УДК 633.1:631.8 DOI: https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2020.219449

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ НА МОРФОФІЗІОЛОГІЧНІ ТА АГРОХІМІЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ

К.М. Олійник[1], Г.В. Давидюк[1], І.І. Клименко[1], О.С. Дем'янюк[2]

[1] ННЦ «Інститут землеробства НААН» (смт Чабани, Києво-Святошинський р-н, Київська обл., Україна)
e-mail: katerinaoleunik@gmail.com; ORCID: 0000-0002-5238-0637
e-mail: anndavydiuk@gmail.com; ORCID: 0000-0002-3877-2837
e-mail: Ira_Klimenko@i.ua; ORCID: 0000-0001-9449-7377
[2] Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: demolena@ukr.net; ORCID: 0000-0002-4134-9853

Для створення високопродуктивних посівів пшениці озимої, в яких би ефективно використовувались генетичний потенціал продуктивності сортів та грунтово-кліматичні умови Лісостепу, актуальним є вивчення та встановлення основних закономірностей формування елементів продуктивності культури упродовж вегетації в зв'язку із забезпеченістю її макро- і мікроелементами. Для вирішення цього завдання використовували польові, морфофізіологічні дослідження, методики хімічного, фізико-хімічного аналізу із застосуванням сучасних методів атомно-абсорбційної спектрофотометрії, полум'яної фотометрії і спектрометрії, математично-статистичний аналіз. Проведено дослідження щодо впливу технологій вирощування пшениці озимої на морфофізіологічні аспекти формування врожаю та забезпеченість рослин елементами живлення. Встановлено залежність між забезпеченістю основними елементами живлення пшениці озимої та формуванням елементів продуктивності на окремих етапах органогенезу. Морфофізіологічними дослідженнями доведено, що покращання умов живлення рослин за енергоощадної, інтенсивної та інтенсивних енергонасичених технологій дало можливість збільшити кількість квіток, які дійшли в своєму розвитку до XII етапу (зернівки) в колоссі обох порядків. Застосування інтенсивних енергонасичених технологій дало змогу збільшити щільність продуктивного стеблостою порівняно з контролем. Визначено, що кількість азоту, фосфору й калію, марганцю і заліза, яка використовувалась для формування основної продукції (зерна) змінювалась залежно від норм внесених добрив за відповідних технологій вирощування і зростала за інтенсивних енергонасичених технологій. Встановлено, що винос з урожаєм зерна і соломи міді й цинку мало залежав від технології вирощування. За високоінтенсивних технологій вирощування пшениці озимої рівень живлення макро- і мікроелементами позитивно впливав на густоту продуктивного стеблостою, кількість закладених квіток у конусі наростання стебел обох порядків і в кінцевому результаті на озерненість колосу і не виявляв обмежувальної дії на процес формування елементів продуктивності. Дослідження в цьому напрямі потребують подальшого продовження і можуть бути використані для формування системи удобрення в розробці інтенсивних технологій вирощування пшениці озимої.

Ключові слова: *азот, фосфор, калій, мікроелементи, важкі метали, морфогенез, дози добрив, урожайність.*

ВСТУП

У зв'язку з необхідністю отримання високих і стабільних врожаїв пшениці озимої важливо сформувати відповідну морфоструктуру рослин і структуру посіву, які б ефективно використовували оптимальні умови забезпеченості вологою та елементами живлення, що створюються технологією вирощування. Тому з метою покращання використання біологічного потенціалу рослин пшениці озимої виникає потреба у вивченні впливу окремих елементів технології вирощування на формування продуктивності рослин, що дасть змогу розробити прийоми, спрямовні на максимальне

© К.М. Олійник, Г.В. Давидюк, І.І. Клименко, О.С. Дем'янюк, 2020

використання потенціалу продуктивності сорту, разом із тим дозволить раціонально використовувати ресурси, передусім, добриво і засоби захисту рослин.

Метою роботи було дослідити вплив технологій вирощування різної інтенсивності на морфофізіологічні особливості формування врожаю пшениці озимої в зв'язку із забезпеченістю рослин макро- і мікроелементами та їх винос.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Рівень урожайності сільськогосподарських культур залежить від впливу конкретних ґрунтово-кліматичних умов та елементів технології вирощування. Отримання високих та стабільних показників урожайності забезпечується передусім за рахунок внесення мінеральних добрив для створення сприятливих умов для успішного росту і розвитку рослин [1; 2]. Вивчення особливостей формування врожаю дає можливість встановити залежність між елементами структури врожайності, чинниками навколишнього середовища і технологічними елементами [2].

Урожай зернових культур визначається кількістю колосоносних стебел на одиницю площі та продуктивністю їх колосся. Тому важливо знати, під впливом яких чинників формується продуктивність колосу [3]. Існує тісний зв'язок між проходженням етапів органогенезу, формуванням продуктивності рослин і умовами живлення.

Забезпечення рослин елементами живлення на оптимальному рівні упродовж вегетації є обов'язковим технологічним прийомом для отримання високого врожаю зерна пшениці [4]. Азот є важливим макроелементом для вирощування пшениці. Азотний режим істотно впливає на концентрацію азоту в зерні, але ефект варіюється між роками [5–7]. Також цей елемент істотно впливає на формування елементів продуктивності рослин. Так його нестача або надлишок у фазі кущення, строки внесення і погодні умови можуть значно впливати на закладання та реалізацію потенціалу пагонів кущення [8]. Внесення азотних, фосфорних і калійних добрив істотно підвищує врожайність та якість зерна пшениці [9].

Для формування врожаю сільськогосподарські культури використовують як внесені поживні речовини, так і елементи живлення, що є доступними в ґрунті. Зазвичай на практиці потребу рослин в елементах живлення визначають з урахуванням господарського їх виносу з ґрунту із зібраним урожаєм товарної і нетоварної продукції. Господарський винос елементів живлення залежить від кількох чинників: рівня врожаю, системи удобрення та обробітку ґрунту [10]. Пшениця озима виносить з урожаєм значну кількість елементів живлення з ґрунту. Чим більший урожай і вища норма мінеральних добрив, тим більший винос поживних речовин. Ця культура на формування 1 т зерна і соломи витрачає 25–30 кг азоту, 10–12 кг фосфору, 25–26 кг калію, 5 кг кальцію, 4 кг магнію, 3,5 кг сірки, 5 г бору, 8,5 г міді, 270 г заліза, 82 г марганцю, 60 г цинку, 0,7 г молібдену, а з урожаєм 4,0 т/га виносить 100–120 кг азоту, 40–48 кг фосфору і близько 100 кг на 1 га калію [11–13]. Відчуження мікроелементів і важких металів урожаєм зерна і соломи пшениці озимої визначається ступенем інтенсивності технології вирощування, величиною врожаю та біологічними особливостями сорту [14].

У зв'язку з цим питання впливу технологій вирощування пшениці озимої на морфофізіологічні аспекти формування врожаю і забезпеченість елементами живлення є актуальним.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили на базі стаціонарного багатофакторного досліду відділу адаптивних інтенсивних технологій зернових колосових культур і кукурудзи Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН» у державному підприємстві «Дослідне господарство Чабани» (смт Чабани, Києво-Святошинського р-ну, Київської обл., північна частина Правобережного Лісостепу України) у 2012–2015 рр.

Попередник пшениці озимої — горох. Досліджували сорт пшениці озимої Царівна напівінтенсивного типу, який належить до сильних пшениць, зареєстрований у 2008 р. Морфофізіологічні дослідження проводили за методикою Ф.М. Куперман [15]. Уміст азоту в рослинах пшениці озимої визначали за ДСТУ ISO 5983:2003 [16], фосфору — ДСТУ ISO 6491:2004 [17], калію — ДСТУ ISO 7485:2003 [18]. Уміст важких металів та мікроелементів у зерні та соломі пшениці озимої визначали атомно-абсорбційним методом на спектрофотометрі AAS-3 (ГОСТ 30178-96) [19]. Математико-статистичний аналіз даних виконували за Б.О. Доспєховим з використанням комп'ютерних програм Microsoft Office Excel 2007, Statistica 5.0 [20].

Агротехніка вирощування пшениці озимої була типова для зони Лісостепу. Ґрунт ділянки — темно-сірий опідзолений, грубопилувато-легкосуглинковий з вмістом гумусу в орному шарі 1,7%, $pH_{сол.}$ — 5,5, низьким вмістом гідролізованого азоту, високим рухомого фосфору й підвищеним вмістом обмінного калію. Вивчали моделі технологій вирощування, які відрізнялися за дозами внесених мінеральних добрив на фоні заробляння побічної продукції попередника (солома гороху) та інтегрованого захисту рослин, який включав застосування засобів захисту посівів пшениці від бур'янів, хвороб і шкідників відповідно до економічного порога їх шкодочинності (ЕПШ). Схема удобрення у технологіях вирощування пшениці озимої: вар. 1 (енергоощадна) — фон+$P_{45}K_{45}$+$N_{30(II)}$+$N_{30(IV)}$; вар. 2 (інтенсивна) — фон+$P_{90}K_{90}$+ +$N_{30(II)}$+$N_{60(IV)}$+$N_{30(VII)}$; вар. 3 (інтенсивна енергонасичена 1) — фон + $P_{80}K_{100}$ + +$N_{80(II)}$+$N_{100(IV)}$+$N_{60(VIII)}$; вар. 5 (інтенсивна енергонасичена 2) — фон+$P_{135}K_{135}$+ +$N_{60(II)}$+$N_{75(IV)}$+$N_{45(VII)}$; вар. 10 — заробляння побічної продукції — фон (альтернативна); вар. 12 (контроль) — без добрив. Фосфорні та калійні добрива вносили під основний обробіток ґрунту, азотні — в підживлення на основних етапах органогенезу за Куперман.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Для створення високопродуктивного агроценозу пшениці озимої необхідно сформувати оптимальну структуру посіву, який би ефективно використовував забезпеченість макро- і мікроелементами та вологою, що створюються технологією вирощування.

Важливою складовою формування високопродуктивного агроценозу пшениці озимої є формування оптимального продуктивного стеблостою. Спостереження за динамікою щільності стеблостою пшениці озимої впродовж вегетації показали, що в середньому за 2012–2015 рр. на VI етапі органогенезу вона змінювалась в межах 863–1588 шт./м^2 зі значним варіюванням (V=27%), коефіцієнт кущення рослин був 1,6–2,5 (табл. 1).

На контролі (без добрив, вар. 12) щільність стеблостою пшениці озимої становила 863 шт./м^2, за внесення тільки побічної продукції попередника (альтернативна технологія, вар. 10) густота стеблостою сягала 875 шт./м^2. Застосування енергоощадної технології, яка передбачала внесення добрив у дозі $N_{60}P_{45}K_{45}$ (вар. 1) призвело до збільшення щільності стеблостою до 1041 шт./м^2. Із зростанням доз внесених добрив до $N_{240}P_{80}K_{100}$ (вар. 3) та $N_{180}P_{135}K_{135}$ (вар. 5) за інтенсивної енергонасиченої технології 1 і 2 щільність стеблостою підвищувалась до1588 шт./м^2 і 1560 шт./м^2 та відповідно.

Аналіз динаміки густоти продуктивного стеблостою показав, що впродовж вегетації проходить значна втрата щільності стеблостою, яка залежала як від погодних умов, так і від технології вирощування. Значна частина втрат відбувалась в період від VI до IX етапу органогенезу. За цей період у середньому за 2012–2015 рр. втрачалось 30–43% щільності стеблостою відносно до VI етапу. Із IX до XII етапу втрати продуктивного стеблостою були меншими, в межах 6–12%.

Результати досліджень показали, що в пшениці озимої сорту Царівна в середньому за 2012–2015 рр. до XII етапу органогенезу збереглось 518 шт./м^2 продуктивних

Таблиця 1. **Вплив технології вирощування пшениці озимої сорту Царівна на формування продуктивності, 2012–2015 рр.**

№ варіанта технологій	Кількість стебел, шт./м^2 на етапі		Втрати продуктивних стебел із VI по XII етап, шт./м^2	Рівень редукції продуктивних стебел з VI по XII етап, %	Кількість квіток, зерен у центральному колосі на етапі, шт. /колос			Редукція квіток із V по XII етап, %
	VI	XII			V	IX	XII	
1	1041	618	423	41	140	55	41	55
2	1149	655	494	43	144	59	47	59
3	1588	705	883	56	146	65	51	65
5	1560	715	845	54	145	64	52	64
10	875	520	355	41	130	52	36	52
12	863	518	345	40	123	55	36	55
$\overline{X}\pm S\overline{x}$	*1179±132*	*622±36*	*558±99*	*46±3*	*138±4*	*58±2*	*44±3*	*58±2*
V, %	27	14	44	16	7	9	16	9
$НІР_{05}$	481	129	362	11	14	8	11	8

Примітка: *на варіантах 1, 2, 3, 4, 5, 8, 10 — заробляється побічна продукція попередника.

стебел на контролі (вар. 12). За внесення $P_{45}K_{45}N_{60}$ що передбачає енергоощадна технологія (вар. 1), щільність продуктивного стеблостою становила 618 шт./м^2. Збільшення цієї дози добрив втричі за інтенсивної енергонасиченої технології 2 забезпечило густоту продуктивного стеблостою 715 шт./м^2 (вар. 5).

За інтенсивної енергонасиченої технології 2 (вар. 5) до XII етапу було збережено на 38% більше продуктивних стебел порівняно з контролем (вар. 12), на 26% — за інтенсивних (вар. 2). та на 19% за ресурсоощадних технологій (вар. 1).

Іншим важливим елементом продуктивності є озерненість колосу, яка визначається кількістю закладених квіток у конусі наростання і сформованих зернівок у колосі. Відомо, що на V етапі органогенезу пшениці озимої закладається потенціально можлива кількість квіток у колосі [15; 21].

За даними морфофізіологічних досліджень визначено, що в середньому за 2012–2015 рр. у центральному колоссі пшениці озимої сорту Царівна закладалось 123–146 квіток (за незначного варіювання *V*=7%), з них 76–88 синхронно розвинених квіток.

Загальна кількість закладених на V етапі квіток змінювалась залежно від доз внесених добрив за різних за ступенем інтенсивності технологій вирощування пшениці озимої і ця залежність зберігалась до XII етапу в колоссі як центрального, так і першого та другого порядків.

Важливим показником для формування продуктивності колосу є кількість фертильних квіток у колосі в період цвітіння пшениці озимої (IX етап органогенезу). Визначено, що на IX етапі органогенезу в центральному колосі з покращанням умов живлення за енергоощадної та інтенсивних технологій вирощування, які передбачають зростаючі дози внесення добрив, кількість фертильних квіток збільшувалася від 55 (вар. 1). до 59 (вар. 2). квіток проти 51 на контролі (вар. 12). Найбільша кількість фертильних квіток у колосі спостерігалась за інтенсивної енергонасиченої технології 1 і 2 (вар. 5 і 6) і становила 65 і 64 квіток відповідно.

За результатами морфофізіологічних досліджень, 64–73% квіток, закладених на V етапі в центральному колосі пшениці озимої редукували, не досягнувши XII етапу.

Установлено, що покращання умов живлення рослин за енергоощадної (вар. 1), інтенсивної (вар. 2) та інтенсивних енергонасичених технологій 1 і 2 (вар. 3 і 5) дало змогу збільшити кількість квіток, які дійшли в своєму розвитку до XII етапу (зернівки) в колоссі обох порядків. Так, озерненість центрального колосу за ощадних технологій на 6 шт. (вар. 1) перевищувала їх кількість на контролі (вар. 12), за інтенсивних технологій на 12 шт. (вар. 2), за інтенсивних енергонасичених технологій 1 і 2 (вар. 3 і 5). на 16 і 17 шт. вище контролю. Недостатня кількість елементів живлення на контролі (без добрив) значно знижувала озерненість колосу до 35 шт. на колос.

Для встановлення залежності формування продуктивності агроценозу пшениці озимої і його окремих елементів від умов живлення рослин за різних технологій вирощування та для оцінки рівня забезпеченості рослин пшениці озимої елементами живлення на основних етапах органогенезу проводили визначення вмісту загального азоту, фосфору і калію в листі пшениці озимої на IV, IX етапах органогенезу (табл. 2).

Результати визначень показали, що на IV етапі органогенезу вміст основних елементів живлення в листі пшениці озимої змінювався в межах 3,15–4,75% азоту, 0,28–0,49 фосфору і 2,40–3,54% калію залежно від технології вирощування, а варіабельність відповідала середньому рівню з відповідними коефіцієнтами варіації 16,72%, 20,89 і 15,03%. Кількість загального азоту, фосфору і калію в листі пшениці озимої залежала від внесених норм добрив за відповідних технологій вирощування.

Установлено, що за технологій із внесенням різних норм мінеральних добрив, вміст азоту в листі на цьому етапі відповідав оптимальним параметрам забезпечення рослин азотом за В.В. Церлінг [22]. Низький рівень забезпеченості відмічали на контролі (без добрив, вар. 12), а також за альтернативної технології (вар. 10), за якої заробляли тільки побічну продукцію попередника. У забезпеченості рослин фосфором проявилась подібна закономірність. Забезпеченість калієм рослин пшениці озимої була на рівні оптимального за інтенсивної енергонасиченої технології 1 і 2 (вар. 3 і 5), а за інтенсивної (вар. 2), енергоощадної (вар. 1) та альтернативної (вар. 10) технологій вирощування забезпеченість рослин зберігалась на рівні низької або близькою до дуже низької (контроль).

До IX етапу органогенезу вміст азоту, фосфору і калію в листі зменшувався внаслідок інтенсивних ростових процесів рослин. Залежність вмісту азоту в листі від доз внесених добрив за відповідних технологій вирощування відмічали і на IX етапі органогенезу. За енергоощадної (вар. 1) та інтенсивних (вар. 2) технологій вирощування вміст азоту у листі пшениці озимої був на рівні оптимального, в межах 3,1–3,6%, тоді як за альтернативної технології (вар. 10) та на контролі (вар. 12) цей показник був низьким — 1,7% і 1,52%. Уміст фосфору в листі коливався в межах 0,25–0,41% і крім інтенсивної енергонасиченої технології 2 (вар. 5), де забезпеченість рослин була високою, за величиною вмісту відповідав оптимальним параметрам або наближався до них. Уміст калію в листі змінювався від 1,8% на контролі (вар. 12) до 2,32% за енергонасиченої технології 2 (вар. 5) і був дещо нижчий за оптимальні показники.

За результатами досліджень встановлено залежність між забезпеченістю основними елементами живлення пшениці озимої та формуванням елементів продуктивності на окремих етапах органогенезу. Так, уміст азоту в листі на IV етапі тісно корелював із загальною кількістю квіток у конусі наростання на *V* етапі (r=0,98), кількістю синхронно розвинених квіток на VI етапі (r=0,99), загальною щільністю стеблостою на VI етапі органогенезу (r=0,93). Кореляція цих показників із вмістом фосфору в листі теж була високою і становила відповідно (r=0,96, r=0,97, r=0,88) та з умістом калію (r=0,97, r=0,97, r=0,83). Визначено, що вміст азоту в листі на IV етапі тісно корелював з озерненістю колосу на XII етапі (r=0,98) та з величиною реалізації квіток, закладених на V етапі, у зернівках на XII етапі (r=0,96) і був обернено пропорційним величині редукції квіток з V по XII етап (r=–0,95).

Таблиця 2. **Вміст загального азоту, фосфору і калію в листі пшениці озимої на основних етапах органогенезу, % (середнє за 2012–2015 рр.)**

№ варіанта технологій	N, %		P, %		K, %	
	IV	IX	IV	IX	IV	IX
1	4,12	3,10	0,39	0,31	3,10	1,95
2	4,40	3,50	0,44	0,35	3,20	2,10
3	4,75	3,60	0,44	0,33	3,45	2,03
5	4,64	3,47	0,49	0,41	3,54	2,32
10	3,32	1,70	0,31	0,26	2,60	1,85
12	3,15	1,52	0,28	0,25	2,40	1,80
$\overline{X}\pm S\overline{x}$	*4,06±0,28*	*2,82±0,39*	*0,39±0,03*	*0,32±0,02*	*3,05±0,19*	*2,01±0,08*
V, %	16,72	33,76	20,89	18,68	15,03	9,39
$НІР_{05}$	1,01	1,41	0,12	0,09	0,68	0,28
Параметри вмісту	за В.В. Церлінг [21]					
	IV	IX	IV	IX	IV	IX
дуже низький	<2,5	<1,5	<0,30	<0,17	<2,5	<0,9
низький	2,8–3,2	1,8–2,0	0,35	0,17–0,22	2,8–3,2	1,1–1,8
оптимальний	3,5–4,5	3,0–3,7	0,40–0,55	0,28–0,34	3,5–4,2	2,5–2,8
високий	>5,5	>4,5	>0,60	>0,40	>5,0	>3,0

Установлено пряму залежність між умістом азоту в листі на IX етапі органогенезу та кількістю фертильних квіток на цьому самому етапі (r=0,87), озерненістю колосу (r=0,91), щільністю продуктивного стеблостою на IX етапі (r=0,82) та на XII етапі (r=0,90). Передусім щільність продуктивного стеблостою на XII етапі та озерненість колосу тісно корелювала з продуктивністю пшениці озимої (r_1=0,70, r_2=0,77). Цю залежність описує рівняння:

$$y = 0{,}016x_2 - 0{,}136x_1 + 1{,}088, \quad (1)$$

де y — урожайність, т/га; x_1 — озерненість колосу на XII етапі, шт.; x_2 — щільність продуктивного стеблостою на XII етапі, шт./м^2.

Коефіцієнт множинної кореляції дорівнює 0,98.

За результатами досліджень урожайність зерна пшениці озимої сорту Царівна в середньому за 2012–2015 рр. коливалася від 4,85 т/га за альтернативної технології вирощування до 5,9 т/га за інтенсивної проти 4,4 т/га на контролі з середнім рівнем варіабельності (V=10,5%) (табл. 3). Урожай соломи становив відповідно 5,81–8,55 т/га та 5,08 т/га зі значним варіюванням V=21,6 %.

Розрахунки виносу основних елементів живлення урожаєм зерна і соломи пшениці озимої показали, що для формування 1 т зерна та відповідної кількості соломи необхідно від 25,9 до 38,3 кг азоту, 9,5–11,3 фосфору, 20,5–31,1 кг калію. Залежність величини урожайності пшениці озимої від кількості поживних речовин, необхідних для формування 1 т зерна і відповідної кількості соломи описує рівняння 2:

$$y = 0{,}250x_1 - 2{,}316x_2 + 0{,}186x_3 + 16{,}114, \quad (2)$$

Таблиця 3. **Вплив технологій вирощування на урожайність, винос і кількість поживних речовин, необхідних для формування 1 т зерна та соломи пшениці озимої сорту Царівна, середнє за 2012–2015 рр.**

№ варіанта технологій	Урожайність, т/га		Винос зерном і соломою, кг/га			Кількість поживних речовин, необхідних для формування 1 т зерна і соломи, кг		
	зерна	соломи	N	P_2O_5	K_20	N	P_2O_5	K_20
1	5,68	7,09	166,0	53,9	130,1	29,3	9,5	22,9
2	5,90	8,55	195,0	59,9	158,3	33,1	10,2	26,8
3	5,40	8,43	207,1	61,0	168,0	38,3	11,3	31,1
5	5,53	8,85	205,2	61,2	172,0	37,1	11,1	31,1
10	4,85	5,81	130,1	46,2	104,5	26,9	9,5	21,6
12	4,42	5,08	114,5	41,8	89,5	25,9	9,5	20,2
$\bar{X}\pm S\bar{x}$	*5,30±0,23*	*7,30±0,64*	*169,7±16,3*	*54,0±3,4*	*137,1±14,1*	*31,8±2,1*	*10,2±0,3*	*25,6±2,0*
V, %	10,49	21,60	23,5	15,4	25,3	16,5	8,2	18,7
$НІР_{05}$	0,32	2,34	59,1	12,3	51,4	7,8	1,2	7,1

де y — урожайність, т/га; x_1 — винос азоту 1 т зерна і соломи, кг; x_2 — винос фосфору 1 т зерна і соломи, кг; x_2 — винос калію 1 т зерна і соломи, кг.

Коефіцієнт множинної кореляції дорівнює 0,99.

За технологій різної інтенсивності винос азоту урожаєм зерна і соломи з 1 га зростав від 130,1 кг/га за альтернативної технології (вар. 10) до 195 кг/га за інтенсивної (вар. 2) при 114,1 кг/га на контролі (вар. 12). Величина виносу фосфору змінювалась від 46,2 кг/га до 59,9 кг/га проти 41,8 кг/га на контролі, а калію від 104,5 кг/га до 158,3 кг/га та 89,5 кг/га відповідно. Найбільшу кількість азоту, фосфору та калію рослини виносили з основною та побічною продукцією за технологій інтенсивної енергонасиченої 1 та 2 (вар. 3 і 5).

Кількість азоту, фосфору і калію, яка використовувалась для формування основної продукції (зерна) змінювалась залежно від норм внесених добрив за відповідних технологій вирощування. Так, за альтернативної технології (вар. 10) урожаєм зерна виносилось 96,4 кг азоту, 36,3 фосфору і 30,0 кг калію, за енергоощадної (вар. 1) — 122,0 кг, 42,6 і 35,8 кг, за інтенсивної енергонасиченої 1 (вар. 3) — 131,3 кг, 41,6 та 34,0 кг проти 87,1 кг, 33,2 кг, 27,0 кг на контролі (вар. 12) відповідно.

Відсоткова частка виносу зерном у загальному виносі становила 63–76% азоту, 79–68 фосфору та 20–30% калію. Відповідно частка соломи в загальному виносі сягала 24–37% азоту, 21–32 фосфору, 70–80% калію, або 27,4–75,9 кг/га азоту, 8,6–19,4 фосфору і 62,5–134 кг/га калію. Ці величини важливо враховувати при використанні соломи на добриво.

Установлено, що з урожаєм зерна і соломи, крім азоту, фосфору і калію виноситься певна кількість мікроелементів та важких металів. Зокрема, з 1 т зерна і відповідною кількістю соломи виносилося 3,3–4,9 г міді з середнім рівнем варіабельності (V=15,7%), залежно від технології вирощування (табл. 4).

Із них 2,4–2,8 г цього елементу відчужувалося з поля із зерном, що становило 51–76% всього виносу. Кількість цинку, яка виносилась із 1 т зерна і відповідною кількістю соломи становила 15,3–18,3 г за незначної мінливості (V=7,1%), з них із зерном виносилось 11,3–12,8 г, або 62–78% всього виносу. Кількість міді і цинку, яка відчужувалась із зерном мало змінювалась залежно від технології вирощування. Величина виносу марганцю зростала від 31,1 г

Таблиця 4. **Винос мікроелементів та важких металів 1 т зерна пшениці озимої і відповідною кількістю соломи, середнє за 2012–2015 рр., г/т**

№ варіанта технологій	Винос 1 т зерна і соломи, г/т						
	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	Mn	Fe
1	3,9	15,3	2,3	0,1	9,0	44,6	119,0
2	4,5	16,6	2,8	0,3	11,1	63,7	145,3
3	4,9	18,3	3,1	0,3	10,9	62,8	156,0
5	4,6	17,7	3,1	0,3	10,6	58,5	153,1
10	3,5	15,9	2,0	0,1	7,1	31,1	61,4
12	3,3	15,8	2,0	0,1	6,6	27,7	56,3
$\overline{X}\pm S\overline{x}$	*4,1±0,3*	*16,6±0,5*	*2,6±0,2*	*0,2±0,0*	*9,2±0,8*	*48,1±6,5*	*115,2±18,6*
V, %	15,7	7,1	20,3	54,8	21,5	33,4	39,6
$НІР_{05}$	1,0	1,7	0,8	0,2	2,9	23,8	67,6

за альтернативної технології до 44,6 г за енергоощадної та до 63,7 г за інтенсивної проти 27,7 г на контролі. Відсоткова частка зерна в загальному виносі коливалась у межах 13–25%.

Аналогічна закономірність залежності величини виносу елементів живлення від технології вирощування спостерігалась у виносі заліза на 1 т зерна та відповідну кількість соломи. Його величина коливалась від 61,4 г за альтернативної технології (вар. 1) до 156,0 г за інтенсивної енергонасиченої 1 (вар. 3). Частка зерна у виносі становила 7–13%, решта його кількості 93–87% виносилась із соломою.

Разом з іншими елементами живлення 1 т зерна і відповідною кількістю соломи відчужувалося 2,0–3,1 г свинцю, 6,6–10,9 нікелю, 0,1–0,3 г кадмію за значною величиною коефіцієнта варіації відповідно 20,3%, 21,5 і 54,8%. У зерні містилось 0,6–0,7 г свинцю, 0,5–0,7 г нікелю. Уміст кадмію був на рівні 0,1 г лише в зерні, вирощеному за інтенсивних технологій. Частка у виносі становила 23–30% для свинцю, 6–8 для нікелю та 38–40% для кадмію.

ВИСНОВКИ

За результатами досліджень встановлено залежність між забезпеченістю основними елементами живлення пшениці озимої та формуванням елементів продуктивності на окремих етапах органогенезу.

Установлено, що за інтенсивної енергонасиченої технології 2 до XII етапу було збережено на 38% більше продуктивних стебел порівняно з контролем, на 26% — за інтенсивних та на 19% за ресурсоощадних технологій.

Морфофізіологічними дослідженнями доведено, що покращання умов живлення рослин за енергоощадної, інтенсивної та інтенсивних енергонасичених технологій дало можливість збільшити кількість квіток, які дійшли в своєму розвитку до XII етапу (зернівки) в колоссі обох порядків.

Визначено, що кількість азоту, фосфору і калію, яка використовувалась для формування основної продукції (зерна) змінювалась залежно від норм внесених добрив за відповідних технологій вирощування. Встановлено, що винос з урожаєм зерна і соломи азоту, фосфору, калію зростав за інтенсивних енергонасичених технологій. Так, за альтернативної технології урожаєм зерна виносилось 96,4 кг азоту, 36,3 фосфору і 30 кг калію, за енергоощадної — 122 кг, 42,6 і 35,8 кг, за інтенсивної енергонасиченої 1 — 131,3 кг, 41,6 і 34,0 кг проти 87,1 кг, 33,2 , 27,0 кг на контролі відповідно.

Установлено, що з 1 т зерна і відповідною кількістю соломи виносилося 3,3–4,9 г міді й 15,8–18,3 г цинку, і мало залежало від технології вирощування. Величина виносу марганцю і заліза зростала за інтенсивних енергонасичених технологій і коливалась

для марганцю від 31,1 г за альтернативної технології до 63,7 г за інтенсивної, заліза відповідно від 61,4 г до 156,0 г.

За високоінтенсивних технологій вирощування пшениці озимої рівень живлення макро- і мікроелементами позитивно впливав на густоту продуктивного стеблостою, кількість закладених квіток у конусі наростання стебел обох порядків і в кінцевому результаті на озерненість колосу і не виявляв обмежувальної дії на процес формування елементів продуктивності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Жемела Г.П. Добрива, урожай і якість зерна. Київ: Урожай, 1991. 136 с.
2. Крамарьов С.М. Продуктивність та якість зерна пшениці м'якої озимої залежно від мінерального живлення в умовах лівобережного Лісостепу України. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони*. 2014. № 6. С. 61–67.
3. Рожков А.О., Бобро М.А., Рижик Т.В. Формування продуктивності колоса рослин пшениці озимої залежно від строку сівби та норми висіву. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2016. № 1–2. С. 6–11.
4. Пальчук Н.С. Формування врожайності різними сортами пшениці озимої при вирощуванні після сої в умовах північної частини Степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2014. Вип. 4. С. 156–162.
5. Efretuei A. et al. Effect of nitrogen fertilizer application timing on nitrogen use efficiency and grain yield of winter wheat in Ireland. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*. 2016. 55 (1). P. 63–73. DOI: http://dx.doi.org/10.1515/ijafr-2016-0006.
6. Mandic V. et al. Nitrogen fertilizer influence on wheat yield and use efficiency under different environmental conditions. *Chilean journal of agricultural research*. 2015. Vol.75. No.1. pp. 92–97. DOI: http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392015000100013
7. Ivanina R. Influence of doses and methods of entering of nitrogen fertilizers on yield and quality of winter wheat grain. 2020. URL: https://agrovisnyk.com/pdf/en_2020_04_12.pdf. DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202004-12.
8. Журда С.Н. Формирование элементов урожая озимой пшеницы в зависимости от минеральных удобрений. *Селекция, семеноводство и агротехника зерновых и кормовых культур*. Сб. науч. тр. Белая Церковь. 1985. С. 56.
9. Horvat D. et al. The influence of mineral fertilization on winter wheat yield and quality. *Cereal Research Communications*, 2006. 34 (1). P. 429–432. DOI: https://doi.org/10.1556/crc.34.2006.1.107.
10. Фатєєв А.І., Мартиненко В.М., Собко А.Г. Продуктивність культур сівозміни і винос елементів живлення за різних систем удобрення та обробітку ґрунту. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 3. С. 11–14.
11. Нетіс І.Т., Подкопай І.І. Вплив водопостачання та мінерального живлення на фотосинтез і продуктивність озимої пшениці. *Зрошуване землеробство*. Вип. 26. Урожай, 1981. С. 21–26.
12. Лихочвор В. Система удобрення озимої пшениці. *Агробізнес*. 2016. № 18 (337). URL: http://www.agro-business.com.ua/agronomiia-siogodni/2180-systema-udobrennia-ozymoii-pshenytsi.html.
13. Бордюжа Н.П. Винос елементів живлення урожаєм різних сортів пшениці озимої за систематичного застосування добрив. *Научные труды Sworld*. 2016. Т. 7. No 44. С. 50–53. DOI: http://dx.doi.org/10.21893/2410-6720-2016-44-7-107.
14. Давидюк Г.В., Олійник К.М., Клименко І.І. Вплив технологій вирощування на вміст мікроелементів і важких металів у рослинах пшениці озимої. *Агроекологічний журнал*. 2019. № 3. С. 62–70. DOI: https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2019.183475.
15. Куперман Ф.М. Морфофизиология растений. Москва: Высшая школа, 1984. 240 с.
16. ДСТУ ISO 5983:1997, IDT. Корми для тварин. Визначення вмісту азоту і обчислення вмісту сирого білка методом К'єльдаля. [Чинний від 2005-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 13 с.
17. ДСТУ ISO 6491:1998, IDT. Корми для тварин. Визначення вмісту фосфору. Спектрометричний метод. [Чинний від 2006-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 10 с.
18. ДСТУ ISO 7485:2000, IDT. Корми для тварин. Визначення вмісту калію і натрію. Методи з використанням полуменево-емісійної спектрометрії. [Чинний від 2005-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 12 с.
19. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов: ГОСТ 30178-96. [Действует от 2002-04-01]. Киев: Госстандарт Украины, 2001. 9 с.
20. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
21. Селекція, насінництво і технології вирощування зернових колосових культур в Лісостепу України / за ред. В.Т. Колючого, В.В. Власенка, Г.Ю. Борсюка. Київ: Аграрна наука, 2007. 796 с.
22. Церлінг В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур. Москва: Агропромиздат, 1990. 235 с.

REFERENCES

1. Zhemela, H.P. (1991). *Dobryva, urozhai i yakist zerna [Fertilizers, yield and grain quality].* Kyiv: Urozhai [in Ukrainian].
2. Kramarov, S.M. (2014). Produktyvnist ta yakist zerna pshenytsi miakoi ozymoi zalezhno vid mineralnoho zhyvlennia v umovakh livoberezhnoho

Lisostepu Ukrainy [Productivity and grain quality of soft winter wheat depending on mineral nutrition in the conditions of the left-bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Biuleten Instytutu silskoho hospodarstva stepovoi zony — Bulletin of the Institute of Agriculture of the Steppe zone, 6*, 61–67 [in Ukrainian].

3. Rozhkov, A.O., Bobro, M.A. & Ryzhyk T.V. (2016). Formuvannia produktyvnosti kolosa roslyn pshenytsi ozymoi zalezhno vid stroku sivby ta normy vysivu [Formation of ear productivity of winter wheat plants depending on sowing time and sowing rate]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii — Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy, 1–2*, 6–11 [in Ukrainian].
4. Palchuk, N.S. (2014). Formuvannia vrozhainosti riznymy sortamy pshenytsi ozymoi pry vyroshchuvanni pislia soi v umovakh pivnichnoi chastyny stepu Ukrainy [Yield formation by different varieties of winter wheat when grown after soybeans in the northern part of the steppe of Ukraine]. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomoria — Bulletin of Agrarian Science of the Black Sea Region, 4*, 156–162 [in Ukrainian].
5. Efretuei, A. et al. (2016). Effect of nitrogen fertilizer application timing on nitrogen use efficiency and grain yield of winter wheat in Ireland. *Irish Journal of Agricultural and Food Research, 55 (1)*, 63–73. DOI: http://dx.doi.org/10.1515/ijafr-2016-0006 [in English].
6. Mandic, V. et al. (2015). Nitrogen fertilizer influence on wheat yield and use efficiency under different environmental conditions. *Chilean journal of agricultural research, 75, 1*. DOI: http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392015000100013 [in English].
7. Ivanina, R. (2020) Influence of doses and methods of entering of nitrogen fertilizers on yield and quality of winter wheat grain. URL: https://agrovisnyk.com/pdf/en_2020_04_12.pdf. DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202004-12 [in English].
8. Zhurda, S.N. (1985) Formirovaniye elementov urozhaya ozimoy pshenitsy v zavisimosti ot mineralnykh udobreniy [Formation of elements of the winter wheat yield depending on mineral fertilizers]. *Selektsiya. semenovodstvo i agrotekhnika zernovykh i kormovykh kultur. Sb. nauch. tr. Belaya Tserkov — Breeding, seed production and agricultural techniques of grain and fodder crops. Collection of scientific works Bila Tserkva, 56* [in Russian].
9. Horvat, D. et al. (2006). The influence of mineral fertilization on winter wheat yield and quality. *Cereal Research Communications, 34 (1)*, 429–432. DOI: https://doi.org/10.1556/crc.34.2006.1.107 [in English].
10. Fatieiev, A.I., Martynenko, V.M. & Sobko, A.H. (2016). Produktyvnist kultur sivozminy i vynos elementiv zhyvlennia za riznykh system udobrennia ta obrobitku gruntu [Productivity of crops of crop rotation and removal of nutrients under different systems of fertilizers and tillage]. *Visnyk ahrarnoi nauky — Bulletin of Agricultural Science, 3*, 11–14 [in Ukrainian].
11. Netis, I.T. & Podkopai, I.I. (1981). Vplyv vodopostachannia ta mineralnoho zhyvlennia na fotosyntez i produktyvnist ozymoi pshenytsi [Influence of water supply and mineral nutrition on photosynthesis and productivity of winter wheat]. *Zroshuvane zemlerobstvo — Irrigated agriculture, 26*, 21–26 [in Ukrainian].
12. Lykhochvor, V. (2016). Systema udobrennia ozymoi pshenytsi [Winter wheat fertilizer system]. *Ahrobiznes — Agribusiness, 18 (337)*. URL: http://www.agro-business.com.ua/agronomiia-siogodni/2180-systema-udobrennia-ozymoii-pshenytsi.html [in Ukrainian].
13. Bordiuzha, N.P. (2016). Vynos elementiv zhyvlennia urozhaiem riznykh sortiv pshenytsi ozymoi za systematychnoho zastosuvannia dobryv [Removal of nutrients by harvest of different varieties of winter wheat with systematic application of fertilizers]. *Nauchnyye trudy Sworld — Scientific works of Sworld, 7, 44*, 50–53. DOI: http://dx.doi.org/10.21893/2410-6720-2016-44-7-107 [in Ukrainian].
14. Davydiuk, H.V., Oliinyk, K.M. & Klymenko, I.I. (2019).Vplyv tekhnolohii vyroshchuvannia na vmist mikroelementiv i vazhkykh metaliv u roslynakh pshenytsi ozymoi [Influence of cultivation technologies on the content of microelements and heavy metals in winter wheat plants]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal, 3*, 62–70. DOI: https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2019.183475 [in Ukrainian].
15. Kuperman, F.M. (1984). *Morfofiziologiya rasteniy [Plant morphophysiology].* Moskva: Vysshaya shkola [in Russian].
16. Kormy dlia tvaryn. Vyznachennia vmistu azotu i obchyslennia vmistu syroho bilka metodom Kieldalia [Animal feed. Determination of nitrogen content and calculation of crude protein content by Kjeldahl method]. DSTU ISO 5983:1997, IDT (2005). [Chynnyi vid 2005-07-01]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 13 [in Ukrainian].
17. Kormy dlia tvaryn. Vyznachennia vmistu fosforu. Spektrometrychnyi metod [Animal feed. Determination of phosphorus content. Spectrometric method]. DSTU ISO 6491:1998, IDT. (2006). [Chynnyi vid 2006-01-01]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 10 [in Ukrainian].
18. Kormy dlia tvaryn. Vyznachennia vmistu kaliiu i natriiu. Metody z vykorystanniam polumenevoemisiinoi spektrometrii [Animal feed. Determination of potassium and sodium content. Methods using flame emission spectrometry]. DSTU ISO 7485:2000, IDT. (2005). [Chynnyi vid 2005-07-01]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 12 [in Ukrainian].
19. Syr'ye i produkty pishchevyye. Atomno-absorbtsionnyy metod opredeleniya toksichnykh elementov. [Raw material and food-stuffs. Atomic absorption method for determination of toxic elements]. (2001). *GOST 30178-96. from 01th April 2002*. Kiev: Gosstandart Ukrainy [in Russian].
20. Dospehov, B.A. (1985). *Metodika polevogo opyta [Methodology of field experiment].* Moskva: Agropromizdat [in Russian].

21. Koliuchoho, V.T., Vlasenka, V.V. & Borsiuka, H.Iu. (Eds.). (2007). *Selektsiia, nasinnytstvo i tekhnolohii vyroshchuvannia zernovykh kolosovykh kultur v Lisostepu Ukrainy [Breeding, seed production and technologies of growing grain crops in the Forest-Steppe of Ukraine].* Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].

22. Tserling, V.V. (1990). *Diagnostika pitaniya selskokhozyaystvennykh kultur [Diagnostics of nutrition of agricultural crops].* Moskva: Agropromizdat [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 11.07.2020

УДК 631.6:631.415 DOI: https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2020.219450

ВПЛИВ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ ТА ХІМІЧНОЇ МЕЛІОРАЦІЇ НА СТУКТУРУ ВБИРНОГО КОМПЛЕКСУ СІРОГО ЛІСОВОГО ҐРУНТУ

О.В. Дмитренко[1], А.І. Павліченко[2]

[1] Державна установа «Інститут охорони ґрунтів» (м. Київ, Україна)
e-mail: ecolab23071964@ukr.net; ORCID: 0000-0002-6945-7637
[2] ННЦ «Інститут землеробства НААН» (смт Чабани, Києво-Святошинський р-н, Київська обл., Україна)
e-mail:alladvd@ukr.net; ORCID: 0000-0001-6930-2312

Одні з найпоширеніших ґрунтів в Україні — це ґрунти лісового походження. Ці ґрунти являють собою цінний землеробський фонд, раціональне використання якого неможливе без детального вивчення їх педогенезу, фізико-хімічних та інших властивостей у загальному аспекті. Ці ґрунти сформувалися в умовах промивного водного режиму і відзначаються кислою реакцією ґрунтового розчину. Останнє сприяє вилуговуванню основ із гумусово-елювіального горизонту, що змінює іонну рівновагу в ґрунтовому розчині і зменшує ступінь насичення ними ґрунтового вбирного комплексу, що являє собою сукупність мінеральних, органічних і органо-мінеральних компонентів твердої частини ґрунту, які спроможні до іонообмінної здатності. Вбирна здатність ґрунтів належить до однієї з найважливіших функцій, оскільки безпосередньо бере участь у процесах ґрунтоутворення і формування їх родючості. Дослідження, що проводяться в довготривалому польовому досліді, закладеному в 1992 р. на сірому лісовому ґрунті з метою визначення агрогенних факторів, а саме — довготривале застосування різних систем удобрення (мінеральних сидератів та побічної рослинної продукції і органо-мінеральної системи) та вапнування, показали на зміни в структурі обмінних катіонів ґрунтово-вбирний комплекс (ҐВК) і фізико-хімічні властивості досліджуваного ґрунту за умов інтенсивного його використання як «орна земля» з метою підвищення його ефективної родючості. Для більш об'єктивної оцінки вище вказаних факторів на зміни вбирного комплексу ґрунту отримані повариантні результати порівнювалися не тільки з абсолютним контролем, а й прив'язувалися до вихідного стану, тобто ґрунту цілинної ділянки, розташованої поряд із дослідним полем. На тлі проведених досліджень встановлено, що системи удобрення неоднаково впливають на вміст обмінних основ у ҐВК та їх співвідношення, суму обмінних катіонів, ємність вбирання катіонів і ступінь насичення ґрунту основами. Відмічено позитивний вплив хімічних меліорантів на фізико-хімічні властивості сірого лісового ґрунту. У ґрунтовому вбирному комплексі збільшується вміст обмінних кальцію і магнію, покращується співвідношення між ними, підвищується вміст поглинання.

Ключові слова: *кальцій, магній, вапнування, гумусованість, катіонно-обмінна здатність.*

ВСТУП

Сірі лісові ґрунти Лісостепу формувалися в умовах періодично промивного водного режиму, внаслідок чого відзначаються кислою реакцією ґрунтового розчину (pH від 4,4 до 6,0), яка зумовлює високу рухомість елементів живлення та їх вилуговування з кореневмісного шару аж до ґрунтових вод. Характерною особливістю кислих ґрунтів є зрушення кислотно основ-

© О.В. Дмитренко, А.І. Павліченко, 2020