перед сівбою) + $N_{97}(CH_4N2O)$ + N-Lok

Макс (перед сівбою) за сумарної норми N_{120} порівняно з контролем. Урожайність ячменю озимого за використання карбаміду під осінню оранку істотно знижувалася без використання N-Lok Макс, або за весняного його використання порівняно з іншими системами удобрення.

Література:

1. Бенда Р. В. Оптимізація прийомів вирощування ячменю озимого в умовах північної частини Степу України. Дисертація канд. с.-г. наук: 06.01.09. Дніпро: Державна установа Інститут сільського господарства степової зони, 2012. 220 с.
2. Гнатів П. С., Снітинський В. В., Польовий В. М., та ін. Коливання клімату й екосистемогенез українського соціуму від Різдва Христового до становлення Великого Князівства Литовського. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С. З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2020. Т. 22. № 92. С. 100–108.
3. Гнатів П. С., Лагуш Н. І., Шестак В. Г. Зміни клімату в Україні і фіторізноманіття агрокультур. Проблеми уникнення втрат біорізноманіття Українських Карпат: Матеріали міжн. наук. конф., присвяченої 100-річчю від дня народження професора Костянтина Малиновського (Львів, 14–15 травня 2020 р.). Львів, 2020. С. 78–80.
4. Гораш О. С. Взаємозв'язок елементів продуктивності ячменю з початковими етапами розвитку. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 11. С. 22–24.
5. Гораш О. С. Управління продукційним процесом пивоварного ячменю: монографія; 2 видання з доповненнями. Кам'янець-Подільський: ПП Медобори-2006, 2017. С. 60–63, 237–243.
6. Гораш О. С., Климишена Р. І. Залежність солодової властивості ячменю від впливу позакореневого підживлення рослин мікродобривами. *Таврійський науковий вісник*. 2020. №115. С. 24–32.
7. Гораш О. С., Климишена Р. І. Застосування позакореневого підживлення в технології вирощування пивоварного ячменю. *Агроном*. 2021. №2. С. 92–95.
8. Гудзенко В. М. Урожайність, пластичність та стабільність ячменю озимого у Центральному Лісостепу України. *Селекція і насінництво*. 2013. Вип. 103. С. 230–239.
9. Доценко О., Мірошниченко М., Господаренко Г. Система удобрення озимого ячменю. *Пропозиція*. 2015. URL: https://propozitsiya.com/ua/sistema-udobrennya-yachmenyu-ozimogo
10. Лихочвор В. В. *Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур*. Львів: НВФ Українські технології, 2002. 800 с.
11. Лихочвор В. В., Матковська М. В. Урожайність сортів озимого ячменю залежно від норм добрив, морфорегуляторів та фунгіцидів в умовах Західного Лісостепу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2017. Вип. 62. С. 91–101.
12. Львівська область: природні умови та ресурси: монографія / за заг. ред. д-ра геогр. наук, проф. М. М. Назарука. Львів: Видавництво Старого Лева, 2018. 592 с.
13. Марков І., Дмитришак М., Мокрієнко В. Озимий ячмінь. Агробізнес сьогодні. 2011. URL: http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/172-ozymyi-iachmin.html

14. Матковська М. В. Формування показників структури врожаю сортів ячменю озимого залежно від застосування регуляторів росту в умовах Західного Лісостепу. *Таврійський науковий вісник*. 2018. №112. С. 116–121.

15. Мілютенко Т. Б., Довбиш М. Й., Клочко А. А., Лисікова В. М. Потенціал сортових ресурсів. Ефективне його використання – головна передумова стабільного виробництва зерна. *Насінництво*. 2011. № 2. С. 1–6.

16. Мінімальна і максимальна добові температури, атмосферний тиск, кількість опадів 2019, 2020, 2021 і 2022 років по метеопосту Львів. Метеопост. URL: https://meteopost.com/weather/archive/

17. Мойсієнко В. В., Подольський О. М. Продуктивність ячменю озимого сорту Хайлайт залежно від елементів технології вирощування. *Наукові горизонти*. 2019. № 10. С. 13–19.

18. Кравчук Я. С., Брусак В. П., Дикий І. В. і ін. Навчально-краєзнавчий атлас Львівської області. Львів: ЛДУ-ДУ "Львівська політехніка" ВНТЛ, 1999. 25 с.

19. Основи наукових досліджень в агрономії. За ред. В. О. Єщенка. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К», 2014. 332 с.

20. Русанов В. І. Озимий ячмінь у центральному Лісостепу. *Агроном: Науково-виробничий журнал*. 2009. № 4(26). С. 36–39.

21. Тучапський О. Р. Удосконалення технології вирощування озимого ячменю – запорука одержання високих і стабільних урожаїв зерна. *Сільський господар*. 2011. №3/4. С.21–23.

22. Тучапський О. Р. Формування урожаю і ячменю залежно від строків сівби, норм висіву західного Лісостепу України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 06.01.09 «Рослинництво». Херсон, 2002. 15 с.

23. Федорчук М. І., Нагірний В. В. Зимостійкість сортів озимого ячменю за лабільних параметрів клімату на Півдні України. *Таврійський науковий вісник, сільськогосподарські науки*. 2018. Вип. 104. С. 108–115.

24. Фукс Б., Баумгартнер Н. Застосування стабілізаторів азотних добрив. *Агроном*. 2020. URL: https://www.agronom.com.ua/zastosuvannya-stabilizatoriv-azotnyh-dobryv/

25. Babulicová M. Dyulgerova B. Winter barley production in relation to crop rotations, fertilisation and weather conditions. *Agriculture (Poľnohospodárstvo).* 2018. № 64(1). P. 35–44.

26. Barczak B. Contents and ratios of mineral components in winter barley biomass cultivated under conditions of different nitrogen fertilisation. *Journal of Elementology*. 2008. № 13(1). P. 291–300.

27. Berhanu G., Kismányoky T., Sárdi K. Effect of nitrogen fertilization and residue management on the productivity of winter barley (*Hordeum vulgare* L.). *Acta Agronomica Hungarica.* 2013. № 61(2). C. 101–111. Doi: 10.1556/AAgr.61.2013.2.2

28. Chambers B. J., Dampney P. M. R. Nitrogen efficiency and ammonia emissions from urea-based and ammonium nitrate fertilisers. *Proc Intl Fert Soc*. 2009. № 657. P. 1–20.

29. Charles R., Collaud J. F., Haener L. L. et al. Varieties, seeding rate and nitrogen fertilization on winter barley. Nitrogen and water use efficiencies of wheat and barley under a Mediterranean environment in Catalonia. *Agrarforschung Schweiz*, 2012. №3(2). P. 88.

30. Chen H., Yin C., Fan X., Ye M., Peng H., Li T., Zhao Y., Wakelin S.A., Chu

G., Liang Y. Reduction of N_2O emission by biochar and/or 3, 4-dimethylpyrazole phosphate. (DMPP) is closely linked to soil ammonia oxidizing bacteria and nosZI-N2O reducer populations. *Sci Total Environ*. 2019. № 694. P. 133–658. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.133658.

31. Stocker T. F., Qin D., Plattner G. K., Tignor M. M. B. et al (Eds.) Climate change 2013: the physical science basis. By Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA*. 2013. P. 1535.

32. Ding Y., Huang X., Li Y., Liu H., Zhang Q., Liu X., Xu J., Di H. Nitrate leaching losses mitigated with intercropping of deep-rooted and shallow-rooted plants. *J Soils Sediments*. 2021. № 21. P. 364–375.

33. *Growth stages of mono- and dicotyledonous plants*. Edited by Uwe Meier Julius. Kühn-Institut (JKI). Quedlinburg: 2018. 204 p. https://www.julius-kuehn.de/media/Veroeffentlichungen/bbch%20epaper%20en/page.pdf

34. Linzmeier W., Gutser R., Schmidhalter U. The new nitrification inhibitor DMPP ENTEC®. allows increased N-efficiency with simplified fertilizing strategies (Horst et al. (Eds.). *Proceedings of the 14th. Int. Plant Nutrition Colloquium.* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2001. P. 760–761.

35. Noworolnik K., Leszczyńska D., Dworakowski T., Sułek A.. Wpływ odmiany i nawożenia azotem na plonowanie jęczmienia ozimego. *Fragm. Agron.* 2009. № 26(2). P. 89–95.

36. Pfab H., Palmer I., Guegger F., Fielder S., Torsten M., Ruster R. Influence of a nitrification inhibitor and of placed N-fertilization on N_2O fluxes from a vegetable cropped loamy soil. *Agric. Ecosyst. Envion*. 2012. № 150. C. 91–101.

37. Polovyy V., Hnativ P., Balkovskyy V., Ivaniuk V. et al The influence of climate changes on crop yields in Western Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2021. № 11(1). P. 384–390. Doi: 10.15421/2021_56

38. Wang Y., Cheng Y., Chen K., Tsay Y. Nitrate transport, signaling, and use efficiency. *Annu Rev Plant Biol*. 2018. № 69. P. 85–122.

References:

1. Benda, R. V. (2012). Optimization of methods of growing winter barley in the conditions of the northern part of the Steppe of Ukraine. *Dissertation of candidate of agricultural sciences: 06.01.09.* State institution Institute of Agriculture of the Steppe Zone. 220 p. (in Ukrainian)

2. Hnativ, P. S., Snitynskyy, V. V., Polevyy, V. M. et al. (2020). Climate fluctuations and ecosystem genesis of Ukrainian society from Christmas to the establishment of the Grand Duchy of Lithuania. *Scientific Bulletin of S. Z. Gzhitsky LNUVMB. Series: Agricultural Sciences*, no. 22(92), pp. 100–108. (in Ukrainian)

3. Hnativ, P. S., Lahush, N. I., Shestak, V. G. (2020). Climate changes in Ukraine and phytodiversity of agricultural crops. Problems of avoiding the loss of biodiversity of the Ukrainian Carpathians: *Materials of the International of science conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of Professor Kostyantyn Malinovskyi* (Lviv, May 14-15, 2020). Lviv, pp. 78–80. (in Ukrainian)

4. Horash, O. S. (2012). Relationship between elements of barley productivity and initial stages of development. *Herald of Agrarian Science*, 2012, no. 11, pp. 22–24. (in Ukrainian)

5. Horash, O. S. (2017). Production process management of malting barley:

monograph; 2 editions with additions. Kamianets-Podilskyi: PP Medobory-2006, pp. 60–63. (in Ukrainian)

6. Horash, O. S., Klymyshena, R. I. (2020). Dependence of the malting properties of barley on the effect of foliar feeding of plants with microfertilizers. *Taurian Scientific Bulletin*, 2020, no. 115 pp. 24–32. (in Ukrainian).

7. Horash, O. S., Klymyshena, R. I. (2021). Application of foliar fertilization in the technology of growing malting barley. *Agronomist*, 2021, no. 2, pp. 92–95. (in Ukrainian).

8. Hudzenko, V. M. (2013). Yield, plasticity and stability of winter barley in the Central Forest-Steppe of Ukraine. *Breeding and seed production*, 2013, no. 103, pp. 230–239. (in Ukrainian).

9. Dotsenko, O., Miroshnychenko, M., Hospodarenko, H. (2015). Winter barley fertilization system. *Offer*. URL: https://propozitsiya.com/ua/sistema-udobrennya-yachmenyu-ozimogo (in Ukrainian).

10. Lykhochvor, V. V. (2002) *Crop production. Technologies for growing agricultural crops: textbook*. Lviv: NVF Ukrainian Technologies, 2002. 800 p. (in Ukrainian).

11. Lykhochvor, V. V., Matkovska, M. V. (2017) Yield of winter barley varieties depending on the norms of fertilizers, morpho-regulators and fungicides in the conditions of the Western Forest Steppe. *Foothill and mountain agriculture and animal husbandry*, 2017, no. 62, pp. 91–101. (in Ukrainian).

12. Lviv region: natural conditions and resources. / by general ed. Dr. geogr. Sciences, Prof. M. M. Nazaruk. Lviv: Stary Lev Publishing House, 2018. 592 p. (in Ukrainian).

13. Markov, I., Dmytryshak, M., Mokrienko, V. (2011). Winter barley. *Agribusiness today*. URL: http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/172-ozymyi-iachmin.html (in Ukrainian).

14. Matkovska, M. V. (2018). Formation of yield structure indicators of winter barley varieties depending on the application of growth regulators in the conditions of the Western Forest Steppe. *Taurian Scientific Bulletin*, 2018, no. 112, pp. 116–121. (in Ukrainian).

15. Milyutenko, T. B., Dovbysh, M. Y., Klochko, A. A., Lysikova, V. M. (2011). The potential of varietal resources. Its effective use is the main prerequisite for stable grain production. *Seed production*, 2011, no. 2, pp. 1–6. (in Ukrainian).

16. Minimum and maximum daily temperatures, atmospheric pressure, and precipitation in 2019, 2020, 2021 and 2022 at the Lviv weather station. Meteorological station. URL: https://meteopost.com/weather/archive/ (in Ukrainian).

17. Moisienko, V. V., Podolskyi, O. M. (2019). Productivity of winter barley of the Highlight variety depending on the elements of cultivation technology. *Scientific horizons*, 2019, no. 10, pp. 13–19. (in Ukrainian).

18. Kravchuk, Ya. S., Brusak, V. P., Dykiy, I. V. et al. (1999). Educational and local history atlas of the Lviv region. Lviv: LSU-SU "Lviv Polytechnic" VNTL, 1999. 25 p. (in Ukrainian).

19. Yeshchenko, V. O. (Eds.) (2014). *Principles of scientific research in agronomy* (2014). Vinnytsia: PP "TD "Edelweiss and K", 2014. 332 p. (in Ukrainian)

20. Rusanov, V. I. (2009) Winter barley in the central forest-steppe. *Agronomist: Scientific and Production Journal*, 2009, no. 4(26), pp. 36–39. (in Ukrainian).

21. Tuchapskyi, O. R. (2011). Improving the technology of growing winter

barley - the key to obtaining high and stable grain yields. *The farmer*, 2011, no. 3(4), pp. 21–23. (in Ukrainian).

22. Tuchapskyi, O. R. (2002). Formation of the harvest and barley depending on the timing of sowing, sowing norms of the western forest-steppe of Ukraine: abstract of the dissertation for obtaining the scientific degree of the candidate of agriculture sciences: specialist 06.01.09. Kherson, 2002. 15 p. (in Ukrainian).

23. Fedorchuk, M. I., Nagirnyy, V. V. (2018). Winter hardiness of winter barley varieties under labile climate parameters in the South of Ukraine. *Taurian scientific bulletin, agricultural sciences*, 2018, no. 104, pp. 108–115. (in Ukrainian).

24. Fuks, B., Baumhartner, N. (2020). Application of nitrogen fertilizer stabilizers. *"Agronom" magazine*. URL: https://www.agronom.com.ua/ zastosuvannya-stabilizatoriv-azotnyh-dobryv/ (in Ukrainian).

25. Babulicová, M., Dyulgerova, B. (2018). Winter barley production in relation to crop rotations, fertilisation and weather conditions. *Agriculture (Poľnohospodárstvo)*, 2018, no. 64(1), pp. 35–44.

26. Barczak, B. (2008). Contents and ratios of mineral components in winter barley biomass cultivated under conditions of different nitrogen fertilisation. *Journal of Elementology*, 2008, no. 13(1), pp. 291–300.

27. 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*, 2013, no. 61(2), pp. 101–111. Doi: 10.1556/AAgr.61.2013.2.2

28. Chambers, B. J., Dampney, P. M. R. (2009). Nitrogen efficiency and ammonia emissions from urea-based and ammonium nitrate fertilisers. *Proc Intl Fert Soc*, 2009, no. 657, pp. 1–20.

29. Charles, R. Collaud, J. F. Haener, L. L. et al. (2012). Varieties, seeding rate and nitrogen fertilization on winter barley. Nitrogen and water use efficiencies of wheat and barley under a Mediterranean environment in Catalonia. *Agrarforschung Schweiz*, 3(2):88.

30. Chen, H., Yin, C., Fan, X., Ye, M. et al. (2019). Reduction of N_2O emission by biochar and/or 3, 4-dimethylpyrazole phosphate. (DMPP) is closely linked to soil ammonia oxidizing bacteria and nosZI-N_2O reducer populations. *Sci Total Environ.*, 2019, no. 694, pp.133–658. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.133658

31. Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M. M. B. et al. (Eds.) (2013). Climate change 2013: the physical science basis. By. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.* 2013, p. 1535.

32. Ding, Y., Huang, X., Li, Y., Liu, H. et al. (2021). Nitrate leaching losses mitigated with intercropping of deep-rooted and shallow-rooted plants. *J Soils Sediments*, 2021, no. 21, pp. 364–375. Doi: 10.1007/s11368-020-02733-w

33. Growth stages of mono- and dicotyledonous plants. BBCH Monograph. (2018) Edited by Uwe Meier Julius. Kühn-Institut (JKI). Quedlinburg: 2018. 204 p. https://www.julius-kuehn.de/media/Veroeffentlichungen/bbch%20epaper%20en/page .pdf.

34. Linzmeier, W., Gutser, R., Schmidhalter, U. (2001). The new nitrification inhibitor DMPP ENTEC®. allows increased N-efficiency with simplified fertilizing strategies (Horst et al. (Eds.). *Proceedings of the 14th. Int. Plant Nutrition Colloquium.* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2001. P. 760–761.

35. Noworolnik, K., Leszczyńska, D., Dworakowski, T., Sułek, A. (2009). Wpływ odmiany i nawożenia azotem na plonowanie jęczmienia ozimego. *Fragm. Agron.*, 2009, no. 26(2), pp. 89–95.

36. Pfab, H., Palmer, I., Guegger, F., Fielder, S., Torsten, M., Ruster, R. (2012). Influence of a nitrification inhibitor and of placed N-fertilization on N_2O fluxes from a vegetable cropped loamy soil. *Agric. Ecosyst. Envion*, 2012, no. 150, pp. 91–101.

37. Polovyy, V., Hnativ, P., Balkovskyy, V., Ivaniuk, V. et al. (2021). The influence of climate changes on crop yields in Western Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2021, no. 11(1), pp. 384–390. Doi: 10.15421/2021_56

38. Wang, Y., Cheng, Y., Chen, K., Tsay, Y. (2018). Nitrate transport, signaling, and use efficiency. *Annu Rev Plant Biol*, 2018, no. 69, pp. 85–122. Doi: 10.1146/annurev-arplant-042817-040056

Annotation

Shestak V. H.

Biometric aspects and phenological stages of winter barley crop formation under the influence of fertilizer and nitrification inhibitor

Introduction. *Norms for the use of nitrogen fertilizers and nitrogen stabilizers have not been studied for application under winter barley from the Western Forest-Steppe of Ukraine in previous years.*

Methods *Experiments were conducted at the research field of the Lviv National Environmental University during 2019-2022. The traditional fertilization system:* $N_{23}P_{60}K_{60}(NH_4)_2HPO_4+NH_4NO_3+KCl$ – $N_{10}P_{26}K_{26}$ *(before sowing) +* $N_{37}(NH_4NO_3)$ *(vegetation restoration) was the benchmark. We performed field experiments and culture cultivation according to traditional methods in agronomy.*

Results. *Weather observations gave us reason to assume that during 2010-2020 the climate continued to warm according to the average annual air temperature and the annual amount of precipitation decreased. The research years 2020, 2021 and 2022 were favorable for the formation of the winter barley grain crop. The average temperature in July was higher than the climatic norm of 17.5°C by 1.3–2.0°C. Annual rainfall totals for 2019, 2020 and 2021 were significantly higher than the climate norm of 738 mm and were 700, 791, 812 mm and 272 mm respectively for the seven months of 2022 at harvest time. We did not find any abnormal differences in the development phases and growth rates of winter barley during the 2019–2022 growing season. The rate of nitrogen fertilization* N_{120} *guaranteed the formation of the longest spike – from 6.2 to 6.4 cm. The use of nitrapyrin both in the fall and in the spring, against a high background of nitrogen nutrition* N_{120} *and the introduction of P60K60 in the fall contributed to the formation of a spike 6.3-6.4 cm on these options. We visually evaluated the best development of crops when applying the background* $(N_{23}P_{60}K_{60})$ *+* $N_{97}(NH_4NO_3)$ *(vegetation restoration), as well as on the background +* $N_{97}(NH_4NO_3)$ *(vegetation restoration) + N-Lok Max (before sowing). The good and excellent condition of winter barley was recorded with the simultaneous introduction of background +* $N_{97}(CH_4N_2O)$ *and urease inhibitor in autumn. We assessed the state of crops from 4.5 points from the tillering phase to 5.0 points during grain formation on a five-point scale.*

We concluded that the highest average yield of winter barley in 2020–2022 was provided by fertilization $N_{23}P_{60}K_{60}(NH_4)_2HPO_4+NH_4NO_3+KCl$ *(before sowing) +* N_{67} *(restoration of vegetation) +* N_{30} *(beginning of earing) + N-Lok Max (restoration*

vegetation) at the total rate of N_{120} (7.65 t/ha of grain). The average annual yield increase relative to the control $N_{23}P_{60}K_{60}(NH_4)_2HPO_4+NH_4NO_3+KC$) (before sowing) + $N_{37}(NH_4NO_3)$ (vegetation recovery) was 0.73 t/ha.

Conclusions. *We obtained a statistically significant increase in the yield of winter barley from the use of N-Lok Max nitrate stabilizer (0.47 t/ha) on the option $N_{23}P_{60}K_{60}(NH_4)_2HPO_4+NH_4NO_3+KCl$) (before sowing) + $N_{97}(CH_4N_2O)$ + N-Lok Max (before sowing) at the total rate of N_{120} compared to the control. The yield of winter barley was significantly reduced with the use of urea under autumn plowing without the use of N-Lok Max, or with the spring use of the inhibitor compared to other fertilization systems.*

Key words: *nitrogen, barley height, ear development, grain number of ear, nitrogen stabilizer, grain yield*

УДК: 631.559-021.465:633.63:631.816
DOI: 10.31395/2415-8240-2022-101-1-46-55

ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ БУРЯКУ ЦУКРОВОГО ЗА РІЗНОГО УДОБРЕННЯ НА ЧОРНОЗЕМІ ОПІДЗОЛЕНОМУ

А. Т. МАРТИНЮК, *кандидат сільськогосподарських наук*
Г. М. ГОСПОДАРЕНКО, *доктор сільськогосподарських наук*
В. В. ЛЮБИЧ, *доктор сільськогосподарських наук*
Уманський національний університет садівництва

Встановлено вплив різних доз органічних і мінеральних добрив та їх поєднань на рівень продуктивності культури буряку цукрового на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому Правобережного Лісостепу України за тривалого застосування різних систем удобрення в зерно-просапній сівозміні.

Ключові слова: *чорноземі опідзоленому, тривале удобрення, гній, мінеральні добрива, урожайність, збір цукру.*

Постановка проблеми. До провідних технічних культур, що забезпечують продовольчу безпеку країни і є однією з найприбутковіших у сучасному рослинництві, є буряк цукровий. Важливою ланкою інтенсифікації буряківництва є підвищення ефективності застосування добрив. Причому не збільшення доз їх внесення, а підвищення ефективності завдяки раціональному застосуванню, що забезпечуватиме повнішу реалізацію генетичного потенціалу, закладеному в інтенсивну технологію вирощування цієї культури в умовах певного регіону.

Добрива повинні застосовуватися диференційовано з урахуванням конкретних ґрунтово-кліматичних умов і біологічних особливостей сучасних високопродуктивних гібридів буряку цукрового та потреб в поживних речовинах [1]. Тому питання оптимізації мінерального живлення цієї культури у різних агроґрунтових умовах є актуальним.