

ФОРМУВАННЯ БАЛАНСУ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ ЗА ВИРОЩУВАННЯ РІЗНИХ СОРТІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ

Г. М. ГОСПОДАРЕНКО, доктор сільськогосподарських наук

В. В. ЛЮБИЧ, доктор сільськогосподарських наук

Т. В. СІЛФОНОВ, здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (доктор філософії)

Уманський національний університет садівництва

Господарське винесення основних елементів живлення залежить від удобрення, врожайності сорту пшениці м'якої озимої та погодних умов вегетаційного періоду. Так, господарське винесення азоту змінюється від 130,8 до 192,3 кг/га за азотних систем, від 148,7 до 214,6 кг/га за внесення повного мінерального добрива залежно від погодних умов. Господарське винесення фосфору змінюється відповідно від 57,2 до 80,3 кг/га та від 64,1 до 93,2 кг/га, а господарське винесення калію – від 98,9 до 132,3 і від 118,7 до 155,9 кг/га. За умови видалення соломи з поля лише зерна на ділянках дослідів з внесенням 150 кг/га азоту добрив інтенсивність його балансу складає 95,2–132,5 %. Інтенсивність балансу фосфору 113,4–169,5 % залежно від системи удобрення і сорту пшениці озимої забезпечує внесення фосфорних добрив у дозі 60 кг/га д. р. Доза фосфорних добрив 30 кг/га д. р. недостатня для формування урівноваженого балансу фосфору. Інтенсивність балансу калію в усіх варіантах дослідів з внесенням 30 і 60 кг/га д. р. калійних добрив і залишенні соломи на полі складається на рівні 114,0–402,0 % залежно від системи удобрення та сорту пшениці озимої.

Ключові слова: різностиглі сорти, системи удобрення, господарське винесення, азот, фосфор, калій, баланс, інтенсивність балансу.

Вступ. Передбачається, що глобальна температура постійно зростатиме через зміну клімату, негативно впливаючи на ріст і врожайність пшениці озимої. Оптимізація традиційних сільськогосподарських заходів необхідна для пом'якшення потенційних втрат урожаю пшениці озимої, спричинених майбутніми змінами клімату [1]. Крім цього, очікується, що до 2050 року чисельність населення світу досягне щонайменше 9 мільярдів, що потребуватиме на 70 % більше продукції [2]. За останні п'ять десятиліть виробництво зерна тільки у Китаї зросло в чотири рази. При цьому більше половини збільшення виробництва рослинництва можна пояснити швидким зростанням споживання хімічних речовин, зокрема хімічних добрив [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За останні 50 років широке використання хімічних добрив значною мірою сприяло величезному збільшенню

світового виробництва продуктів харчування, а сучасне сільське господарство нагодує 6000 мільйонів людей [4, 5]. Широке використання різноманітних хімічних добрив у високопродуктивному сільськогосподарському виробництві з високими затратами призводить до низької ефективності використання ресурсів і низки екологічних проблем, включаючи евтрофікацію водних організмів, забруднення ґрунтових вод, деградацію ґрунтів і викиди парникових газів [6, 7].

Пшениця (*Triticum aestivum* L.) – одна з трьох основних зернових культур у світі та основна продовольча культура багатьох країн. Певна кількість хімічних добрив може забезпечити високий урожай зерна, але врожайність зерна швидко знижується, якщо кількість хімічних засобів буде перевищувати оптимальні дози [8]. Хоча добрива є невід’ємною частиною сільськогосподарського виробництва, надмірне внесення добрив призводить до їх втрати. Водночас, накопичення поживних речовин у ґрунті та неефективне використання добрив може спричинити негативні явища в навколишньому природному середовищі [9]. Для стабільної продовольчої безпеки необхідно визначити баланс елементів живлення в ґрунті, який забезпечував би формування високого рівня врожайності без негативного впливу на біоценоз [10].

У багатьох країнах існують проблеми нерівномірного розподілу та низького рівня використання добрив в основних районах вирощування пшениці [11]. Азот є першою складовою, яка обмежує врожайність пшениці, потім йдуть фосфор і калій. Застосування азоту, яке відповідає, але не перевищує вимоги культур до азоту, має вирішальне значення для досягнення максимального врожаю та мінімізації екологічних ризиків [12]. Виробництво зернових також значною мірою залежить від застосування фосфорних добрив для досягнення продовольчої безпеки, зокрема, фосфорне живлення рослин пшениці покращує врожайність завдяки збільшенню формування фертильних колосів [13].

Встановлено, що температура та висока концентрація викидів були основними факторами, які впливають на врожайність польових культур в умовах майбутніх змін клімату. Очікується, що підвищення температури, прогнозоване з 2021 до 2100 р., скоротить фенологічний період пшениці озимої на 2–16 діб і знизить врожайність зерна на 2,9–12,7 % порівняно з періодом з 1981 до 2020 рік. Навпаки, щільність довжини коренів та їх маса в рослин пшениці озимої збільшилася б на 1,2–10,9 % і 0,2–24,1 % відповідно [14]. Тому в умовах забезпечення формування стабільного рівня врожаю за різних погодних умов доцільно визначити баланс елементів живлення в ґрунті. При цьому для пшениці озимої цей захід є важливим, оскільки вона займає великі площі посіву.

Мета статті – визначити баланс азоту, фосфору та калію в ґрунті за вирощування різних сортів пшениці м’якої озимої залежно від системи удобрення.

Методика досліджень. Дослідження проводили у стаціонарному досліді кафедри агрохімії і ґрунтознавства Уманського національного університету садівництва впродовж 2020–2022 рр. «Агрохімічна ефективність різного співвідношення видів мінеральних добрив у зерно-просапній сівоzmіні» (атестат НААН № 87). Рельєф дослідного поля, де проводилися польові досліді, являє

собою вирівняне, підвищене плато вододілу з пологими 2–3° схилами південно-східної та північно-західної експозицій. Підземні води залягають на глибині 22–24 м, тому вони не впливають на властивості і будову ґрунту.

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі з умістом гумусу 3,8 %, вміст азоту легкогідролізованих сполук (за методом Корнфілда) низький (105 мг/кг), рухомих сполук фосфору та калію (за методом Чирикова, екстракція 0,5 м СН₃СООН) – відповідно підвищений (106 мг/кг) і високий (132 мг/кг), рН_{КСІ} – 5,7. Чорноземи опідзолені в межах Лісостепу України залягають на площі 2,02 млн га, в тому числі орних – 1,75 млн га. Як і в інших регіонах країни, не займають суцільної смуги, а розміщені окремими масивами у верхній частині вододілів і на пологих схилах. Вони займають близько 16 % загальної площі Лісостепу і найбільш розповсюджені на Правобережжі. Для профілю чорнозему опідзоленого характерне об'єднання генетичних ознак, властивих чорноземам типовим (глибока і висока гумусованість, наявність кротовин та ін.) і темно-сірим лісовим ґрунтам (більш-менш чітка диференціація профілю за алювіально-ілювіальним типом, білувата присипка в гумусовому горизонті, ущільнення та оглинювання в середній частині профілю, глибока вилуженість карбонатів).

Чорноземи опідзолені характеризуються невеликим запасом органічних речовин у гумусовому горизонті та глибоким заляганням карбонатного горизонту. В цих ґрунтах карбонати залягають на такій глибині, звідки не завжди забезпечується їх підняття до гумусового горизонту. Через це у верхній частині гумусового горизонту періодично може встановлюватись дефіцит кальцію в ґрунтового розчині та слабкокіслова реакція.

Гранулометричний склад водороздільних ґрунтів, незалежно від генетичної породи, суглинковий на північній периферії зони крупнопилувато-важкосуглинковий у середній смузі – крупнопилуватий, а в південній частині, що межує зі Степом – важкосуглинковий і навіть легкоглинистий. Характерною особливістю чорнозему опідзоленого є глибоке залягання карбонатів нижче гумусового горизонту. Товщина ґрунтового профілю, включаючи горизонт R(h)k, становить 140–160 см. Будова ґрунту у межах профілю помірно щільна, гранулометричний склад однорідний. Ступінь насиченості основами 87–97 % із середньокислою реакцією ґрунтового розчину. Потенційна кислотність змінюється від 1,8 до 4,2 смоль/кг ґрунту. Максимальна ємність вбирання катіонів у верхньому горизонті 29–32 смоль/кг ґрунту. Глибина залягання ґрунтових вод на більшості території в межах 5–10 м, на південь збільшується до 12–15 м, сезонні зміни цього рівня досягають у Лісостепу 1,2–1,5 м. Тому ґрунтові води з такої глибини не можуть істотно впливати на ґрунтоутворювальні процеси та надавати ґрунту певних ознак чи властивостей.

Отже, властивості ґрунту і рельєф дослідного поля відповідають основним ґрунтовим різновидностям помірно-континентальної східноєвропейської ґрунтово-кліматичної фації, в межах якої можуть бути поширені отримані результати дослідження.

Дослід має географічні координати за Гринвічем 48° 46' північної широти і

30° 14' східної довготи, закладеному в 2011 р. на дослідному полі Уманського НУС. Дослід одночасно розгорнутий на чотирьох полях, що дає змогу щорічно отримувати дані врожайності всіх культур сівозміни (пшениця озима, кукурудза, ячмінь ярий, соя). Повторення досліду триразове. Площа облікової ділянки 72 м².

Метою польового досліду є встановлення ефективності дії різних видів, доз і співвідношень мінеральних добрив на врожайність і якість зерна та насіння польових культур, родючість чорнозему опідзоленого. Схема досліду включає 11 варіантів комбінацій і окремого внесення мінеральних добрив і, в тому числі, контрольний варіант без удобрення (табл. 1).

Табл. 1. Схема досліду

Варіант досліду: середня доза елементів живлення в сівозміні (кг д. р/га за рік)	Внесення добрив під культури сівозміни			
	Пшениця озима	Кукурудза	Ячмінь ярий	Соя
Без добрив (контроль)	—	—	—	—
N ₅₅	N ₇₅	N ₈₀	N ₃₅	N ₃₀
N ₁₁₀	N ₁₅₀	N ₁₆₀	N ₇₀	N ₆₀
P ₆₀ K ₈₀	P ₆₀ K ₈₀	P ₆₀ K ₁₁₀	P ₆₀ K ₇₀	P ₆₀ K ₆₀
N ₁₁₀ K ₈₀	N ₁₅₀ K ₈₀	N ₁₆₀ K ₁₁₀	N ₇₀ K ₇₀	N ₆₀ K ₆₀
N ₁₁₀ P ₆₀	N ₁₅₀ P ₆₀	N ₁₆₀ P ₆₀	N ₇₀ P ₆₀	N ₆₀ P ₆₀
N ₅₅ P ₃₀ K ₄₀	N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	N ₈₀ P ₃₀ K ₅₅	N ₃₅ P ₃₀ K ₃₅	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₈₀	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	N ₁₆₀ P ₆₀ K ₁₁₀	N ₇₀ P ₆₀ K ₇₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀
N ₁₁₀ P ₃₀ K ₄₀	N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	N ₁₆₀ P ₃₀ K ₅₅	N ₇₀ P ₃₀ K ₃₅	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀
N ₁₁₀ P ₆₀ K ₄₀	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	N ₁₆₀ P ₆₀ K ₅₅	N ₇₀ P ₆₀ K ₃₅	N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀
N ₁₁₀ P ₃₀ K ₈₀	N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	N ₁₆₀ P ₃₀ K ₁₁₀	N ₇₀ P ₃₀ K ₇₀	N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀

У варіанті досліду, де середня доза елементів живлення у сівозміні на гектар становить N₁₁₀P₆₀K₈₀, заплановано повне (100 %) компенсування добривами середньорічного господарського їх винесення культурами сівозміни. Схему досліду складено так, щоб за результатами проведених досліджень можна було визначити можливість зниження доз окремих видів мінеральних добрив. Розміщення варіантів у досліді послідовне. Розгортання досліду одночасно на чотирьох полях дає змогу щорічно отримувати дані врожайності всіх культур 4-пільної польової сівозміни. Повторення досліду триразове. Загальна площа дослідної ділянки 110 м², облікова – 72 м².

Фосфорні (суперфосфат гранульований) і калійні (калій хлористий) добрива вносили під зяблевий обробіток ґрунту, азотні (аміачна селітра) – під передпосівну культивуацію та в підживлення пшениці озимої. Нетоварна частина врожаю культур сівозміни (солома, стебеління) залишається на полі на добриво. Баланс елементів живлення в ґрунті розраховували за спрощеною методикою. Азот, що надходив у ґрунт з насінням, атмосферними опадами і фіксований з повітря вільноіснуючими мікроорганізмами прирівнювали до природних витрат (ерозія, вимивання, звітрювання), вважали, що втрати фосфору та калію від ерозії й вимивання покривалися надходженням з насінням і атмосферними опадами.

Результати досліджень. Встановлено, що винесення азоту пшеницею озимою із зерном і соломкою змінюється в значних межах 93,1–214,6 кг/га залежно від погодних умов вегетаційного періоду, удобрення та сорту (табл. 2).

Табл. 2. Господарське винесення азоту з урожаєм зерна та соломи різних сортів пшениці м'якої озимої залежно від системи удобрення, кг/га

Варіант досліджу	Рік проведення дослідження			Середнє
	2020	2021	2022	
Сорт КВС Еміл				
Без добрив (контроль)	93,1	108,9	126,1	109,4
N ₇₅	130,8	150,8	171,6	151,1
N ₁₅₀	168,0	192,3	188,6	183,0
P ₆₀ K ₈₀	99,8	119,0	133,0	117,3
N ₁₅₀ K ₈₀	190,4	197,8	196,3	194,8
N ₁₅₀ P ₆₀	193,6	201,7	194,5	196,6
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	148,7	169,5	184,3	167,5
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	198,3	214,6	201,0	204,6
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	191,9	205,3	200,1	199,1
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	198,4	213,1	197,2	202,9
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	189,9	205,9	196,7	197,5
Лінія Пріно				
Без добрив (контроль)	96,1	119,8	104,6	106,8
N ₇₅	117,4	144,1	142,3	134,6
N ₁₅₀	133,8	158,9	159,5	150,7
P ₆₀ K ₈₀	102,6	126,9	107,1	112,2
N ₁₅₀ K ₈₀	149,1	172,9	178,0	166,7
N ₁₅₀ P ₆₀	155,7	179,2	177,6	170,8
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	131,8	161,8	156,9	150,2
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	173,1	200,6	188,7	187,5
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	165,3	181,1	180,4	175,6
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	170,5	196,2	185,6	184,1
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	170,4	187,9	182,8	180,4

При цьому необхідно зазначити, що найбільший вплив на цей показник має система застосування добрив. Особливо її азотна складова. Так, внесення лише азотних добрив у дозі 75 і 150 кг/га д. р. у середньому за три роки проведення досліджень підвищувало винесення азоту порівняно з неудобреними ділянками у сорту КВС Еміл відповідно на 38 і 67 %, а в лінії Пріно – на 26 і 42 %. Тобто рослини лінії Пріно менше реагує на поліпшення азотного живлення.

Внесення лише фосфорних і калійних добрив (варіант P₆₀K₈₀) підвищувало засвоєння азот з ґрунту на 5,4–7,9 кг/га або на 5–7 % залежно від сорту. За внесення азотних добрив у дозі 150 кг/га д. р. на їх тлі підвищувало винесення азоту на 87,3 кг/га сортом КВС Еміл і на 75,3 кг/га лінією Пріно. При цьому

необхідно зазначити, що внесення азотних добрив навіть не на високому тлі фосфорних і калійних, сприяє ліпшому засвоєнню азоту рослинами. На ділянках досліду з парними комбінаціями основних елементів живлення найбільший приріст господарського винесення азоту забезпечував варіант досліду N₁₅₀P₆₀. За внесення на цьому тлі калійних добрив у дозі 40 і 80 кг/га д. р. винесення азоту сортом КВС Еміл підвищувалось на 6,3–8,0 кг/га або на 3–4 %. Необхідно також зазначити, що рослини лінії Пріно за цим показником краще реагувала на внесення калійних добрив – приріст господарського винесення азоту підвищувався в середньому за три роки проведення досліджень на 6–10 %. Зниження в складі повного мінерального добрива (N₁₅₀P₆₀K₈₀) дози фосфорних або калійних добрив удвічі, або обох з них (варіант N₁₅₀P₃₀K₄₀) у середньому зменшувало господарське винесення азоту на 1,5–7,9 кг/га або на 1–4 %.

Господарське винесення фосфору пшеницею озимою значно менше, ніж азоту (табл. 3).

Табл. 3. Господарське винесення фосфору (P₂O₅) з урожаєм зерна та соломи різних сортів пшениці м'якої озимої залежно від системи удобрення, кг/га

Варіант досліду	Рік проведення дослідження			Середнє за три роки
	2020	2021	2022	
Сорт КВС Еміл				
Без добрив (контроль)	43,1	50,8	57,2	50,4
N ₇₅	57,2	67,7	69,3	64,7
N ₁₅₀	68,1	80,3	73,8	74,1
P ₆₀ K ₈₀	48,8	59,0	65,4	57,7
N ₁₅₀ K ₈₀	74,6	81,1	77,6	77,8
N ₁₅₀ P ₆₀	79,9	86,7	85,8	84,1
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	64,1	74,1	77,7	72,0
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	80,5	93,2	88,8	87,5
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	77,9	85,2	82,0	81,7
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	81,3	92,5	84,5	86,1
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	79,8	86,4	81,7	82,6
Лінія Пріно				
Без добрив (контроль)	38,7	48,2	45,6	44,2
N ₇₅	44,4	55,5	56,0	52,0
N ₁₅₀	47,6	59,3	59,7	55,5
P ₆₀ K ₈₀	42,6	53,8	49,6	48,7
N ₁₅₀ K ₈₀	54,6	64,0	64,2	60,9
N ₁₅₀ P ₆₀	60,0	69,9	67,0	65,6
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	50,4	62,8	63,2	58,8
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	65,7	77,9	71,0	71,5
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	62,3	69,4	66,9	66,2
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	65,0	76,7	70,5	70,7
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	62,8	71,6	67,7	67,4

Як і на винесення азоту, на винесення фосфору найбільше впливає внесення азотних добрив як окремо, так і в поєднанні з фосфорними і калійними добривами. Винесення фосфору також залежало від умов вегетаційного періоду і збільшувалося навіть на ділянках досліду без добрив за більш сприятливої погоди на 9,5–14,2 кг/га або на 25–33 % залежно від сорту. У складі повного мінерального добрива (N₁₅₀P₆₀K₈₀), якщо порівнювати з парними комбінаціями основних елементів живлення, винесення фосфору рослинами сорту КВС Еміл найбільше збільшувала азотна складова – на 52 %, фосфорна – на 12 і калійна – на 4 %. Аналогічні закономірності простежувалися і в лінії Пріно. Зниження дози внесення фосфорних добрив до 30 кг/га д. р. у складі повного добрива (варіант досліду N₁₅₀P₃₀K₈₀) зменшувало господарське винесення фосфору пшеницею озимою незалежно від сорту.

Господарське винесення калію, як азоту й фосфору, найбільше залежало від умов азотного живлення рослин, ніж від доз калійних добрив (табл. 4).

Табл. 4. Господарське винесення калію (K₂O) з урожаєм зерна та соломи різних сортів пшениці м'якої озимої залежно від системи удобрення, кг/га

Варіант досліду	Рік проведення дослідження			Середнє
	2020	2021	2022	
Сорт КВС Еміл				
Без добрив (контроль)	73,2	83,5	96,1	84,3
N ₇₅	98,9	112,1	115,3	108,8
N ₁₅₀	119,4	132,3	122,4	124,7
P ₆₀ K ₈₀	83,1	95,7	107,3	95,4
N ₁₅₀ K ₈₀	149,2	142,9	144,1	145,4
N ₁₅₀ P ₆₀	138,5	138,0	134,9	137,1
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	118,7	126,3	131,2	125,4
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	154,2	155,9	148,4	152,8
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	147,0	145,4	141,9	144,8
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	149,9	150,7	141,8	147,5
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	152,7	151,4	147,0	150,4
Лінія Пріно				
Без добрив (контроль)	72,3	94,3	91,7	86,1
N ₇₅	84,2	108,4	111,6	101,4
N ₁₅₀	92,6	115,5	118,3	108,8
P ₆₀ K ₈₀	78,2	105,3	99,0	94,2
N ₁₅₀ K ₈₀	111,7	136,9	141,2	129,9
N ₁₅₀ P ₆₀	109,9	129,2	129,1	122,7
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	96,5	124,6	129,1	116,7
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	129,8	161,6	149,7	147,0
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	122,8	141,1	136,7	133,5
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	123,5	148,7	137,7	136,6
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	126,7	152,6	144,6	141,3

Як видно з даних табл. 4, у середньому за три роки проведення досліджень рослини сорту КВС Еміл більше виносили калію, ніж лінії Пріно. Лише в умовах 2021 року винесення калію лінією Пріно було дещо більшим. За внесення повного мінерального добрива (варіант $N_{150}P_{60}K_{80}$) у середньому за три роки проведення досліджень винесення калію порівняно з неудобреними ділянками збільшувалося на 68,5 кг/га сортом КВС Еміл і лінією Пріно – на 60,9 кг/га або відповідно на 45 і 41 %. На тлі парних комбінацій основних елементів живлення азотна складова в повному мінеральному добриві ($N_{150}P_{60}K_{80}$) сприяла підвищенню господарського винесення калію сортом КВС Еміл на 60 %, фосфорна – на 5 і калійна – на 11 %. Зменшення в складі повного добрива частки фосфорних і калійних добрив удвічі зменшувало винесення калію пшеницею озимою в середньому за три роки лише на 1–2 % залежно від сорту.

Як показують проведені розрахунки, баланс основних елементів живлення в ґрунті більше залежав від системи удобрення, ніж від сортів пшениці озимої (табл. 5). Як видно з даних табл. 5, за видалення поряд із зерном і соломі з поля в усіх варіантах дослідження, за виключенням N_{150} на лінії Пріно, складався різко дефіцитний баланс азоту. Баланс фосфору при цьому бував додатним лише у варіанті дослідження з парним поєднанням фосфорних і калійних добрив – 2,3–11,3 кг/га залежно від сорту пшениці озимої.

Порівняно з азотом і калієм потреба пшениці озимої у фосфорі є меншою. Фосфорні добрива під цю культуру вносяться у невисоких дозах (40–60 кг/га д. р.), що дозволяє забезпечувати додатний баланс фосфору в ґрунті. Баланс калію за видалення соломі з поля також був дефіцитним, особливо на ділянках дослідження з внесенням високих доз азотних добрив. За умови залишення соломі на полі під час збирання врожаю баланс азоту значно поліпшувався і наближався до урівноваженого. При цьому необхідно зазначити, що на ділянках дослідження з внесенням азотних добрив у дозі 75 кг/га д. р. він складався дефіцитним – -26,1...–54,5 кг/га залежно від сорту пшениці озимої та удобрення. Внесення фосфорних добрив у дозі 60 кг/га д. р. забезпечувало додатний баланс фосфору з показником 7,1–22,6 кг/га залежно від системи удобрення та сорту. Необхідно також зазначити, що внесення фосфорних добрив у дозі 30 кг/га д. р. під пшеницю озиму лінії Пріно забезпечувало формування балансу фосфору з незначним дефіцитом (–3,7...–8,2 кг/га) залежно від системи удобрення.

Баланс калію у варіантах дослідження з внесенням калійних добрив у дозі 40 і 80 кг/га д. р. складався додатним. Це свідчить про те, що на чорноземі опідзоленому дозу калійних добрив під пшеницю озиму можна знизити без істотного негативного впливу на калійний режим ґрунту і забезпечення рослин калієм.

Отже, якщо вся солома пшениці озимої буде зароблена у ґрунт, то значна частина азоту, що була засвоєна рослинами і зосереджена в надземній масі, повернеться в ґрунт. Нестача азоту в рослинах у кінці вегетації викликає його інтенсивну реутилізацію, унаслідок чого вміст його в соломі може значно знижуватися.

Табл. 5. Баланс основних елементів живлення за вирощування різних сортів пшениці м'якої озимої залежно від системи удобрення (2020–2022 рр.), кг/га

Варіант досліджу	Баланс за умови					
	видалення соломи з поля			залишення соломи на полі		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Сорт КВС Еміл						
Без добрив (контроль)	-109,4	-50,4	-84,3	-84,9	-31,1	-20,8
N ₇₅	-76,1	-64,7	-108,8	-42,2	-39,6	-26,4
N ₁₅₀	-33,0	-74,1	-124,7	7,3	-45,5	-30,8
P ₆₀ K ₈₀	-117,3	2,3	-15,4	-90,9	24,6	56,0
N ₁₅₀ K ₈₀	-44,8	-77,8	-65,4	-0,2	-47,3	45,7
N ₁₅₀ P ₆₀	-46,6	-24,1	-137,1	-1,5	9,2	-31,8
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	-92,5	-42,0	-85,4	-54,5	-14,2	9,1
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	-54,6	-27,5	-72,8	-7,5	7,1	43,7
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	-49,1	-51,7	-104,8	-3,0	-19,5	5,4
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	-52,9	-26,1	-107,5	-6,0	7,4	4,9
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	-47,5	-52,6	-70,4	-3,6	-19,9	44,3
Лінія Пріно						
Без добрив (контроль)	-106,8	-44,2	-86,1	-79,9	-26,1	-18
N ₇₅	-59,6	-52,0	-101,4	-26,1	-30,4	-21,0
N ₁₅₀	-0,7	-55,5	-108,8	36,8	-33,1	-22,9
P ₆₀ K ₈₀	-112,2	11,3	-14,2	-84,1	31,4	60,1
N ₁₅₀ K ₈₀	-16,7	-60,9	-49,9	25,6	-35,0	54,5
N ₁₅₀ P ₆₀	-20,8	-5,6	-122,7	22,2	22,6	-24,8
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	-75,2	-28,8	-76,7	-36,6	-3,7	16,6
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	-37,5	-11,5	-67,0	10,6	19,6	51,6
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	-25,6	-36,2	-93,5	19,7	-7,4	14,1
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	-34,1	-10,7	-96,6	12,4	20,0	13,1
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	-30,4	-37,4	-61,3	15,6	-8,2	52,6

Удобрювальний ефект від такої соломи буде мінімальний, а її розкладання буде гальмуватися та потребуватиме додаткового внесення азотних добрив, або ж викликатиме небажану іммобілізацію азоту. Це важливо врахувати під час складання системи удобрення наступних культур. Для формування оптимального балансу елементів живлення в ґрунті під пшеницею озимою першочергова увага має бути направлена на поліпшення азотного живлення, досягнення урівноваженого балансу азоту за урівноваженого або додатного балансу фосфору та незначного дефіциту калію.

Розрахунок інтенсивності балансу основних елементів живлення за вирощування різних сортів пшениці озимої показав, що за систем удобрення, що

вивчалися в дослід і за умови видалення соломи з поля не забезпечується відновлення їх вмісту в ґрунті (табл. 6).

Табл. 6. Інтенсивність балансу основних елементів живлення за вирощування різних сортів пшениці м'якої озимої залежно від системи удобрення (2020–2022 рр.), %

Варіант досліджу	Інтенсивність балансу за умови					
	видалення соломи з поля			залишення соломи на полі		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Сорт КВС Еміл						
N ₇₅	49,6	–	–	64,0	–	–
N ₁₅₀	82,0	–	–	105,1	–	–
P ₆₀ K ₈₀	–	104,0	83,9	–	169,5	333,3
N ₁₅₀ K ₈₀	77,0	–	55,0	99,9	–	233,2
N ₁₅₀ P ₆₀	76,3	71,3	–	99,0	118,1	–
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	44,8	41,7	31,9	57,9	67,9	129,4
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	73,3	68,6	52,4	95,2	113,4	220,4
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	75,3	36,7	27,6	98,0	60,6	115,6
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	73,9	69,7	27,1	96,2	114,1	114,0
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	75,9	36,3	53,2	97,7	60,1	224,1
Лінія Пріно						
N ₇₅	55,7	–	–	74,2	–	–
N ₁₅₀	99,5	–	–	132,5	–	–
P ₆₀ K ₈₀	–	123,2	84,9	–	209,8	402,0
N ₁₅₀ K ₈₀	90,0	–	61,6	120,6	–	313,7
N ₁₅₀ P ₆₀	87,8	91,5	–	117,4	160,4	–
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	49,9	51,0	34,3	67,2	89,0	170,9
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₈₀	80,0	83,9	54,4	107,6	148,5	281,7
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₄₀	85,4	45,3	30,0	115,1	80,2	154,4
N ₁₅₀ P ₆₀ K ₄₀	81,5	84,9	29,3	109,0	150,0	148,7
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₈₀	83,1	44,5	56,6	111,6	78,5	292,0

При цьому найбільша частка поживних речовин повертається в ґрунт з добривами за внесення під пшеницю озиму N₁₅₀P₆₀K₈₀ – азоту 76,3–80,0 %, фосфору – 68,6–83,9 і калію – 52,4–54,4 від винесеного з урожаєм. За умови видалення соломи з поля лише зерна на ділянках дослід з внесенням 150 кг/га азоту добрив інтенсивність його балансу складала 95,2–132,5 %. Інтенсивність балансу фосфору 113,4–169,5 % залежно від системи удобрення і сорту пшениці озимої забезпечувало внесення фосфорних добрив у дозі 60 кг/га д. р. Доза фосфорних добрив 30 кг/га д. р. була недостатньою для формування урівноваженого балансу фосфору. Інтенсивність балансу калію в усіх варіантах дослід з внесенням 30 і 60 кг/га д. р. калійних добрив і залишенні соломи на полі складалася на рівні 114,0–402,0 % залежно від системи удобрення та сорту.

Отже, калійна складова системи удобрення зазвичай не повинна бути направлена на формування додатного балансу цього елемента живлення в ґрунті. Валові запаси калію в ґрунтах України перевищують запаси азоту й фосфору, тому за інтенсивності його балансу 70–80 % зазвичай досягається формування високих урожаїв без значного негативного впливу на ґрунтову систему.

Узагальнення даних наукової літератури і результати проведених досліджень показують, що розміри засвоєння елементів живлення пшеницею озимою обумовлені складною взаємодією рослин, ґрунту, добрив і довкілля, а саме: властивостями ґрунтів, гідротермічними умовами вегетаційного періоду, рівнем удобрення, генетично обумовленими особливостями фізіології рослин тощо. Встановлено, що поглинання основних елементів живлення пшеницею озимою коригується генетичною специфікою сорту, погодними умовами у період вегетації і системою застосування добрив.

Висновки. Отже, господарське винесення основних елементів живлення залежить від удобрення, врожайності сорту пшениці м'якої озимої та погодних умов вегетаційного періоду. Так, господарське винесення азоту змінюється від 130,8 до 192,3 кг/га за азотних систем, від 148,7 до 214,6 кг/га за внесення повного мінерального добрива залежно від погодних умов. Господарське винесення фосфору змінюється відповідно від 57,2 до 80,3 кг/га та від 64,1 до 93,2 кг/га, а господарське винесення калію – від 98,9 до 132,3 і від 118,7 до 155,9 кг/га. При цьому необхідно зазначити, що найбільший вплив на цей показник має система застосування добрив. Особливо її азотна складова. Так, внесення лише азотних добрив у дозі 75 і 150 кг/га д. р. у середньому підвищує винесення азоту порівняно з неудобреними ділянками у сорту КВС Еміл відповідно на 38 і 67 %, а в лінії Пріно – на 26 і 42 %. Тобто рослини лінії Пріно менше реагують на поліпшення азотного живлення.

Внесення лише фосфорних і калійних добрив (варіант $P_{60}K_{80}$) підвищує засвоєння азот з ґрунту на 5,4–7,9 кг/га або на 5–7 % залежно від сорту. За внесення азотних добрив у дозі 150 кг/га д. р. на їх тлі підвищує винесення азоту на 87,3 кг/га сортом КВС Еміл і на 75,3 кг/га лінією Пріно. При цьому необхідно зазначити, що внесення азотних добрив навіть не на високому тлі фосфорних і калійних, сприяє ліпшому засвоєнню азоту рослинами. У складі повного мінерального добрива ($N_{150}P_{60}K_{80}$), якщо порівнювати з парними комбінаціями основних елементів живлення, винесення фосфору рослинами сорту КВС Еміл найбільше збільшує азотна складова – на 52 %, фосфорна – на 12 і калійна – на 4 %. Аналогічні закономірності простежуються і в лінії Пріно. Зниження дози внесення фосфорних добрив до 30 кг/га д. р. у складі повного добрива (варіант досліді $N_{150}P_{30}K_{80}$) зменшує господарське винесення фосфору пшеницею озимою незалежно від сорту.

Господарське винесення калію, як азоту й фосфору, найбільше залежить від умов азотного живлення рослин, ніж від доз калійних добрив. За внесення повного мінерального добрива (варіант $N_{150}P_{60}K_{80}$) у середньому за три роки проведення досліджень винесення калію порівняно з неудобреними ділянками збільшується на 68,5 кг/га сортом КВС Еміл і лінією Пріно – на 60,9 кг/га або

відповідно на 45 і 41 %. На тлі парних комбінацій основних елементів живлення азотна складова в повному мінеральному добриві (N₁₅₀P₆₀K₈₀) сприяє підвищенню господарського винесення калію сортом КВС Еміл на 60 %, фосфорна – на 5 і калійна – на 11 %. Зменшення в складі повного добрива частки фосфорних і калійних добрив удвічі зменшує винесення калію пшеницею озимою в середньому на 1–2 % залежно від сорту. За видалення поряд із зерном і соломи з поля в усіх варіантах дослідів, за виключенням N₁₅₀ на лінії Пріно, складається різко дефіцитний баланс азоту. Баланс фосфору при цьому додатний лише у варіанті дослідів з парним поєднанням фосфорних і калійних добрив – 2,3–11,3 кг/га залежно від сорту пшениці озимої.

Порівняно з азотом і калієм потреба пшениці озимої у фосфорі є меншою. Фосфорні добрива під цю культуру вносяться у невисоких дозах (40–60 кг/га д. р.), що дозволяє забезпечувати додатний баланс фосфору в ґрунті. Баланс калію за видалення соломи з поля також дефіцитний, особливо на ділянках дослідів з внесенням високих доз азотних добрив. За умови залишення соломи на полі під час збирання врожаю баланс азоту значно поліпшується і наближається до врівноваженого. При цьому необхідно зазначити, що на ділянках дослідів з внесенням азотних добрив у дозі 75 кг/га д. р. він складається дефіцитним – –26,1...–54,5 кг/га залежно від сорту пшениці озимої та удобрення.

Внесення фосфорних добрив у дозі 60 кг/га д. р. забезпечує додатний баланс фосфору з показником 7,1–22,6 кг/га залежно від системи удобрення та сорту. Необхідно також зазначити, що внесення фосфорних добрив у дозі 30 кг/га д. р. під пшеницю озиму лінії Пріно забезпечує формування балансу фосфору з незначним дефіцитом (-3,7...–8,2 кг/га) залежно від системи удобрення. Баланс калію у варіантах дослідів з внесенням калійних добрив у дозі 40 і 80 кг/га д. р. складається додатним. Це свідчить про те, що на чорноземі опідзоленому дозу калійних добрив під пшеницю озиму можна знизити без істотного негативного впливу на калійний режим ґрунту і забезпечення рослин калієм.

За умови видалення соломи з поля лише зерна на ділянках дослідів з внесенням 150 кг/га азоту добрив інтенсивність його балансу складає 95,2–132,5 %. Інтенсивність балансу фосфору 113,4–169,5 % залежно від системи удобрення і сорту пшениці озимої забезпечує внесення фосфорних добрив у дозі 60 кг/га д. р. Доза фосфорних добрив 30 кг/га д. р. недостатня для формування урівноваженого балансу фосфору. Інтенсивність балансу калію в усіх варіантах дослідів з внесенням 30 і 60 кг/га д. р. калійних добрив і залишенні соломи на полі складається на рівні 114,0–402,0 % залежно від системи удобрення та сорту пшениці озимої.

Література:

1. King T., Cole M., Farber J.M., Eisenbrand G., Zabarar D., Fox E.M., Hill J.P. Food safety for food security: Relationship between global megatrends and developments in food safety. *Trends Food Sci. Technol.* 2017. Vol. 68. P. 160–175.
2. Jiao X., Lyu Y., Wu X., Li H., Cheng L., Zhang C., Yuan L., Jiang R., Jiang B., Rengel Z., et al. Grain production versus resource and environmental costs: Towards increasing sustainability of nutrient use in China. *J. Exp. Bot.* 2016. Vol. 67.

P. 4935–4949.

3. Господаренко Г. М., Любич В. В. Реакція сортів тритикале ярого на рівень азотного живлення. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2010. Вип. 72. С. 21–30.

4. Любич В. В. Технологічні параметри виробництва зерна тритикале ярого, вирощеного за різних доз азотних добрив. *Вісник Уманського НУС*. 2023. №2. С. 74–82.

5. Любич В.В., Невлад В.І., Мартинюк А.Т. Продуктивність тритикале ярого за різних доз азотних добрив. *Агробіологія*. 2022. №1. С. 152–159.

6. Любич В.В., Полянецька І.О., Климович Н.М. Ураження пшениці м'якої ярої листовими хворобами залежно від рівня азотного живлення. *Агробіологія*. 2022. №1. С. 160–167.

7. Elser J.J., Elser T.J., Carpenter S.R., Brock W.A. Regime shift in fertilizer commodities indicates more turbulence ahead for food security. *PLoS ONE*. 2014. Vol. 9. e93998.

8. Любич В. В. Ураження пшениці м'якої озимої кореневими гнилями за різних доз добрив. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2022. Вип. 101. Ч. 1. С. 129–144.

9. Losacco D., Ancona V., De Paola D., Tumolo M., Massarelli C., Gatto A., Uricchio V.F. Development of Ecological Strategies for the Recovery of the Main Nitrogen Agricultural Pollutants: A Review on Environmental Sustainability in Agroecosystems. *Sustainability*. 2021. Vol. 13. 7163.

10. Ju X., Xing G., Chen X., Zhang S., Zhang L., Liu X., Cui Z., Yin B., Christie P., Zhu Z., et al. Reducing environmental risk by improving N management in intensive Chinese agricultural systems. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2009. Vol. 106. P. 3041–3046.

11. Леонова К. П., Моргун А. В., Коваленко А. М., Любич В. В. Технологічні параметри біоенергетики гібридів сорго цукрового за різної густоти стояння рослин у Правобережному Лісостепу. *Аграрні інновації*. 2022. №14. С. 72–77.

12. Yang X., Lu Y., Ding Y., Yin X., Raza S., Tong Y.A. Optimising nitrogen fertilisation: A key to improving nitrogen-use efficiency and minimising nitrate leaching losses in an intensive wheat/maize rotation (2008–2014). *Field Crops Res.* 2017. Vol. 206. P. 1–10.

13. Любич В. В., Пясецький П. І., Моргун А. В. Формування показників біоенергетики сортів сорго цукрового за різних строків сівби і збирання. *Вісник Уманського НУС*. 2022. №2. С. 85–90.

14. Jiang X., Li J., An Z., Liang J., Tian X., Chen Y., Sun Y., Li Y. Optimal Fertilization Strategies for Winter Wheat Based on Yield Increase and Nitrogen Reduction on the North China Plain. *Sustainability*. 2023. Vol. 15(5). 4199.

References:

1. King, T., Cole, M., Farber, J.M., Eisenbrand, G., Zabarar, D., Fox, E.M., Hill, J.P. (2017). Food safety for food security: Relationship between global megatrends and developments in food safety. *Trends Food Sci. Technol.*, no. 68, pp. 160–175.

2. Jiao, X., Lyu, Y., Wu, X., Li, H., Cheng, L., Zhang, C., Yuan, L., Jiang, R., Jiang, B., Rengel, Z., et al. (2016). Grain production versus resource and environmental costs: Towards increasing sustainability of nutrient use in China. *J. Exp. Bot.*, no. 67, pp. 4935–4949.

3. Hospodarenko, H.M., Liubych, V.V. (2010). Reaction of spring triticale varieties to the level of nitrogen nutrition. *Collection of scientific works of Uman NUH*, no. 72, pp. 21–30. [in Ukrainian].
4. Liubych, V. V. (2023). Technological parameters of spring triticale grain production grown under different doses of nitrogen fertilizers. *Bulletin of the Uman State University*, no. 2, pp. 74–82. [in Ukrainian].
5. Liubych, V. V., Nevlad, V. I., Martyniuk, A. T. (2022). Productivity of spring triticale under different doses of nitrogen fertilizers. *Agrobiology*, no. 1, pp. 152–159. [in Ukrainian].
6. Liubych, V. V., Polyanetska I. O., Klymovych, N. M. (2022). Affection of soft spring wheat by foliar diseases depending on the level of nitrogen nutrition. *Agrobiology*, no. 1, pp. 160–167. [in Ukrainian].
7. Elser, J. J., Elser, T. J., Carpenter, S. R., Brock, W. A. (2014). Regime shift in fertilizer commodities indicates more turbulence ahead for food security. *PLoS ONE*, no. 9, e93998.
8. Liubych, V. V. (2022). Affection of soft winter wheat by root rot at different doses of fertilizers. *Coll. of science of Umansky NUH*, no. 101, pp. 129–144. [in Ukrainian].
9. Losacco, D., Ancona, V., De Paola, D., Tumolo, M., Massarelli, C., Gatto, A., Uricchio, V.F. (2021). Development of Ecological Strategies for the Recovery of the Main Nitrogen Agricultural Pollutants: A Review on Environmental Sustainability in Agroecosystems. *Sustainability*, no. 13, 7163.
10. Ju, X., Xing, G., Chen, X., Zhang, S., Zhang, L., Liu, X., Cui, Z., Yin, B., Christie, P., Zhu, Z., et al. (2009). Reducing environmental risk by improving N management in intensive Chinese agricultural systems. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, no. 106, pp. 3041–3046.
11. Leonova, K. P., Morgun, A. V., Kovalenko, A. M., Liubych, V. V. (2022). Technological parameters of bioenergetics of sugar sorghum hybrids at different plant densities in the Right Bank Forest Steppe. *Agrarian innovations*, no. 14, pp. 72–77. [in Ukrainian].
12. Yang, X., Lu, Y., Ding, Y., Yin, X., Raza, S., Tong, Y. A. (2017). Optimising nitrogen fertilisation: A key to improving nitrogen-use efficiency and minimising nitrate leaching losses in an intensive wheat/maize rotation (2008–2014). *Field Crops Res.*, no. 206, pp. 1–10.
13. Liubych, V. V., Pyasetskyi, P. I., Morgun, A. V. (2022). Formation of indicators of bioenergetics of sugar sorghum varieties at different times of sowing and harvesting. *Bulletin of the Uman NUH*, no. 2, pp. 85–90. [in Ukrainian].
14. Jiang, X., Li, J., An, Z., Liang, J., Tian, X., Chen, Y., Sun, Y., Li, Y. (2023). Optimal Fertilization Strategies for Winter Wheat Based on Yield Increase and Nitrogen Reduction on the North China Plain. *Sustainability*, no. 15(5), 4199.

Annotation

Gospodarenko G. M., Lyubych V. V., Silifonov T. V.
Formation of the balance of basic nutrients when growing different varieties of soft winter wheat depending on the fertilization system

Objective – to determine the balance of nitrogen, phosphorus and potassium in the soil when growing different varieties of soft winter wheat depending on the fertilization system.

Methods. Field, measuring, calculation and comparative, analysis, statistical.

Results. The greatest influence on economic removal is the fertilizer application system. Especially its nitrogen component. Thus, the application of only nitrogen fertilizers at a dose of 75 and 150 kg/ha. g. on average over three years of research increases nitrogen removal compared to unfertilized areas in the KVS Emil variety by 38 and 67 %, respectively, and in the Prino line – by 26 and 42 %. That is, plants of the Prino line respond less to improved nitrogen nutrition. Applying only phosphorus and potassium fertilizers (variant P₆₀K₈₀) increases nitrogen uptake from the soil by 5.4–7.9 kg/ha or by 5–7 % depending on the variety. Applying nitrogen fertilizers at a dose of 150 kg/ha d. r. against their background increases nitrogen removal by 87.3 kg/ha by the KVS Emil variety and by 75.3 kg/ha by the Prino line. It should be noted that applying nitrogen fertilizers, even not against a high background of phosphorus and potassium, contributes to better nitrogen uptake by plants.

Economic removal of potassium, as nitrogen and phosphorus, depends more on the conditions of nitrogen nutrition of plants than on doses of potassium fertilizers. When applying a complete mineral fertilizer (variant N₁₅₀P₆₀K₈₀), on average over three years of research, potassium removal compared to unfertilized areas increases by 68.5 kg/ha for the KVS Emil variety and the Prino line by 60.9 kg/ha or by 45 and 41 %, respectively. Compared to nitrogen and potassium, the need for winter wheat in phosphorus is lower. Phosphorus fertilizers for this crop are applied in low doses (40–60 kg/ha dry matter), which allows ensuring a positive phosphorus balance in the soil. The potassium balance when removing straw from the field is also deficient, especially in the experimental areas with the application of high doses of nitrogen fertilizers. If straw is left on the field during harvesting, the nitrogen balance improves significantly and approaches a balanced one. It should be noted that in the experimental areas with the application of nitrogen fertilizers at a dose of 75 kg/ha of dry matter, it is deficient – -26.1...-54.5 kg/ha depending on the variety of winter wheat and fertilizer.

Conclusions. The economic removal of the main nutrients depends on fertilization, the yield of the soft winter wheat variety and weather conditions of the growing season. Thus, the economic removal of nitrogen varies from 130.8 to 192.3 kg/ha under nitrogen systems, from 148.7 to 214.6 kg/ha under the application of complete mineral fertilizer, depending on weather conditions. The economic removal of phosphorus varies from 57.2 to 80.3 kg/ha and from 64.1 to 93.2 kg/ha, respectively, and the economic removal of potassium – from 98.9 to 132.3 and from 118.7 to 155.9 kg/ha. If straw is removed from the field only grain in the experimental plots with the application of 150 kg/ha of nitrogen fertilizers, the intensity of its balance is 95.2–132.5 %. The intensity of the phosphorus balance is 113.4–169.5 %, depending on the fertilization system and the variety of winter wheat, ensures the application of phosphorus fertilizers at a dose of 60 kg/ha d. r. The dose of phosphorus fertilizers 30 kg/ha d. r. is insufficient to form a balanced phosphorus balance. The intensity of the potassium balance in all variants of the experiment with the application of 30 and 60 kg/ha d. r. of potash fertilizers and leaving straw on the field is at the level of 114.0–402.0 %, depending on the fertilization system and the variety of winter wheat.

Key words: different-ripening varieties, fertilization systems, economic application, nitrogen, phosphorus, potassium, balance, balance intensity.