

ЕФЕКТИВНІСТЬ ДОБОРУ КОМПОНЕНТІВ В ОЗИМИХ АГРОФІТОЦЕНОЗАХ ДЛЯ БІОЛОГІЗАЦІЇ ЗЕМЛЕРОБСТВА

Н. Я. ГЕТМАН¹, доктор сільськогосподарських наук

Р. М. ВАСИЛЕНКО², кандидат сільськогосподарських наук

С. П. ПОЛТОРЕЦЬКИЙ³, доктор сільськогосподарських наук

¹Вінницький національний аграрний університет

²Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН

³Уманський національний університет

Представлено результати досліджень особливостей формування зеленої маси, накопичення сухої речовини та біологічного азоту в травостой одновидових посівів озимих тритикале, ріпаку, горошку паннонського та їх агрофітоценозів залежно від норм висіву й удобрення. Вивчено вплив різного співвідношення компонентів сумішок і застосування азотних добрив на продуктивність травостою в умовах зрошення. Встановлено, що підживлення рослин аміачною селітрою в дозі N_{30} у період весняного куціння злакового компоненту на фоні передпосівного внесення добрива сприяло збільшенню приросту вегетативної маси, виходу сухої речовини та накопиченню біологічного азоту з урожаєм. Найвищу агрономічну ефективність забезпечило позакореневе підживлення комплексним добривом Платафол 30.10.10 у дозі 2 л/га у злаково-бобовому агрофітоценозі за оптимального співвідношення посівних норм компонентів – 50 % повної норми злаку до 75 % норми бобового компоненту.

Ключові слова: горошок паннонський, тритикале, ріпак, компоненти агрофітоценозу, азот, поживні речовини, мінеральні добрива, зелена маса, урожайність, конкурентоспроможність компонентів.

Вступ. Науково обґрунтоване застосування мінеральних добрив є одним із найдієвіших інструментів підвищення продуктивності рослин, здатним забезпечити приріст урожаю до 50 %. Проте надмірне їх використання в сільському господарстві спричиняє деградацію ґрунтової родючості, погіршення екологічного стану навколишнього середовища, а також накопичення в рослинній продукції залишкових кількостей нітратів, нітритів та інших шкідливих сполук, що негативно позначається на її якості та безпечності. Додатковим стримувальним чинником є суттєве зростання цін на мінеральні добрива в Україні, що спричиняє значне скорочення обсягів їх застосування в аграрному виробництві.

У цьому контексті особливої актуальності набуває біологізація землеробства – система господарювання, що передбачає збалансоване поєднання агротехнічних, агрохімічних і біологічних заходів з метою збереження родючості ґрунту, підтримання високого рівня врожайності й отримання екологічно безпечної продукції з мінімальною собівартістю.

Ключову роль у реалізації цього підходу відіграють бобові культури, здатні фіксувати атмосферний азот у симбіозі з бульбочковими бактеріями роду *Rhizobium*, що колонізують кореневу систему рослин. За літературними даними, азотфіксувальні мікроорганізми можуть засвоювати від 40 до 300 кг/га азоту на рік, трансформуючи його у форми, доступні для живлення рослин [1, 2, 7].

Незважаючи на наявні дослідження щодо вирощування змішаних посівів, питання оптимізації співвідношення компонентів бобово-злакових і капустяно-злакових агрофітоценозів в умовах зрошення, а також ефективності застосування мінеральних добрив на їх продуктивність залишаються недостатньо вивченими, що й зумовлює актуальність проведеного дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За висновками дослідників, бобові трави відіграють важливу роль у відновленні структури ґрунту та впровадженні енергоощадних систем його обробітку [6]. Наявність вологи в ґрунті на зрошуваних землях не лише поліпшує умови споживання рослинами поживних речовин, а й стимулює утворення бульбочок та їх функціонування [7]. Унаслідок цього активізується азотне живлення, посилюється ріст і розвиток рослин, синтез білків, вітамінів, гормонів та інших азотовмісних сполук у надземній масі, що сприяє підвищенню загальної продуктивності агроценозів.

Встановлено, що серед однорічних культур особливо ефективним є вирощування горошку паннонського, який завдяки акумуляції атмосферного азоту збагачує ґрунт на 50–100 кг/га азоту, поліпшує його структуру та фітосанітарний стан, а також забезпечує тваринництво високобілковим кормом [9]. Перспективним визнано використання горошку в сумісних посівах із злаковими культурами [10]. Інститутом кормів та сільського господарства Поділля доведено, що сумішки озимих форм горошку паннонського і високорослого тритикале забезпечують формування великої біомаси з високим вмістом білка та інших поживних речовин за низької собівартості виробництва [1]. Встановлено також ефективність використання тритикале в сумісних посівах з ріпаком озимим, що істотно поліпшує кормові якості отриманої продукції [4, 6].

Доведено, що в умовах змішаних посівів усередині агроценозу формується специфічний мікроклімат, що регулює випаровування вологи з ґрунту та покращує водозабезпечення рослин. Такі посіви відзначаються меншою залежністю від погодних умов завдяки різній реакції компонентів на дію несприятливих факторів навколишнього середовища [5]. Крім того, культури у сумісних посівах не лише краще витримують стресові умови та формують стабільно високу врожайність, а й подовжують продуктивний період використання травостою. За даними низки дослідників, компоненти сумішок здатні впливати один на одного через виділення в ґрунт і повітря специфічних хімічних сполук, які за певної концентрації пригнічують ріст інших видів рослин агрофітоценозу [1, 2].

Встановлено, що співвідношення норм висіву компонентів у агрофітоценозі суттєво впливає на формування врожаю та хімічний склад біомаси. За підвищеної частки бобового компоненту в сумішці вміст протеїну в злакової культури зростає і варіює залежно від кліматичних умов вирощування. У зв'язку з цим важливого значення набуває визначення індексних показників

конкурентних взаємовідносин між компонентами агрофітоценозів, що дає змогу об'єктивно оцінювати переваги тих чи інших технологічних рішень для конкретної ґрунтово-кліматичної зони, пояснювати процеси формування продуктивності сумісних посівів і детально обґрунтувати вплив агротехнічних прийомів на врожайність [3].

Ученими встановлено, що сумішки тритикале з бобовим компонентом перевищували одновидові посіви тритикале за виходом сухої речовини і вмістом азоту в біомасі. При цьому, на неудобреному фоні показники LER досягали 1,71. Доведено, що сумісний посів здатен замінити азотне добриво без погіршення вмісту азоту в сухій речовині [8, 15]. В сумішках люпину вузьколистого з ячменем і тритикале за різних норм висіву компонентів з рівнях азотного удобрення найкращі результати отримано за поєднання норми висіву люпину 60 + тритикале 225 насінин/м² і внесення 40 кг/га д.р. азоту [9]. Найвищу врожайність тритикале отримано в агроценозі суміші горох 75 % + жито 25 % [11, 12, 14].

Встановлено відсутність істотних відмінностей між удобренням дозою 40 і 60 кг/га д. р. азоту, що вказує на можливість застосування нижчих доз без погіршення результатів. При цьому, досліджувані сумішки формували задовільну врожайність і якість корму як за сприятливих, так і несприятливих погодних умов [10]. Визначено, що загальний обсяг фіксованого азоту зернобобовими культурами зростає до 35,5 т/га азоту. Наголошено на потенціалі бобових у сівозміні для підвищення сталості злакових агросистем [12]. Уміст сухої речовини злаково-бобових сумішок варіює залежно від комбінації компонентів: сумішка тритикале–горошок волохатий – досягав 358 г/кг, порівняно з 152–178 г/кг у бобових одновидових посівах. Доведено, що система сумісного вирощування суттєво впливає на врожайність біомаси і якість корму [16].

Вирощування сільськогосподарських культур у сумісних посівах супроводжується конкуренцією за основні фактори життя – воду та поживні речовини, які в різних ґрунтових зонах можуть виступати лімітуючими чинниками продуктивності. Під конкуренцією розуміють стримувальний вплив однієї рослини на іншу за їх спільного росту і розвитку в обмеженому просторі. Проте, незважаючи на значний обсяг накопичених наукових даних, питання оптимізації норм висіву компонентів бобово-злакових і капустиано-злакових агрофітоценозів та ефективності застосування мінеральних добрив в умовах зрошення залишаються недостатньо вивченими і потребують подальшого дослідження.

Методика досліджень. Метою досліджень було встановлення закономірностей формування вегетативної маси та синтезу біологічного азоту за умов застосування добрив у одновидових посівах тритикале озимого сорту Богодарський, ріпаку озимого сорту Дембо і горошку паннонського сорту Орлан, а також у двокомпонентних капустиано-злакових і бобово-злакових агрофітоценозах на зрошуваних землях.

Польовий дослід проводили на дослідному полі Інституту зрошуваного землеробства НААН України (нині Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН) упродовж 2016–2018 рр. Ґрунтовий покрив

дослідної ділянки представлений темно-каштановим середньосуглинковим слабосолонцюватим ґрунтом.

Схема досліду передбачала підживлення рослин у фазі ранньовесняного кущіння аміачною селітрою в дозі N_{30} (30 кг/га діючої речовини) та комплексним добривом Плантафол 30.10.10 у хелатній формі (2 кг/га) на фоні передпосівного внесення N_{30} під культивуацію. У двокомпонентних посівах озимих тритикале з ріпаком і горошком паннонським випробовували три варіанти співвідношення норм висіву насіння: 50 : 50, 50 : 75 і 75 : 50 % від повної норми кожного компоненту.

Агротехніка в досліді – загальноприйнята для зони вирощування. Передпосівна підготовка ґрунту включала культивуацію на глибину 6–8 см із одночасним внесенням мінеральних добрив згідно зі схемою досліду. Сівбу озимих проводили в другій декаді вересня. У зв'язку з посушливими умовами та недостатніми запасами ґрунтової вологи для отримання дружніх сходів застосовували сходовикличний полив нормою 450 м³/га. Дослід закладали методом розщеплених ділянок у триразовому повторенні; площа облікової ділянки становила 20 м².

Результати досліджень. Визначення індексних показників конкурентних взаємовідносин між компонентами агрофітоценозів дало змогу об'єктивно оцінити переваги досліджуваних технологічних рішень для конкретної ґрунтово-кліматичної зони, з'ясувати закономірності формування продуктивності сумісних посівів, встановити характер взаємовпливу компонентів та обґрунтувати дію агротехнічних прийомів на формування врожаю. Показники конкурентоспроможності рослин в агрофітоценозах розраховували на основі врожайності компонентів та їх питомої частки у травостої (табл. 1).

Встановлено, що вирощування тритикале озимого з горошком паннонським на фоні передпосівного внесення добрива в дозі N_{30} за різних співвідношень норм висіву насіння компонентів забезпечує інтенсивніше формування зеленої маси і, відповідно, більший вихід сухої речовини порівняно з сумісним вирощуванням тритикале з ріпаком озимим.

За виходом біомаси агрофітоценози з бобовим компонентом переважали суміші з капустиною культурою – як на фоні передпосівного внесення добрива, так і за умов весняного підживлення аміачною селітрою в дозі N_{30} та комплексним добривом Плантафол 30.10.10 у дозі 2 кг/га. Найінтенсивніше формування біомаси спостерігалось у варіанті з нормою висіву тритикале озимого 50 % і горошку паннонського 75 % від повної норми. Це підтверджується показниками окупності земельних еквівалентів (LER), які перевищували одиницю і були на рівня 1,22–1,46, порівняно з 1,02–1,13 – у сумішках з ріпаком озимим. За весняного підживлення рослин аміачною селітрою в дозі N_{30} показники LER зростали до рівня 1,23–1,50 у бобово-злаковому та 1,03–1,15 – у капустино-злаковому агрофітоценозі. Найвищі значення LER зафіксовано у варіантах із підживленням комплексним добривом Плантафол 30.10.10 – відповідно 1,30–1,56 і 1,03–1,16, з найвищим рівнем показників за співвідношення норм висіву 50 : 75 % від повної норми.

Табл.1. Вплив удобрення та добору компонентів на конкурентну спроможність агрофітоценозів тритикале озимого, 2016–2018

Варіант досліджу	Продуктивність зеленої маси, кг/м ²	Відношення земельного еквіваленту LER	Конкурентоспроможність		
			агроценозу, CR	для 1 компоненту, CRab	для 2 компоненту, CRba
N ₃₀ (фон)					
Тритикале озиме 50% + ріпак озимий 50%	3,78	1,02	0,20	1,54	0,13
Тритикале озиме 50% + ріпак озимий 75%	4,24	1,13	0,39	1,61	0,24
Тритикале озиме 75% + ріпак озимий 50%	3,84	1,02	0,11	1,12	0,09
Тритикале озиме 50% + горошок, 50%	4,02	1,22	0,35	1,54	0,22
Тритикале озиме 50% + горошок, 75%	5,02	1,46	0,78	1,64	0,48
Тритикале озиме 75% + горошок, 50%	4,22	1,28	0,25	1,14	0,21
Фон + N ₃₀					
Тритикале озиме 50% + ріпак озимий 50%	4,53	1,03	0,23	1,41	0,16
Тритикале озиме 50% + ріпак озимий 75%	5,01	1,15	0,48	1,40	0,34
Тритикале озиме 75% + ріпак озимий 50%	4,78	1,07	0,14	1,06	0,14
Тритикале озиме 50% + горошок, 50%	4,71	1,23	0,37	1,43	0,26
Тритикале озиме 50% + горошок, 75%	5,34	1,50	0,85	1,45	0,58
Тритикале озиме 75% + горошок, 50%	4,95	1,27	0,25	1,04	0,24
Фон + Плангафол 30.10.10					
Тритикале озиме 50% + ріпак озимий 50%	4,69	1,03	0,24	1,34	0,18
Тритикале озиме 50% + ріпак озимий 75%	5,11	1,16	0,49	1,33	0,37
Тритикале озиме 75% + ріпак озимий 50%	4,92	1,09	0,15	1,06	0,15
Тритикале озиме 50% + горошок, 50%	5,07	1,34	0,44	1,35	0,33
Тритикале озиме 50% + горошок, 75%	5,58	1,56	0,90	1,41	0,64
Тритикале озиме 75% + горошок, 50%	5,07	1,30	0,27	0,98	0,28
<i>Довірчий інтервал (M±m)</i>			0,38±0,12		
<i>Коефіцієнт варіації (V), %</i>			62,8		
<i>Довірчий інтервал (M±m)</i>			1,21±0,08		
<i>Коефіцієнт варіації (V), %</i>			13,9		
<i>Довірчий інтервал (M±m)</i>			4,72±0,25		
<i>Коефіцієнт варіації (V), %</i>			11,0		

Отримані результати вказують на агрономічну доцільність вирощування двокомпонентних агрофітоценозів озимих тритикале з ріпаком і горошком паннонським, причому найвища ефективність досягається у бобово-злакових сумішках за норми висіву тритикале озимого 50 % і бобового компоненту 75 % від повної норми. Теоретичною основою оцінки міжвидових взаємодій є математичний аналіз відносної продуктивності з використанням коефіцієнта конкурентоспроможності (CR). Встановлено, що величина CR у агрофітоценозі тритикале озимого з бобовою культурою на фоні передпосівного внесення N_{30} була на рівні 0,25–0,78, що істотно перевищує цей показник для капустиного компоненту – 0,11–0,39.

Весняне підживлення рослин аміачною селітрою (N_{30}) підвищувало коефіцієнт конкурентоспроможності до 0,25–0,85 у сумісних посівах з горошком паннонським і до 0,14–0,48 – з ріпаком озимим. Застосування Платафолу 30.10.10 забезпечувало подальше зростання CR – до 0,27–0,90 і 0,15–0,49 відповідно, з найвищими значеннями за співвідношення норм висіву озимого злаку 50 % і компоненту 75 % від повної норми.

На напруженість конкурентних взаємовідносин між компонентами агрофітоценозу визначальний вплив здійснюють абіотичні чинники – сонячна інсоляція, температурний режим, доступна волога та забезпеченість поживними речовинами ґрунті. При цьому, відомо, що взаємодія біотичних і абіотичних факторів зумовлює виникнення та динаміку конкурентних взаємовідносин, а зміна показників конкурентоспроможності впродовж вегетаційного періоду відображається у відповідних змінах ростових процесів рослин-конкурентів.

Аналіз конкурентних взаємовідносин компонентів у сумісних посівах озимого злаку з капустиною та бобовою культурами виявив різний рівень їх конкурентоспроможності. Тритикале озиме демонструвало значно вищу конкурентну перевагу над компонентами: рівень CR перевищував одиницю і на фоні передпосівного внесення мінерального добрив становив 1,14–1,64 в агрофітоценозі з горошком паннонським і 1,12–1,61 – з ріпаком озимим. Весняне підживлення аміачною селітрою в дозі N_{30} знижувало конкурентоспроможність озимого злаку до 1,04–1,45, а застосування Платафолу 30.10.10 – до 0,98–1,41. В агрофітоценозах з бобовою культурою рівень цього показника був дещо вищим порівняно з варіантами за участі капустиного компоненту.

Конкурентоспроможність ріпаку та горошку паннонського в агрофітоценозах поступалася тритикале. На фоні лише осіннього внесення мінерального добрива рівень CR становив відповідно 0,09–0,24 і 0,21–0,48. Найбільше підвищувало рівень цього показника весняне підживлення за сумісного внесення Платафолу 30.10.10: у капустиного компоненту – до 0,15–0,37; у бобового – до 0,28–0,64. Горошок паннонський характеризувався вищою конкурентною здатністю порівняно з ріпаком озимим, причому найвищі показники конкурентоспроможності обох компонентів отримано за співвідношення норм висіву тритикале озимого 50 % і компоненту 75 % від повної норми.

Таким чином, двокомпонентні сумісні посіви тритикале озимого з ріпаком і горошком паннонським характеризуються високою конкурентоздатністю, що посилюється у бобово-злакових агрофітоценозах. Підживлення рослин у період

весняного кущіння злаку комплексним добривом Плантафол 30.10.10 забезпечувало суттєве зростання конкурентоспроможності сумісних посівів порівняно з внесенням лише аміачної селітри в дозі N_{30} .

Встановлено вищу конкурентоспроможність тритикале озимого порівняно з компонентами сумішки, а також горошку паннонського порівняно з ріпаком озимим. Проведені дослідження дозволили встановити, що видовий склад агрофітоценозів озимих кормових культур, співвідношення компонентів, а також весняне підживлення рослин аміачною селітрою і комплексним добривом Плантафол 30.10.10 істотно впливали на врожайність зеленої маси, вихід сухої речовини та накопичення біологічного азоту. Вирощування одновидових посівів тритикале озимого, ріпаку і горошку паннонського на фоні передпосівного внесення мінерального добрива в дозі N_{30} на зрошуваних землях забезпечувало в середньому за три роки збір зеленої маси на початку колосіння злакової культури відповідно 33,0, 29,9 і 23,1 т/га (табл. 2). У сумішках озимого злаку з капустиною культурою вихід зеленої маси перевищував показник одновидового посіву тритикале озимого лише за співвідношення норми висіву злаку від 50 до 75 % від повної норми компоненту – на 2,9 т/га (9 %). За сумісного вирощування з бобовою культурою прирости врожайності зеленої маси були істотніші – 3,6–6,9 т/га (11–21 %), досягаючи максимального рівня 36,6–39,9 т/га залежно від співвідношення компонентів ($HP_{05} = 0,45–1,34$ т/га).

Весняне підживлення рослин аміачною селітрою в дозі N_{30} на фоні передпосівного внесення добрива сприяло збільшенню накопичення біомаси. Вихід зеленої маси в одновидовому посіві тритикале озимого збільшувався на 8,1 т/га – до 41,1 т/га, ріпаку озимого – на 8,0 т/га до 37,9 т/га, горошку паннонського – значно менше, на 5,0 т/га до 28,1 т/га. У двокомпонентних сумісних посівах приріст вегетативної маси за аналогічних умов був вищим.

У злаково-капустяному агрофітоценозі весняне підживлення аміачною селітрою підвищувало формування зеленої маси порівняно з фоновим варіантом на 8,4–9,7 т/га (23–29 %), забезпечуючи її збір на рівні 41,6–44,3 т/га. В агрофітоценозі з горошком паннонським приріст був дещо меншим – 6,1–8,6 т/га (16–22 %), проте досягався найвищий рівень урожайності зеленої маси – 43,3–48,5 т/га, що свідчить про поліпшення умов формування біомаси завдяки підвищеній азотфіксації бобового компоненту.

Весняне підживлення комплексним добривом Плантафол 30.10.10 істотно не впливало на рівень урожайності зеленої маси в агрофітоценозах порівняно з підживленням аміачною селітрою; незначне зростання (на 3 %) відмічалось лише в одновидовому посіві ріпаку озимого. Аналогічна закономірність спостерігалась і щодо синтезу сухої речовини. В одновидових посівах на фоні передпосівного внесення азотного добрива найвищий вихід сухої речовини забезпечувало тритикале озиме – 7,2 т/га, тоді як у ріпаку озимого та горошку паннонського цей показник був нижчим – відповідно 5,4 і 3,5 т/га.

Підживлення аміачною селітрою в дозі N_{30} у період весняного кущіння на фоні осіннього внесення добрива збільшувало інтенсивність формування сухої речовини в одновидових посівах тритикале озимого на 21 % (до 8,7 т/га), ріпаку озимого – на 22 % (до 6,6 т/га), горошку паннонського – на 23 % (до 4,3 т/га).

Табл. 2. Продуктивність агрофітоценозів тритикале озимого залежно від удобрення та співвідношення компонентів, 2016–2018

Співвідношення норм висіву насіння компонентів агрофітоценозу (фактор Б)	Урожайність зеленої маси, т/га		Збір сухої речовини, т/га				Збір біологічного азоту, кг/га			
	Удобрення (фактор А)									
	N ₃₀	N ₃₀ + N ₃₀	N ₃₀ + П	N ₃₀	N ₃₀ + N ₃₀	N ₃₀ + П	N ₃₀	N ₃₀ + N ₃₀	N ₃₀	N ₃₀ + П
Тритикале озиме, 100 %	33,0	41,1	40,8	7,2	8,7	9,1	72	129	148	
Ріпак озимий, 100 %	29,9	37,9	39,2	5,4	6,6	7,0	72	119	129	
Горошок паннонський, 100 %	23,1	28,1	28,0	3,5	4,3	4,4	70	109	114	
Тритикале озиме, 50 % + ріпак озимий, 50 %	33,2	41,6	41,4	7,1	8,8	8,8	70	115	128	
Тритикале озиме, 50 % + ріпак озимий, 75 %	35,9	44,3	44,0	7,7	9,0	9,5	83	130	132	
Тритикале озиме, 75 % + ріпак озимий, 50 %	33,3	43,0	43,0	6,9	9,0	9,1	64	109	141	
Тритикале озиме, 50 % + горошок паннонський, 50 %	36,6	43,3	44,7	7,2	8,6	9,6	106	149	186	
Тритикале озиме, 50 % + горошок паннонський, 75 %	39,9	48,5	48,4	7,8	9,7	10,6	133	184	231	
Тритикале озиме, 75 % + горошок паннонський, 50 %	37,6	43,7	43,6	7,6	8,7	9,2	119	151	175	
Оцінка істотності часткових відмінностей	1,34		0,26							
Оцінка істотності середніх (головних) ефектів	1,00		0,29							
	0,45		0,09							
	0,58		0,12							

У сумісних посівах злаку з капустианим компонентом збір сухої речовини збільшувався – на 17–31 %, а в агрофітоценозах з бобовою культурою – на 15–24 %, досягаючи відповідно 8,8–9,0 і 8,6–9,7 т/га залежно від співвідношення норм висіву компонентів.

Застосування комплексного добрива Плантафол 30.10.10 неістотно збільшувало збір сухої речовини порівняно з підживленням аміачною селітрою: в одновидових посівах озимих тритикале і ріпаку – на 5 і 6 % відповідно; горошку паннонського – на 2 %. У сумісному посіві озимого злаку з капустианою культурою за оптимального співвідношення компонентів вихід сухої речовини зростав на 6 %. Більш виражений вплив комплексного добрива на синтез сухої речовини встановлено в агрофітоценозі тритикале озимого з бобовою культурою – приріст порівняно з варіантом підживлення аміачною селітрою становив 0,9 т/га (9 %). Найбільший збір сухої речовини у сумішках озимих тритикале з ріпаком (9,5 т/га) і горошком паннонським (10,6 т/га) забезпечували посіви за співвідношення норми висіву тритикале озимого 50 % та 75 % від повної норми компоненту.

Важливим показником продуктивності двокомпонентних сумісних посівів тритикале озимого з капустианими та бобовими культурами на кормові цілі є накопичення біологічного азоту в біомасі – основи для синтезу рослинного білка та інших азотовмісних сполук, що безпосередньо впливає на якість кормів і продуктивність тваринництва [7]. Встановлено, що на фоні передпосівного внесення добрива в дозі N_{30} підвищений вміст біологічного азоту в сухій речовині досягався у варіантах з бобовим компонентом – 106–133 кг/га, тоді як у агрофітоценозі з ріпаком цей показник був на рівні 64–83 кг/га, а в одновидовому посіві тритикале – 72 кг/га.

Весняне підживлення аміачною селітрою в дозі N_{30} на фоні передпосівного внесення добрива збільшувало накопичення біологічного азоту в одновидовому посіві тритикале озимого – на 57 кг/га (79 %), ріпаку озимого – на 47 кг/га (65 %), а горошку паннонського – на 39 кг/га (56 %). У сумісних посівах з капустианою культурою приріст становив 45–47 кг/га (57–70 %), з бобовим компонентом – 32–51 кг/га (27–41 %) залежно від співвідношення компонентів.

Найбільше накопичення біологічного азоту в рослинах забезпечувало весняне підживлення комплексним добривом Плантафол 30.10.10. В одновидових посівах збір біологічного азоту досягав: тритикале озимого – 148 кг/га, ріпаку озимого – 129, а горошку паннонського – 114 кг/га, що перевищувало варіанти з лише осіннім внесенням добрива відповідно на 76, 57 і 44 кг/га, а порівняно з весняним підживленням аміачною селітрою – на 19, 10 і 5 кг/га. В агрофітоценозі озимого злаку з капустианою культурою збір біологічного азоту залежно від співвідношення компонентів був на рівні 128–141 кг/га, перевищуючи варіант осіннього внесення добрива на 49–72 кг/га (20–83 %), а варіант весняного підживлення N_{30} – на 2–32 кг/га (2–29 %). В агрофітоценозі з бобовою культурою вихід біологічного азоту за умов застосування комплексного добрива досягав 175–231 кг/га, перевищуючи рівень передпосівного внесення добрива на 56–98 кг/га (47–76 %), а весняного підживлення аміачною селітрою – на 24–47 кг/га (16–26 %). Найбільший вихід зеленої маси та сухої речовини за найінтенсивнішого синтезу біологічного азоту

(231 кг/га) забезпечував бобово-злаковий агрофітоценоз за співвідношення норми висіву озимого злаку 50 і 75 % від повної норми горошку паннонського.

Висновки. Вирощування двокомпонентних сумісних посівів озимих тритикале і ріпаку та горошком паннонським на зрошуваних землях забезпечує більший вихід зеленої маси, сухої речовини та накопичення біологічного азоту порівняно з одновидовими посівами компонентів. Перевага бобово-злакових агрофітоценозів над капустяно-злаковими підтверджується показниками окупності земельних еквівалентів ($LER = 1,22-1,46$ порівняно з $1,02-1,13$), що вказує на вищу біологічну ефективність сумісного вирощування тритикале озимого з горошком паннонським.

Співвідношення норм висіву компонентів суттєво впливає на продуктивність агрофітоценозів. Оптимальним для бобово-злакових і капустяно-злакових сумішок є співвідношення норми висіву тритикале озимого від 50 до 75 % від повної норми компоненту, за якого досягаються найвищий рівень показників урожайності зеленої маси ($36,6-39,9$ т/га на фоні передпосівного внесення N_{30}) та виходу сухої речовини.

Весняне підживлення рослин аміачною селітрою в дозі N_{30} на фоні передпосівного внесення добрива збільшує накопичення біомаси в одновидових посівах тритикале озимого, ріпаку та горошку паннонського відповідно на 8,1, 8,0 і 5,0 т/га, формування сухої речовини на 21–23 %, а також накопичення біологічного азоту на 39–57 кг/га порівняно з фоновим варіантом. У двокомпонентних посівах, порівняно з одновидовими, приріст біомаси більший.

Тритикале озиме має вищу конкурентоспроможність порівняно з компонентами сумішки ($CR = 1,12-1,64$), тоді як горошок переважає ріпак за конкурентною здатністю ($CR = 0,21-0,48$ порівняно з $0,09-0,24$ на фоні передпосівного внесення N_{30}). Весняне підживлення знижує домінування злакового компоненту і підвищує конкурентоспроможність бобової та капустяної культур, особливо за внесення Платафолу 30.10.10.

Ранньовесняне підживлення комплексним добривом у хелатній формі Платафол 30.10.10 у дозі 2 кг/га на фоні передпосівного внесення N_{30} забезпечує найбільшу продуктивність травостою серед усіх досліджуваних варіантів. Найвищі вихід зеленої маси (48,4 т/га), сухої речовини (10,6 т/га) та накопичення біологічного азоту (231 кг/га) формуються в бобово-злаковому агрофітоценозі за оптимального співвідношення норм висіву тритикале озимого і горошку паннонського як 50 : 75 % від повної норми, що обґрунтовує доцільність застосування цього агрозаходу в умовах зрошення.

Література:

1. Гетман Н. Я. Вирощування тритикале озимого з горошком паннонським у проміжних посівах. Н. Я. Гетман, О. В. Іскра. *Корми і кормовиробництво*. 2015. Вип. 81. С. 68–73.
2. Гетман Н. Я. Продуктивність бобово-злакових сумішей однорічних культур залежно від погодних умов Лісостепу правобережного. *Корми і кормовиробництво*. 2015. Вип. 81. С. 39–45.

3. Дзюбайло А. Г. Урожайність тритикале озимого залежно від удобрення в умовах Передкарпаття. А. Г. Дзюбайло, Д. Ю. Гармич. *Корми і кормовиробництво*. 2013. Вип. 76. С. 167–170.
4. Кирильчук А. М. Конкурентоздатність та сортовий потенціал ріпаку в Україні. А. М. Кирильчук, Н. В. Солодюк. *Корми і кормовиробництво*. 2013. Вип. 76. С. 110–114.
5. Кирильчук А. М. Створення вихідного матеріалу тритикале озимого поліського екотипу на основі сортименту світової колекції. *Корми і кормовиробництво*. 2014. Вип. 78. С. 18–25.
6. Петриченко В. Ф. Концепція розвитку кормовиробництва в Україні на період до 2025 року. В. Ф. Петриченко, В. С. Паламарчук, Б. В. Войтів та ін. Вінниця: ВНАУ, 2014. С. 3–11.
7. Роль азотфіксуючих бактерій у поліпшенні мінерального живлення рослин. В. А. Мазур, Ю. М. Шкатула, Л. С. Гайдай, Т. А. Забарна. Особливості формування продуктивності та функціонування бобово-ризобіального симбіозу квасолі звичайної в умовах Правобережного Лісостепу України: *монографія*. Вінниця: ВНАУ, 2023. С. 37–54.
8. Motzo R., Giunta F. Triticale–lupin intercropping offers a viable option for low-input systems in Mediterranean environments. *Annals of Applied Biology*. 2025. Vol. 186. Art. e70013. DOI: 10.1111/aab.70013.
9. Górski R., Płaza A., Niemiec M. et al. Nitrogen and Phosphorus Utilisation by Intercropping Narrowleaf Lupins With Cereals Under Differentiated Nitrogen Fertilization. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2025. Vol. 25. P. 3171–3184. DOI: 10.1007/s42729-025-02327-w.
10. Górski R., Płaza A. The Effects of Intercropping Narrowleaf Lupine with Cereals under Variable Mineral Nitrogen Fertilization. *Agriculture*. 2024. Vol. 14. № 7. Art. 989. DOI: 10.3390/agriculture14070989.
11. Płaza A., Makarewicz A. Post-harvest residues of field pea/spring rye mixtures as a valuable source of biological nitrogen for winter triticale. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*. 2020. Vol. 70. № 7. P. 562–571. DOI: 10.1080/09064710.2020.1786157.
12. Ladha J. K., Peoples M. B., Reddy P. M. et al. Biological nitrogen fixation and prospects for ecological intensification in cereal-based cropping systems. *Field Crops Research*. 2022. Vol. 283. Art. 108541. DOI: 10.1016/j.fcr.2022.108541.
13. Ghodsi A., Honar T., Heidari B. et al. The interacting effects of irrigation, sowing date and nitrogen on water status, protein and yield in pea (*Pisum sativum* L.). *Scientific Reports*. 2022. Vol. 12. Art. 15978. DOI: 10.1038/s41598-022-20216-5.
14. Górski R., Płaza A. Content and uptake of macroelements in green fodder of mixtures of narrowleaf lupin with spring triticale. *Journal of Agricultural Science*. 2023. Vol. 161. P. 563–571. DOI: 10.1017/S0021859623000448.
15. Kebede E. Contribution, utilization, and improvement of legumes-driven biological nitrogen fixation in agricultural systems. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2021. Vol. 5. Art. 767998. DOI: 10.3389/fsufs.2021.767998.
16. Vacchi M., Monti M., Calvi A. et al. Forage potential of cereal/legume intercrops: agronomic performances, yield, quality forage and LER in two harvesting times in a Mediterranean environment. *Agronomy*. 2021. Vol. 11. Art. 121. DOI: 10.3390/agronomy11010121.

References:

1. Hetman, N. Ya., & Iskra, O. V. (2015). Cultivation of winter triticale with Pannonian pea in intermediate crops. *Fodder and Fodder Production*, 81, 68–73. [in Ukrainian].
2. Hetman, N. Ya. (2015). Productivity of annual legume–cereal mixtures depending on weather conditions of the Right-Bank Forest-Steppe. *Fodder and Fodder Production*, 81, 39–45. [in Ukrainian].
3. Dziubailo, A. H., & Harmych, D. Yu. (2013). Yield of winter triticale depending on fertilization in the conditions of the Pre-Carpathian region. *Fodder and Fodder Production*, 76, 167–170. [in Ukrainian].
4. Kyrylchuk, A. M., & Solodiuk, N. V. (2013). Competitiveness and varietal potential of rapeseed in Ukraine. *Fodder and Fodder Production*, 76, 110–114. [in Ukrainian].
5. Kyrylchuk, A. M. (2014). Development of initial material of winter triticale of the Polissia ecotype based on the global collection assortment. *Fodder and Fodder Production*, 78, 18–25. [in Ukrainian].
6. Petrychenko, V. F., Palamarchuk, V. S., Voitiv, B. V., et al. (2014). *Concept of feed production development in Ukraine until 2025* (pp. 3–11). Vinnytsia: VNAU. [in Ukrainian].
7. Mazur, V. A., Shkatula, Yu. M., Haidai, L. S., & Zabarna, T. A. (2023). The role of nitrogen-fixing bacteria in improving mineral nutrition of plants. In *Features of productivity formation and functioning of the legume–rhizobial symbiosis of common bean in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine* (pp. 37–54). Vinnytsia: VNAU. [in Ukrainian].
8. Motzo, R., & Giunta, F. (2025). Triticale–lupin intercropping offers a viable option for low-input systems in Mediterranean environments. *Annals of Applied Biology*, 186, e70013. <https://doi.org/10.1111/aab.70013>
9. Górski, R., Płaza, A., Niemiec, M., et al. (2025). Nitrogen and phosphorus utilisation by intercropping narrowleaf lupins with cereals under differentiated nitrogen fertilization. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 25, 3171–3184. <https://doi.org/10.1007/s42729-025-02327-w>
10. Górski, R., & Płaza, A. (2024). The effects of intercropping narrowleaf lupine with cereals under variable mineral nitrogen fertilization. *Agriculture*, 14(7), 989. <https://doi.org/10.3390/agriculture14070989>
11. Płaza, A., & Makarewicz, A. (2020). Post-harvest residues of field pea/spring rye mixtures as a valuable source of biological nitrogen for winter triticale. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*, 70(7), 562–571. <https://doi.org/10.1080/09064710.2020.1786157>
12. Ladha, J. K., Peoples, M. B., Reddy, P. M., et al. (2022). Biological nitrogen fixation and prospects for ecological intensification in cereal-based cropping systems. *Field Crops Research*, 283, 108541. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108541>
13. Ghodsi, A., Honar, T., Heidari, B., et al. (2022). The interacting effects of irrigation, sowing date and nitrogen on water status, protein and yield in pea (*Pisum sativum* L.). *Scientific Reports*, 12, 15978. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-20216-5>
14. Górski, R., & Płaza, A. (2023). Content and uptake of macroelements in green fodder of mixtures of narrowleaf lupin with spring triticale. *Journal of Agricultural Science*, 161, 563–571. <https://doi.org/10.1017/S0021859623000448>

15. Kebede, E. (2021). Contribution, utilization, and improvement of legumes-driven biological nitrogen fixation in agricultural systems. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 767998. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.767998>
16. Bacchi, M., Monti, M., Calvi, A., et al. (2021). Forage potential of cereal/legume intercrops: Agronomic performance, yield, forage quality and LER at two harvesting times in a Mediterranean environment. *Agronomy*, 11, 121. <https://doi.org/10.3390/agronomy11010121>

Annotation

Hetman N. Ya., Vasylenko R. M., Poltoretskyi S. P.

Effectiveness of component selection in winter agrophytocenoses for the biologization of agriculture.

The article investigates the patterns of green mass formation, dry matter accumulation and biological nitrogen synthesis in the herbage of single-species sowings of winter triticale, winter rapeseed and winter field pea, as well as in brassica-cereal and legume-cereal agrophytocenoses under irrigated conditions. The influence of different seeding rate ratios of mixture components and mineral fertilizer application on crop productivity was studied in field experiments conducted at the Institute of Irrigated Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine during 2016–2018 on dark chestnut medium loamy slightly solonetzic soil.

It was established that single-species sowings of winter triticale, winter rapeseed and winter field pea under pre-sowing application of mineral fertilizer at a dose of N_{30} provided green mass yields of 33.0, 29.9 and 23.1 t/ha respectively at the beginning of ear emergence. Two-component legume-cereal agrophytocenoses exceeded brassica-cereal mixtures in biomass output, which was confirmed by land equivalent ratio (LER) values of 1.22–1.46 versus 1.02–1.13. The optimal seeding rate ratio of winter triticale to the companion crop of 50 : 75 % of the full norm ensured the highest green mass yield (36.6–39.9 t/ha) and dry matter output.

Spring top-dressing with ammonium nitrate at a dose of N_{30} during the tillering phase increased biomass accumulation in single-species sowings of triticale, rapeseed and field pea by 8.1, 8.0 and 5.0 t/ha respectively, and enhanced dry matter synthesis by 21–23 % and biological nitrogen accumulation by 39–57 kg/ha compared to the pre-sowing fertilizer background. Winter triticale demonstrated higher competitiveness over mixture components ($CR = 1.12–1.64$), while winter field pea exceeded winter rapeseed in competitive ability ($CR = 0.21–0.48$ vs. $0.09–0.24$).

The highest productivity across all studied variants was achieved through early spring foliar top-dressing with the chelated complex fertilizer Plantafol 30.10.10 at a rate of 2 kg/ha against the background of pre-sowing N_{30} application. The legume-cereal agrophytocenosis at the optimal seeding ratio of winter triticale to winter field pea of 50 : 75 % of the full norm provided the maximum green mass yield (48.4 t/ha), dry matter output (10.6 t/ha) and biological nitrogen accumulation (231 kg/ha), substantiating the agronomic feasibility of this practice under irrigated conditions.

Key words: *biological nitrogen, mineral fertilizers, field pea, triticale, winter rapeseed, mixed sowings, agrophytocenosis components, green mass, protein, yield, competitiveness, land equivalent ratio, irrigation.*