

УДК 631.452:631.461.3:631.31/.37
DOI: 10.37128/2707-5826-2025-1-2

**НАКОПИЧЕННЯ БІОЛОГІЧНОГО
АЗОТУ БАГАТОРІЧНИМИ
БОБОВИМИ ТРАВАМИ ТА
ЗЕРНОБОБОВИМИ КУЛЬТУРАМИ
ЯК СПОСІБ ВІДНОВЛЕННЯ
РОДЮЧОСТІ ҐРУНТУ**

В.І. ЦИГАНСЬКИЙ, канд. с.-г.
наук, доцент

О.І. ЦИГАНСЬКА, канд. с.-г. наук,
доцент

Г.В. ПАНЦИРЕВА, доктор с.-г.
наук, доцент

О.В. ШЕВЧУК, аспірант

Вінницький національний аграрний
університет

У статті проаналізовано вплив особливостей технології вирощування люцерни посівної та сої на нагромадження біологічного азоту, зокрема представлені результати досліджень при підпокровному та безпокровному способах вирощування люцерни посівної. Визначено особливості накопичення біологічного азоту люцерною під покривом таких культур як гірчиця біла та рижій посівній. Представлено також результати щодо нагромадження біологічного азоту при безпокровному способі вирощування без застосування гербіциду та із його внесенням. Визначено особливості впливу на акумуляцію азоту вапнування ґрунту та оброблення насіння люцерни препаратами біологічного походження. Зокрема проаналізовано дію інокулянта Ризобін для бактеризації посівного матеріалу активними штамами бульбочкових бактерій та регулятора росту Емістим С на активізацію процесу азотфіксації рослинами люцерни посівної. Представлено результати досліджень симбіотичної азотфіксації та нагромадження біологічного азоту в посівах сої. Визначено особливості накопичення біологічного азоту сортами сої Сенсор та Онікс. Проаналізовано вплив застосування біопрепарату Регоплант (новітній біостимулятор рослин із серії полікомпонентних препаратів, в основу якого покладено синергетичний ефект взаємодії продуктів біотехнологічного вирощування та мікроелементів) та біоінокулянта Андеріз (до складу препарату входять життєздатні клітини бульбочкових бактерій, які мають унікальну симбіотичну спорідненість до бобових культур (*Mesorhizobium ciceri*, *Bradyrhizobium japonicum*, *Rhizobium leguminosarum* bv. *viceae*, *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli*, *Sinorhizobium* sp.) та фосформобілізуючий гриб *Penicillium bilaii*) на накопичення біологічно фіксованого азоту сортами сої. Проведені дослідження показали, що у середньому за роки досліджень посіви люцерни посівної при внесенні у ґрунт повної норми вапна та сумісній обробці насінневого матеріалу до посіву Ризобіном та Емістимом С під безпокровним вирощуванням із застосуванням гербіциду забезпечують фіксацію біологічного азоту у максимальній в досліді кількості – 236,3 кг/га. Виходячи із результатів дослідження впливу удобрення та застосування біологічних препаратів на накопичення біологічного азоту посівами сої виявлено, що найбільшу кількість біологічного азоту атмосфери рослини сої сорту Сенсор 144,6 кг/га і сорту Онікс 164,6 кг/га у середньому за роки досліджень фіксують на варіантах досліду за внесення мінеральних добрив у дозі P₆₀K₆₀ та передпосівного оброблення насіння препаратом Регоплант (250 мл/т) у поєднанні з позакореневим підживленням препаратом Андеріз 2,5 л/т.

Ключові слова: деградація ґрунту, люцерна посівна, соя, азотфіксація, інокуляція, біологічні препарати.

Табл. 3. Літ. 14.

Постановка проблеми. Вплив наслідків воєнних дій на навколишнє середовище часто недооцінюється, адже в першу чергу враховуються людські втрати, руйнування інфраструктури, що домінує в короткостроковій

перспективі. Спроби покращення наявної складної екологічної ситуації практично не можливі в умовах війни. Відбувається порушення діяльності та надходження інвестицій, котрі спрямовувалися б на відновлення середовищ існування, збереження видів, управління природоохоронними територіями, а також зменшення впливу наслідків, спричинених зміною клімату, й адаптацією до них. Воєнні дії (особливо довгострокові) призводять до деградації ґрунтової екосистеми. У зонах інтенсивних боїв ґрунти втрачають родючість через зміну фізико-хімічних властивостей (зниження вмісту макроелементів та органічної речовини, зростання лужності). Війни та збройні конфлікти впливають на ґрунти безпосередньо шляхом фізичних пошкоджень або опосередковано через зміну повсякденних звичаїв людей і використання ними природних ресурсів. Тоді як відновлення ґрунтів – це складний процес, який ґрунтується на розумінні та використанні складних біофізичних і соціально-економічних взаємодій, які впливають на них. Багаторічні трави, особливо бобові, не тільки дають високобілковий корм, а й виконують основну функцію в біологізації землеробства, оскільки впливають на родючість ґрунту і стан навколишнього середовища. Вони збагачують ґрунт органічною речовиною і біологічним азотом, що стабілізує його родючість. За дослідженнями інших авторів, рівень активізації біологічних процесів за допомогою впливу багаторічних трав має бути досить значний, аби залишався резерв для запобігання можливим негативним наслідкам впливу антропогенних чинників на довкілля.

Аналіз досліджень і публікацій. У результаті інтенсивного землеробства при недотриманні вимог технологій вирощування сільськогосподарських культур ґрунтами відбувається поступова втрата цінних агрономічних властивостей – знижується вміст гумусу та поглинальна і водоутримувальна здатності, відбувається структурне руйнування, зростає щільність та ін. Нехтування науково обґрунтованою сівозміною або відхилення на користь монокультурного вирощування прибуткових з економічного погляду соняшнику, ріпаку при недостатньому внесенні елементів мінерального й органічного живлення спричиняє деградаційні процеси у ґрунті і втрату його родючості [1]. Такі негативні наслідки можна розв'язати за допомогою розміщення у сівозмінах багаторічних бобових трав, зокрема люцерни, та зернових бобових культур, зокрема сої. Потужною кореневою системою люцерни посівної пронизується значний шар ґрунту, що позитивно впливає на фізико-хімічні властивості останнього. Знижується щільність ґрунтової побудови, збільшується загальна шпаруватість (пористість) та об'єм пор. Відбувається зростання польової вологоємності і вмісту водоємних агрегатів у орному шарі [2, 3]. Позитивний вплив люцерни на ґрунт визначається кількістю кореневих залишків, які вона накопичує. Рослинами люцерни за першим роком використання під природним зволоженням накопичується коренева маса в межах 15-20 ц/га у ґрунтовому середовищі, при поливі – 25–30 ц/га [4]. Відбувається мінералізація відмерлих коренів, що забезпечує поповнення

гумусу в ґрунті й підвищення врожайності таких культур у сівозміні [5, 6, 7].

Рослинні рештки впливають на родючість та структуру ґрунту залежно від їх кількості та якості [8, 9, 10]. Встановлено, що накопичення після люцерни корневих решток відбувається залежно від строку і способу посіву, обраного сорту, культури землеробства, забезпечення вологою, віку рослин та застосування добрив, тому що посіви люцерни на різних ростових етапах і фазах мають різну потужність кореневої системи [11, 12, 13]. Унікальна здатність рослин бобових культур використовувати азот атмосфери з допомогою бульбочкових бактерій дає вагомі переваги в здешевленні їх продукції та робить їх незамінним попередником для всіх сільськогосподарських культур. Люцерна накопичує в ґрунтовому середовищі у межах 300 кг/га біологічного азоту [7, 14]. Соя у сівозміні може використовуватися як ефективний та екологічний засіб, що підвищує родючість ґрунту, адже ця культура є чудовим попередником для наступних культур. Завдяки бульбочковим бактеріям соя накопичує в ґрунті до 200 кг/га азоту. Накопичення біологічного азоту варто сприймати як фактор часткової заміни мінерального азоту при розробці системи живлення вирощуваних культур, зростання ґрунтової родючості, збереження навколишнього середовища і відновлення виснажених ґрунтів. Азотфіксація – єдина дешева та безпечна з екологічного погляду складова із забезпечення рослин азотом. Хоча велика частка аграріїв на сьогодні ігнорує і не усвідомлює, наскільки важливо та необхідно використовувати цей процес повною мірою у сфері сільського господарства.

Матеріал та методи досліджень. Дослідження з вивчення особливостей акумулювання в ґрунті біологічного азоту різних сортів сої під впливом передпосівної обробки насінневого матеріалу препаратами біологічної дії проводили шляхом закладки польового дослідження за умов науково-дослідного господарства «Агрономічне» у ВНАУ протягом 2021 – 2023 рр. Посівна ділянка загальною площею - 40 м², обліковою – 25 м², при триразовій повторності у досліді. Ділянки було розміщено систематично. Попередньою культурою у сівозміні була озима пшениця. Для посіву сої було обрано широкорядний спосіб (ширина міжрядь - 45 см). Вивчення особливостей нагромадження багаторічними бобовими травами біологічного азоту, а саме люцерною посівною, також проводили у досліді, закладеному в НДГ «Агрономічне» ВНАУ впродовж 2021 – 2023 рр. Варіанти розміщено систематично в один ярус. Площа посівної ділянки досліді 50 м², облікової – 25 м². Система обробітку ґрунту була загальноприйнятою для зони Лісостепу. Навесні проводилося дискування стерні та зяблева оранка глибиною 25–27 см. Внесення мінеральних добрив проводилося в запас із розрахунком N₃₀P₉₀K₉₀. Коли ґрунт ставав навесні фізично стиглим, вносилося вапно (у нормі 0,5 та 1,0 за гідролітичної кислотності) з наступною культивуацією. Передпосівну культивуацію проводили у день перед посівом на глибину 4–5 см з наступним

прикочуванням ґрунту. При проведенні дослідження використовувався регулюючий ростові процеси рослин препарат Емістим С (ТУ У 88.264.021–95). Норма внесення Емістим С 15 мл на 1 т посівного матеріалу люцерни посівної. Також застосовувався розроблений в Інституті мікробіології та вірусології НАН України інокулянт у рідкій формі Ризобін. Емістим С є цілком придатним для сумісного оброблення посівного матеріалу люцерни у поєднанні з Ризобіном. Обробку насіння люцерни посівної розчином Ризобіну та регулятора росту рослин Емістим С здійснювали безпосередньо перед посівом уникаючи прямого попадання сонячних променів для збереження життєздатності бактерій. Проведення досліджень, збір результатів та їх аналіз здійснювали відповідно до загальноприйнятих методик у сільському господарстві [3].

Результати досліджень та їх обговорення. Відомо, що біологічний азот котрий фіксується бобовими культурами у симбіозі із бульбочковими бактеріями, має надзвичайно важливе теоретичне та практичне значення для сільськогосподарської науки, так як він відіграє найважливішу роль у житті рослин. Відповідно до методики досліджень кількість фіксованого азоту повітря розраховували за значеннями активного симбіотичного потенціалу та питомого активного симбіозу. Варто зазначити, що питома активність симбіозу (ПАС) – це та кількість азоту повітря, що фіксується одним кілограмом сирих бульбочок за добу. В наших дослідженнях ПАС люцерни посівної в першому році життя за безпокровного вирощування досягала 4,8 гN, а за безпокровного 4,7 г N. У другому році вегетації ПАС становила за безпокровного вирощування 6,3 г N, при внесенні гербіциду 6,6 г N, а після

Таблиця 1

**Нагромадження біологічного азоту люцерною посівною під
безпокровним способом вирощування, кг/га (2021 – 2023 рр.)**

Вапнування ґрунту	Оброблення насіння*	Безпокровний без внесення гербіциду				Безпокровний + гербіцид			
		Вегетація по роках							
		1-й	2-й	3-й	Сер.	1-й	2-й	3-й	Сер.
Без вапнування	1	45,7	114,8	106,7	89,1	43,0	138,7	142,3	108,0
	2	55,0	122,6	108,3	95,3	53,5	148,2	146,6	116,1
	3	66,0	131,6	115,1	104,2	61,9	160,9	158,0	126,9
0,5 норми за г.к.	1	64,7	186,2	170,2	140,4	56,9	208,3	223,8	163,0
	2	82,8	205,0	184,4	157,4	78,4	236,9	236,8	184,0
	3	92,7	219,3	203,0	171,7	86,0	261,0	263,2	203,4
1,0 норма за г.к.	1	71,5	195,7	188,4	151,9	65,4	232,6	247,1	181,7
	2	96,5	226,1	209,1	177,2	91,3	272,9	263,8	209,3
	3	112,9	243,2	232,6	196,2	106,8	308,0	294,1	236,3

Примітка: 1. Без обробки; 2. Ризобін; 3. Ризобін + Емістим С.

Джерело: сформовано на основі власних результатів досліджень

покриву ярих капустяних культур – 5,2 г N на 1 кг сирої маси активних бульбочок за добу. У третьому році вегетації ці показники становили, відповідно, 5,2, 5,8 та 4,4 г N на 1 кг сирої маси активних бульбочок за добу.

Виявлено, що в рік посіву люцерна посівна при безпокровному способі вирощування нагромаджує біологічно фіксований азот в межах 43,0 – 112,9 кг/га, у другий – 114,8 – 308,0 кг/га, і у третій 106,7 – 294,1 кг/га (табл. 1).

Внесення у ґрунт повної норми вапна із сумісним обробленням посівного матеріалу Ризобіном та Емістимом С при безпокровному вирощуванні із застосуванням гербіциду сприяло нагромадженню максимальної кількості біологічно фіксованого азоту 236,1 кг/га, що на 54,6 кг/га, або на 30,1 % більше порівняно з варіантами без оброблення насіння та на 128,3 кг/га вище порівнюючи із контролем без внесення вапна та оброблення насіння у середньому за роки досліджень. За вирощування люцерни посівної під покривом гірчиці білої та рижію посівного показники величини біологічно фіксованого азоту становили відповідно 32,6 – 72,0, 77,1 – 193,9 і 77,0 – 185,7 кг/га по роках вирощування. У середньому за роки проведення досліджень посівами люцерни за вирощування під покривом гірчиці білої було максимально накопичено біологічного азоту (137,9 кг/га) на варіанті із внесенням вапна у ґрунт (повна норма) відповідно до гідролітичної кислотності та сумісного оброблення насіння до посіву Ризобіном та Емістимом С (табл. 2).

Таблиця 2

Нагромадження біологічного азоту люцерною посівною при підпокровному вирощуванні, кг/га (2021 – 2023 рр.)

Вапнування ґрунту	Оброблення насіння*	Підпокровний спосіб (гірчиця біла)				Підпокровний спосіб (рижій посівний)			
		Роки вегетації							
		1-й	2-й	3-й	Сер.	1-й	2-й	3-й	Сер.
Без вапнування	1	32,6	77,1	77,0	62,2	38,5	84,0	81,3	67,9
	2	36,2	81,9	78,5	65,5	41,9	89,5	83,4	71,6
	3	42,0	86,8	82,9	70,6	49,4	95,0	89,3	77,9
0,5 норми за г.к.	1	39,6	124,2	128,3	97,4	50,2	127,7	136,6	104,8
	2	46,8	142,4	137,5	108,9	57,5	145,9	146,6	116,7
	3	52,9	156,6	153,5	121,0	65,9	161,3	162,7	130,0
1,0 норма за г.к.	1	44,5	136,3	143,8	108,2	47,2	144,8	153,9	115,3
	2	54,4	162,7	156,3	124,5	58,0	171,0	168,9	132,6
	3	60,7	178,7	174,4	137,9	72,0	193,9	185,7	150,5

Примітка: 1. Без обробки; 2. Ризобін; 3. Ризобін + Емістим С.

Джерело: сформовано на основі власних результатів досліджень

Таким чином, для збільшення величини симбіотичної азотфіксації і підвищення частки азоту, що фіксується біологічно при вирощуванні люцерни посівної, в оптимальних і стресових умовах необхідно проводити бактеризацію посівного матеріалу активними штамми бульбочкових бактерій в комплексі з Регуляторами росту росли та внесення вапна у повній нормі відповідно до

гідролітичної кислотності.

За результатами нашого дослідження виявлено, що питома активність симбіозу бульбочкових бактерій у посівах сої змінювалась залежно від сорту та року дослідження. Так у 2021 році питома активність симбіозу у сорту Онікс становила – 6,4 г·N/кг за добу, у 2022 – 7,1 г·N/кг за добу і у 2023 – 7,0 г·N/кг за добу, у сорту Сенсор ці показники становили відповідно 6,8, 7,4 і 7,1 г·N/кг. Така динаміка інтенсивності питомої активності симбіозу може бути обумовлена зміною величини активного симбіотичного потенціалу за роками досліджень та сортами. Так у сорту Онікс формувався більший показник активного симбіотичного потенціалу, відповідно і вища активність азотфіксації за роками досліджень (табл. 3).

Таблиця 3

Накопичення біологічно фіксованого азоту сортами сої, у середньому за 2021-2023 рр., кг/га

Рівень удобрення	Оброблення біопрепаратом	Сенсор				Онікс			
		роки							
		2021	2022	2023	середнє	2021	2022	2023	середнє
без добрив	1	63,8	110,8	76,7	83,9	78,5	133,3	87,1	99,6
	2	67,8	117,7	81,7	89,1	81,1	137,9	90,7	103,2
	3	64,9	115,3	81,9	87,4	81,7	141,3	94,4	105,8
	4	67,1	122,6	84,8	91,5	82,0	146,3	95,6	108,0
P ₆₀ K ₆₀	1	101,4	168,0	117,9	129,1	120,6	204,1	129,3	151,3
	2	106,6	190,1	128,0	141,6	127,0	220,9	142,0	163,3
	3	105,4	189,1	121,3	138,6	125,3	219,5	132,8	159,2
	4	108,0	195,7	130,0	144,6	126,4	226,8	140,5	164,6
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	1	81,0	138,2	91,8	103,7	97,9	163,5	102,5	121,3
	2	85,4	147,8	100,8	111,3	103,7	173,9	112,4	130,0
	3	83,0	147,6	96,5	109,0	100,2	173,9	107,4	127,2
	4	87,4	152,2	102,8	114,1	103,1	179,9	114,5	132,5

Примітка: 1. Без оброблення; 2. Оброблення насіння Регоплант (250 мл/т); 3. Позакореневе підживлення Андеріз (2,5 л/т); 4. Оброблення насіння Регоплант (250 мл/т) + Андеріз (2,5 л/т).

Джерело: сформовано на основі власних результатів досліджень

Таким чином, за результатами проведених нами досліджень виявлено, що найвищу кількість біологічного азоту атмосфери рослини сої, сорту Сенсор 144,6 кг/га і сорту Онікс 164,6 кг/га у середньому за роки досліджень, фіксують на варіантах досліду за внесення мінеральних добрив у дозі P₆₀K₆₀ та передпосівної обробки насінневого матеріалу препаратом Регоплант (250 мл/т) у поєднанні із позакореневим підживленням препаратом Андеріз 2,5 л/т, що відповідно, на 60,9 і 65,2 кг/га більше контролю. Внесення мінеральних добрив у дозі P₆₀K₆₀ сприяло максимальному рівню накопичення біологічного азоту, що

перевищувало контрольні варіанти в середньому на 45,2 – 51,7 кг/га залежно від сорту. Внесення разом із фосфорно-калійними добривами азотних (N_{30}) негативно вплинуло на біологічну фіксацію азоту, при цьому рівень його накопичення був на 19,8 – 21,7 кг/га більше порівняно із контролем. Передпосівне оброблення насіння Регоплантом (250 мл/т) посприяло підвищенню рівня азотфіксації на 5,2 – 10,1 кг/га у сорту Сенсор та на 3,6 – 12,0 кг/га у сорту Онікс. Позакореневе підживлення Андерізом (2,5 л/т) у фазі бутонізації підвищувало накопичення біологічного азоту, відповідно, на 3,4 – 4,7 і 5,9 – 7,9 кг/га. Найбільше зростання рівня накопичення біологічного азоту у сорту Сенсор 8,1 – 12,1 кг/га та у сорту Онікс 8,4 – 13,3 кг/га забезпечило комплексне застосування оброблення насіння та позакореневого підживлення.

Варто зазначити, що поряд із впливом на біологічну азотфіксацію досліджуваних чинників величина накопичення у ґрунті симбіотичного азоту безпосередньо залежала від погодних умов років проведення досліджень. Найкращі умови для максимальної реалізації симбіотичного потенціалу досліджуваних сортів сої створювались на варіантах досліду із внесенням мінеральних добрив у дозі $P_{60}K_{60}$, обробленням насіння Регоплант (250 мл/т) + Андеріз (2,5 л/т).

Висновки і перспективи подальших досліджень. Відповідно до результатів проведених досліджень встановлено, що у середньому за роки досліджень посіви люцерни посівної при внесенні у ґрунт повної норми вапна та сумісній обробці насінневого матеріалу до посіву Ризобіном та Емістимом С під безпокровним вирощуванням із застосуванням гербіциду забезпечують фіксацію біологічного азоту у максимальній в досліді кількості – 236,3 кг/га, що на 54,5 кг/га, або на 30,2 % більше ніж на варіантах без оброблення насіння та на 128,2 кг/га вище у порівнянні до контрольного варіанту без внесення вапна та без оброблення насінневого матеріалу. При вирощуванні люцерни посівної під покривом інших культур показники величини азоту, що фіксується біологічним шляхом становили відповідно 32,4 – 71,8, 76,9 – 193,7 і 76,8 – 185,5 кг/га. Виходячи із результатів дослідження по впливу удобрення та застосування біологічних препаратів на накопичення біологічного азоту посівами сої, виявлено, що найвищу кількість біологічного азоту атмосфери рослини сої, сорту Сенсор 144,6 кг/га і сорту Онікс 164,6 кг/га у середньому за роки досліджень, фіксують на варіантах досліду за внесення мінеральних добрив у дозі $P_{60}K_{60}$ та передпосівного оброблення насіння препаратом Регоплант (250 мл/т) у поєднанні із позакореневим підживленням препаратом Андеріз 2,5 л/т. Одержані результати досліджень по величині нагромадження біологічного азоту в ґрунті як посівами люцерни посівної так і сої свідчать про важливість використання даних культур у сівозмінах з метою відновлення родючості ґрунту, збагачення його органічними рештками, що у довгостроковій перспективі позитивно впливатиме на фізико-хімічні властивості останнього.

Список використаної літератури

1. Дідур І. М., Шевчук В. В. Підвищення родючості ґрунту в результаті накопичення біологічного азоту бобовими культурами. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 1 (16). С. 36–43. DOI: 10.37128/2707-5826-2020-1-4.
2. Мазур О.В., Мазур О.В. Адаптивна цінність сортів сої за вирощування в різних екоградієнтах. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 2 (29). С. 172–180. DOI: 10.37128/2707-5826-2023-2-15.
3. Мойсейченко В.Ф., Єщенко В.О. Основи наукових досліджень в агрономії. К.: Вища школа, 1994. 334 с.
4. Циганська О.І., Шевчук О.В. Формування фотосинтетичного потенціалу сортів сої залежно від доз мінеральних добрив та позакореневого підживлення органомінеральним добривом. *Наукові доповіді НУБІП України*. 2024. № 2 (108). С. 3-14. DOI: [http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.2\(108\).2024.008](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.2(108).2024.008).
5. Циганський В.І., Циганська О.І. Вплив елементів технології вирощування на активізацію рослинно-мікробного симбіозу та процеси трансформації азоту у агроценозах люцерни посівної. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 1 (16). С. 61–72. DOI: 10.37128/2707-5826-2020-1-5
6. Циганська О.І., Циганський В.І. Вплив мінеральних добрив та способів використання комплексу мікроелементів на висоту рослин сої. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 4 (15). С. 83–93. DOI: 10.37128/2707-5826-2019-3-4-8.
7. Циганська О.І. Вплив мінеральних добрив та біопрепарату на ріст та розвиток рослин сої. *Наукові доповіді НУБІП*. 2021. № 6 (94). URL:<http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/dopovidi2021.06.008>
8. Циганський В.І. Оптимізація системи удобрення сої на основі використання препаратів біологічного походження в умовах Лісостепу Правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 2 (21). С. 69–80. DOI:10.37128/2707-5826-2021-2-6.
9. Didur I., Tsyhanskyi V., Tsyhanska O. Influence of biologisation of the nutrition system on the transformation of biological nitrogen and formation of soybean productivity. *Plant and Soil Science*. 2023. № 14 (4). P. 86–97. <https://doi.org/10.31548/plant4.2023.86>.
10. Didur I.M., Tsyhanskyi V.I., Tsyhanska O.I., Malynka L.V., Butenko A.O., Masik I.M., Klochkova T.I. Effect of the cultivation technology elements on the activation of plant microbe symbiosis and the nitrogen transformation processes in alfalfa agrocoenoses. *Modern Phytomorphology*. 2019. Vol. 13. P. 30–34. doi: 10.5281/zenodo.3518830.
11. Didur I., Tsyhanskyi V., Tsyhanska O. The influence of biologization of the nutrition system on the formation of photosynthetic productivity of soybean crops. *Modern Phytomorphology*. 2024. Vol. 18. Issue 4. P. 119–123. doi: 10.5281/zenodo.200121.

12. Korobko A., Kravets R., Mazur O., Mazur O., Shevchenko N. Nitrogen-fixing capacity of soybean varieties depending on seed inoculation and foliar fertilization with biopreparations. *Journal of Ecological Engineering*. 2024. 25(4). P. 23–37. doi: 10.12911/22998993/183497.

13. Mazur V., Didur I., Tkachuk O., Pansyryeva H., Ovcharuk V. Agroecological stability of cultivars of sparsely distributed legumes in the context of climate change. *Scientific Horizons*. 2021. 24 (1). P. 54-60. DOI: 10.48077/scihor.24(1). 2021. P. 54–60.

14. Mazur O., Mazur O., Tymoshchuk T., Didur I., Tsyhanskyi V. Study of legume-rhizobia symbiosis in soybean for agroecosystem resilience. *Scientific Horizons*. 2024. 27 (11). P. 68–89. doi: 10.48077/scihor11.2024.68.

Список використаної літератури у транслітерації / References

1. Didur I.M., Shevchuk V.V. (2020). Pidvyshchennia rodiuchosti ґрунту v rezultati nakopychennia biolohichnoho azotu bobovymy kulturamy. [*Increasing soil fertility as a result of the accumulation of biological nitrogen by legumes*]. *Sil'ske hospodarstvo i lisivnytstvo – Agriculture and forestry*. №1 (16). 36–43. DOI: 10.37128/2707-5826-2020-1-4 [in Ukrainian].

2. Mazur O.V., Mazur O.V. (2023). Adaptivna tsinnist sortiv soi za vyroshchuvannia v riznykh ekohradiientakh [*Adaptive value of soybean varieties for growing in various ecological environments*]. *Sil'ske hospodarstvo i lisivnytstvo – Agriculture and forestry*. № 2 (29). 172–180. DOI: 10.37128/2707-5826-2023-2-15 [in Ukrainian].

3. Moiseichenko V.F., Yeshenko V.O. (1994). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii [*Fundamentals of scientific research in agronomy*]. K.: High school. [in Ukrainian].

4. Tsyhanska O.I., Shevchuk O.V. (2024). Formuvannia fotosyntetychnoho potentsialu sortiv soi zalezno vid doz mineralnykh dobryv ta pozakorenevoho pidzhyvlennia orhano-mineralnym dobryvom [*Formation of photosynthetic potential of soybean varieties depending on doses of mineral fertilizers and foliar feeding with organo-mineral fertilizer*]. *Naukovi dopovidi NUBIP Ukrainy – Scientific Reports of the NULES of Ukraine*. № 2 (108). DOI: [http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.2\(108\).2024.008](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.2(108).2024.008) [in Ukrainian].

5. Tsyhanskyi V.I., Tsyhanska O.I. (2020). Vplyv elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia na aktyvizatsiiu roslynno-mikrobnoho symbiozu ta protsesy transformatsii azotu u ahrotsenozakh liutserny posivnoi [*The influence of elements of cultivation technology on the activation of plant-microbial symbiosis and nitrogen transformation processes in agrocenoses of alfalfa seed*]. *Sil'ske hospodarstvo i lisivnytstvo – Agriculture and forestry*. № 1 (16). 61–72. DOI: 10.37128/2707-5826-2020-1-5 [in Ukrainian].

6. Tsyhanska O.I., Tsyhanskyi V.I. (2019). Vplyv mineralnykh dobryv ta sposobiv vykorystannia kompleksu mikroelementiv na vysotu roslyn soi [*The effect*

of mineral fertilizers and methods of using a complex of trace elements on the height of soybean plants]. *Sil'ske hospodarstvo i lisivnytstvo – Agriculture and forestry*. № 4 (15). P. 83–93. DOI: 10.37128/2707-5826-2019-3-4-8 [in Ukrainian].

7. Tsyhanska O.I. (2021). Vplyv mineralnykh dobryv ta biopreparatu na rist ta rozvytok roslyn soi [The effect of mineral fertilizers and biological preparation on the growth and development of soybean plants]. *Naukovi dopovidi NUBIP Ukrainy – Scientific Reports of the NULES of Ukraine*. № 6 (94). <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/dopovidi2021.06.008> [in Ukrainian].

8. Tsyhanskyi V.I. (2021). Optyimizatsiia systemy udobrennia soi na osnovi vykorystannia preparativ biolohichnoho pokhodzhennia v umovakh Lisostepu Pravoberezhnoho. [Optimization of the soybean fertilization system based on the use of preparations of biological origin in the conditions of the Forest-Steppe of the Right Bank]. *Sil'ske hospodarstvo i lisivnytstvo – Agriculture and forestry*. № 2 (21). 69–80. DOI:10.37128/2707-5826-2021-2-6 [in Ukrainian].

9. Didur I., Tsyhanskyi V., Tsyhanska O. (2023). Influence of biologisation of the nutrition system on the transformation of biological nitrogen and formation of soybean productivity. *Plant and Soil Science*. № 14 (4). P. 86–97. <https://doi.org/10.31548/plant4.2023.86> [In English].

10. Didur I.M., Tsyhanskyi V.I., Tsyhanska O.I., Malynka L.V., Butenko A.O., Masik I.M., Klochkova T.I. (2019). Effect of the cultivation technology elements on the activation of plant microbe symbiosis and the nitrogen transformation processes in alfalfa agrocoenoses. *Modern Phytomorphology*. Vol. 13. P. 30–34. doi: 10.5281/zenodo.3518830 [In English].

11. Didur I., Tsyhanskyi V., Tsyhanska O. (2024). The influence of biologization of the nutrition system on the formation of photosynthetic productivity of soybean crops. *Modern Phytomorphology*. Vol. 18. Issue 4. P. 119–123. doi: 10.5281/zenodo.200121 [In English].

12. Korobko A., Kravets R., Mazur O., Mazur O., Shevchenko N. (2024). Nitrogen-fixing capacity of soybean varieties depending on seed inoculation and foliar fertilization with biopreparations. *Journal of Ecological Engineering*. 25 (4). P. 23–37. doi: 10.12911/22998993/183497. [In English].

13. Mazur V., Didur I., Tkachuk O., Pansyryeva H., Ovcharuk V. (2021). Agroecological stability of cultivars of sparsely distributed legumes in the context of climate change. *Scientific Horizons*. 24 (1). P. 54–60. DOI: 10.48077/scihor.24(1). P. 54–60 [In English].

14. Mazur O., Mazur O., Tymoshchuk T., Didur I., Tsyhanskyi V. (2024). Study of legume-rhizobia symbiosis in soybean for agroecosystem resilience. *Scientific Horizons*. 27 (11). P 68–89. doi: 10.48077/scihor11.2024.68. [In English].

ANNOTATION

BIOLOGICAL NITROGEN ACCUMULATION BY PERENNIAL LEGUMINOUS GRASSES AND LEGUME CROPS AS A WAY TO RESTORE SOIL FERTILITY

The article analyzes the influence of the features of the cultivation technology of seed alfalfa and soybeans on the accumulation of biological nitrogen. In particular, the results of research on the under-cover and uncovered methods of growing alfalfa are presented. The features of the accumulation of biological nitrogen by alfalfa under the cover of such crops as white mustard and red mustard are determined. The results on the accumulation of biological nitrogen in the uncovered method of growing without the use of herbicide and with its application are also presented. The features of the influence of soil liming and the treatment of alfalfa seeds with preparations of biological origin on the accumulation of nitrogen are determined.

*In particular, the effect of the inoculant Rhizobin for bacterization of seed material with active strains of nodule bacteria and the growth regulator Emistym C on the activation of the nitrogen fixation process by alfalfa plants was analyzed. The results of studies on symbiotic nitrogen fixation and the accumulation of biological nitrogen in soybean crops were presented. The features of the accumulation of biological nitrogen by the Sensor and Onyx soybean varieties were determined. The effect of using the biopreparation Regoplant (the latest plant biostimulant from a series of multicomponent preparations, which is based on the synergistic effect of the interaction of biotechnological cultivation products and microelements) and the bioinoculant Anderiz (the preparation includes viable cells of nodule bacteria that have a unique symbiotic relationship to legumes (*Mesorhizobium cicero*, *Bradyrhizobium japonicum*, *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae*, *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli*, *Sinorhizobium* sp.) and the phosphorus-mobilizing fungus *Penicillium bilaii*) on the accumulation of biologically fixed nitrogen by soybean varieties was analyzed. The conducted studies showed that on average over the years of research, alfalfa sowings with the full rate of lime applied to the soil and the combined treatment of seed material before sowing with Rhizobin and Emistim C under bare-root cultivation with the use of herbicide provide biological nitrogen fixation in the maximum amount in the experiment - 236.3 kg/ha. Based on the results of the study on the influence of fertilization and the use of biological preparations on the accumulation of biological nitrogen by soybean crops, it was found that the highest amount of biological nitrogen in the atmosphere of soybean plants, the Sensor variety 144.6 kg/ha and the Onyx variety 164.6 kg/ha on average over the years of research, was recorded in the experimental variants with the application of mineral fertilizers at a dose of P60K60 and pre-sowing seed treatment with the Regoplant preparation (250 ml/t) in combination with foliar top dressing with the Anderiz preparation 2.5 l/t.*

Key words: soil degradation, alfalfa, soybean, nitrogen fixation, inoculation, biological products.

Table. 3. Lit. 14.

Інформація про авторів

Циганський В'ячеслав Іванович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри рослинництва та садівництва Вінницького національного аграрного університету (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна 3. e-mail: tsiganskiyslava@gmail.com).

Tsyhanskyi Viacheslav – candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of plant growing and horticulture of Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsia, Soniachna Str. 3, e-mail: tsiganskiyslava@gmail.com).

Циганська Олена Іванівна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри лісового та садово-паркового господарства Вінницького національного аграрного університету (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна 3, e-mail: lenkatsiganskaya@gmail.com).

Tsyhanska Olena – candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of forestry and landscape management of Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsia, Soniachna Str. 3, e-mail: lenkatsiganskaya@gmail.com).

Панцирева Ганна Віталіївна – доктор сільськогосподарських наук, доцент кафедри лісового та садово-паркового господарства Вінницького національного аграрного університету (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна 3, e-mail: apantsyрева@ukr.net).

Pantsyрева Hanna – candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of forestry and landscape management of Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsia, Soniachna Str. 3, e-mail: apantsyрева@ukr.net).

Шевчук Олександр Володимирович – аспірант кафедри рослинництва та садівництва Вінницького національного аграрного університету (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна 3).

Shevchuk Oleksandr – post graduate student of the department of plant growing and horticulture of Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsia, Soniachna Str. 3).