



# Землеробство, грунтознавство, агрохімія

УДК 633.2:631.4

© 2025

## **ВПЛИВ УДОБРЕННЯ НА РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТУ ПІД РІЗНОТИПНИМИ ЛУЧНИМИ АГРОФІТОЦЕНОЗАМИ**

*В.Г. Кургак<sup>1</sup>, Я.В. Гавриш<sup>2</sup>, Л.М. Красюк<sup>3</sup>, В.В. Щербатюк<sup>4</sup>*

*<sup>1</sup>доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН*

*<sup>2</sup>PhD (доктор філософії)*

*<sup>3</sup>кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник*

*<sup>4</sup>кандидат економічних наук*

*Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН»*

*вул. Машинобудівників, 2-Б, с-ще Чабани*

*Фастівського р-ну Київської обл., 08162, Україна*

*e-mail: <sup>1</sup>kurgak\_luki@ukr.net, <sup>2</sup>yara13full@gmail.com,*

*<sup>3</sup>iznaanaspirant@gmail.com, <sup>4</sup>dikavika1977@gmail.com*

*ORCID: <sup>1</sup>0000-0003-2309-0128, <sup>2</sup>0000-0002-0231-0673,*

*<sup>3</sup>0000-0003-0090-6083, <sup>4</sup>0000-0002-8652-3253*

Надійшла 7.05.2025

**Мета.** Визначити величину накопичення кореневої маси, симбіотичного азоту, параметри показників родючості ґрунту і баланс основних поживних елементів за вирощування люцерни посівної та люцерно-злакових сумішей під дією вапна й добрив. **Методи.** Польовий (проведення експерименту в польових умовах, визначення кількості надземної маси та коріння), лабораторний (визначення показників родючості ґрунту), математико-статистичний (математична обробка результатів досліджень). **Результати.** За результатами досліджень, проведених упродовж 2019 – 2021 рр. у зоні Лісостепу України на темно-сірому опідзоленому крупнопилувато-легкосуглинковому ґрунті, визначено величину накопичення багаторічними травами кореневої маси й симбіотичного азоту, показники целюлазної активності, протиерозійної стійкості та зміни показників родючості ґрунту, а також баланс основних поживних елементів за вирощування на корм люцернового, злакового і люцерно-злакових агрофітоценозів під дією вапна й добрив. **Висновки.** Під дією симбіотичного азоту люцерни посівної в одновидовому посіві та люцерно-злакових сумішах і мінерального азоту дозою  $N_{90}$  на злаковому травостой збільшується накопичення сухої маси коріння на 0,99 – 1,90 т/га, продуктивна

дія коріння — на 0,19 – 0,64 од., целюлазна активність ґрунту — на 3 – 4%, протиерозійна стійкість лучних агрофітоценозів за тривалістю розмивання моноліту ґрунту рівномірним струменем води — на 1:04 – 1:42 хв:сек, а також кількість лужногідролізованого азоту в ґрунті. Різномісний лучний травостої з урожаєм надземної біомаси виносять 56 – 307 кг/га азоту, 12 – 45 кг/га фосфору та 87 – 263 кг/га калію. Баланс азоту на люцерновому й люцерно-злакових травостоях на фонах без внесення азотних добрив позитивний у межах 15 – 28 кг/га, на злаковому травостої з внесенням  $N_{90}$  — близький до нейтрального, на злаковому травостої без внесення азоту — негативний (–18 – –28 кг/га). Баланс фосфору в разі внесення  $P_{45}K_{90}$  на злаковому травостої позитивний — 24 – 32 кг/га, на люцерновому й люцерно-злакових — близький до нейтрального, без використання добрив — негативний (–12 – –40 кг/га). Баланс калію — негативний із дефіцитом (–56 – –241 кг/га), за винятком його значення на злаковому травостої з внесенням  $P_{45}K_{90}$ , де він є близьким до нейтрального.

**Ключові слова:** азот, винос з урожаєм, баланс поживних елементів, калій, коріння, люцерна посівна.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202508-01>

У зміцненні кормової бази тваринництва важливу роль відіграє підвищення ефективності використання природних кормових угідь, площа яких в Україні становить майже 7,6 млн га. Однак їх продуктивність у виробничих умовах є меншою від потенційних можливостей, а через високу розораність сільськогосподарських угідь, яка часто сягає 90%, вони недостатньо захищають ґрунти від водної ерозії, а водні джерела — від замулення та забруднення, що не відповідає принципам сталого розвитку й раціонального природокористування [1, 2].

Одним із способів підвищення ефективності їх використання є впровадження заходів біологічної інтенсифікації лучного кормовиробництва через залучення багаторічних бобових трав як джерела симбіотичного азоту [1–3]. На основі досліджень, проведених у різних умовах України, розроблено заходи щодо підвищення ефективності використання різних видів багаторічних бобових трав, а також науково-технологічні

основи формування і раціонального використання сіяних бобово-злакових кормових агрофітоценозів [4, 5].

Виявлено, що введення бобових трав до складу бобово-злакових ценозів без внесення мінерального азоту підвищує продуктивність лучних угідь в 1,5–2,5 рази, а за збором протеїну — у 2–3 рази й більше порівняно зі злаковими травостоями на однакових безазотних фонах удобрення [6–9]. Із використанням бобових трав у складі бобово-злакових травостоїв накопичується 100–300 кг/га симбіотичного азоту, що рівноцінно внесенню на злаковий травостій 300–900 кг/га аміачної селітри, вартість 1 т якої становить майже 25–26 тис. грн/т.

Крім вивчення впливу досліджуваних факторів та їх параметрів на продуктивність лучних угідь, особливості формування фітоценозів та якість кормів, важливе значення мають дослідження з накопичення кореневої маси, а також змін фізико-хімічних властивостей ґрунту й балансу основних поживних елементів.

Дослідники [10 та Е. Клапп, 1961] зазначають, що без внесення добрив унаслідок фізико-хімічних і біологічних процесів, які відбуваються в ґрунті, та поступового зменшення вмісту рухомих, легкозасвоюваних основних поживних речовин через винесення їх з урожаєм на природних і сіяних кормових угіддях з роками не лише змінюється ботанічний склад, а й знижується врожайність, погіршується якість кормів. За систематичного внесення навіть невисоких доз фосфору (30 і 60 кг/га) й значно вищих доз калію відбувається збагачення цими елементами верхнього шару ґрунту. Із внесенням фосфору, калію та азоту врожайність злакового травостою різко зростає, однак накопичення фосфору й калію в ґрунті стає менш помітним. Вимивання чи потрапляння азоту та калію з добрив у глибші шари ґрунту (нижче 20 см) на луках через щільну дернину майже не відбувається [Л.Ю. Каджюліс, 1977]. Водночас коренева система трав засвоює азот із нижніх шарів, що певною мірою також зменшує міграцію й шкідливий вплив азоту на навколишнє природне середовище.

Кількість лужногідролізованого азоту, яка в більшості ґрунтів становить 4–6%, інколи — 8–10% вмісту в ньому загального азоту, характеризує ступінь окультурювання ґрунтів [10 та Е. Клапп, 1961]. Рослини засвоюють лише частину рухомого азоту, а решта становить потенційний запас і може бути використана ними найближчим часом. Автори [11] зазначають, що вміст лужногідролізованого азоту в ґрунті підвищується завдяки мінеральному азоту внесених добрив і симбіотичному азоту бобових трав, які є компонентами сіяних бобово-злакових травостоїв. Однак недостатньо вивченими є питання щодо кількості накопичення бобовими травами симбіотичного азоту, змін показників родючості ґрунту та балансу основних поживних елементів за вирощування люцерно-злакових сумішей із різними

злаковими компонентами під дією вапна й добрив.

**Мета досліджень** — визначити показник накопичення кореневої маси, симбіотичного азоту, показники родючості ґрунту та баланс основних поживних елементів за вирощування люцерни посівної й люцерно-злакових сумішей під дією вапна та добрив.

**Матеріали та методи досліджень.** Дослідження щодо накопичення бобовими травами кореневої маси і симбіотичного азоту, змін показників родючості ґрунту та балансу основних поживних елементів за вирощування люцерно-злакових сумішей із різними злаковими компонентами під дією вапна й добрив проводили впродовж 2019–2021 рр. у зоні Лісостепу України на темно-сірому опідзоленому крупнопилувато-легкосуглинковому ґрунті в ННЦ «Інститут землеробства НААН» (с-ще Чабани Київської обл.). Схему дослідів наведено в табл. 1. Уміст гумусу на початку досліджень у шарі ґрунту 0–20 см становив 2,2%,  $pH_{\text{сop.}}$  — 5,2, вміст лужногідролізованого азоту — 130–131 мг/кг сухого ґрунту, рухомого фосфору — 171, обмінного калію — 128–129 мг/кг сухого ґрунту.

Згідно зі схемою дослідів, під час залуження навесні 2019 р. одноразово внесли 1,5 т/га вапна в передпосівний обробіток ґрунту, а мінеральні добрива використовували щороку: фосфорні й калійні — навесні, азотні — рівними частинами під кожний укіс. Посівна площа ділянки — 16 м<sup>2</sup>, облікова — 10 м<sup>2</sup>. Повторність — 4-разова, розміщення ділянок — послідовне. У досліді використано районовані сорти багаторічних трав, переважно селекції ННЦ «Інститут землеробства НААН». Польові дослідження виконували згідно із загальноприйнятими в кормовиробництві методиками [12]. Погодні умови в роки досліджень загалом були сприятливими для перезимівлі й вегетації багаторічних трав.

**1. Накопичення сухого коріння в шарі ґрунту 0–20 см різними лучними агрофітоценозами та їх протиерозійна стійкість залежно від добрив і вапнування (середнє за 2019–2021 рр.)**

Травостій (види трав і норма висіву насіння, кг/га)	Вапнування*	Удобрення	Коріння, т/га	Продуктивна дія коріння**	Целюлазна активність ґрунту, %	Протиерозійна стійкість фітоценозів, хв:сек***	Симбіотичний азот, кг/га****
Люцерна посівна, 18	–	Без добрив	8,23	1,10	16	8:32	203
		P <sub>45</sub> K <sub>60</sub>	8,45	1,13	16	8:48	216
	+	Без добрив	8,55	1,15	16	8:51	226
		P <sub>45</sub> K <sub>60</sub>	8,63	1,21	17	9:07	251
Люцерна посівна, 10 + + стоколос безостий, 15	–	Без добрив	8,63	1,02	14	9:37	178
		P <sub>45</sub> K <sub>60</sub>	8,81	1,05	15	9:49	197
	+	Без добрив	8,85	1,07	14	9:55	196
		P <sub>45</sub> K <sub>60</sub>	9,19	1,09	15	9:58	218
Люцерна посівна, 10 + + стоколос безостий, 8 + + костриця східна, 6	–	Без добрив	9,05	1,03	14	9:53	184
		P <sub>45</sub> K <sub>60</sub>	9,22	1,02	15	9:59	202
	+	Без добрив	9,16	1,06	14	9:55	203
		P <sub>45</sub> K <sub>60</sub>	9,33	1,10	15	9:58	224
Стоколос безостий, 15 + + костриця східна, 14 (злаковий травостій)	–	Без добрив	7,15	0,45	11	8:33	–
		P <sub>45</sub> K <sub>60</sub>	7,42	0,46	12	8:50	–
	+	Без добрив	7,40	0,45	11	8:53	–
		P <sub>45</sub> K <sub>60</sub>	7,65	0,45	12	8:56	–
Стоколос безостий, 15 + + костриця східна, 14 (злаковий травостій)	–	N <sub>90(30+30+30)</sub>	8,25	0,64	17	9:58	–
		N <sub>90</sub> P <sub>45</sub> K <sub>60</sub>	8,41	0,66	17	10:19	–
	+	N <sub>90</sub>	8,43	0,65	17	10:05	–
		N <sub>90</sub> P <sub>45</sub> K <sub>60</sub>	8,69	0,67	17	10:08	–
HIP <sub>05</sub>			0,47		2	0:25	

\*Без внесення вапна, + — внесення 1,5 т/га вапна. \*\*Співвідношення сухої надземної маси до сухої маси коріння. \*\*\*Час (тривалість) розмивання моноліту ґрунту (дернини) рівномірним струменем води, хв:сек; побічно є оціночним показником протиерозійної стійкості біогеоценозів. \*\*\*\*Накопичення симбіотичного азоту визначають за різницею накопиченого загального азоту в надземній біомасі люцернового чи люцерно-злакового травостоїв і накопиченого азоту на злаковому травостій на однаковому агрофоні, кг/га. ^ Наведено в розрахунку на місячне витримування в ґрунті лляної тканини під час активної вегетації трав.

На початку та наприкінці досліджень у шарі ґрунту 0–20 см уміст гумусу за Тюрнімом визначали згідно з ДСТУ [13], легкогідролізованого лугом азоту — за Корнфілдом згідно з ДСТУ [14], рухомих фосфору й калію — за Чиріковим згідно з ДСТУ [15], рН<sub>кон.</sub> — потенціометрично згідно з ДСТУ ISO 10390:2001 [16]. Накопичення сухої кореневої маси відбувалося через відмивання моноліту ґрунту розміром 20 × 20 × 20 см<sup>3</sup> із наступним

висушуванням коріння. Винос із ґрунту і баланс азоту, фосфору та калію за вирощування багаторічних травостоїв визначали згідно з ДСТУ [17], умовну протиерозійну стійкість ґрунту — за терміном відмивання моноліту ґрунту розміром 20 × 20 × 20 см<sup>3</sup> рівномірним струменем води, целюлазну активність — за ступенем розкладання лляної тканини в розрахунку на місячне витримування в шарі ґрунту 0–20 см під час активної вегетації

трав. Математичну обробку одержаних експериментальних даних продуктивності в досліді проводили методом дисперсійного аналізу [18].

**Результати досліджень.** За результатами досліджень із відновлення лучних угідь на орних землях із природоохоронною і кормовиробничою метою через залуження багаторічними травами та їх сумішами доведено, що в середньому за 2019–2021 рр. люцерновим і люцерно-злаковими агроценозами на різних фонах удобрення й вапнування в надземній біомасі накопичувалося 178–251 кг/га симбіотичного азоту (табл. 1). Дещо більше (на 25–29 кг/га) його накопичилося в одновидовому посіві люцерни. За внесення  $P_{45}K_{60}$  і 5–21 кг/га вапна та в разі залуження накопичення збільшилося на 5–21 кг. Найменше його накопичувалося в першій (2019-й) рік життя і користування — 54–76 кг/га, найбільше — на третьому році.

Азотні добрива в оптимальних дозах підвищують мікробіологічну (целюлазну) активність ґрунту, що сприяє посиленню мінералізації органічної речовини й підвищенню вмісту доступного для рослин ґрунтового азоту. Доведено, що дернина бобових трав розкладається швидше, ніж дернина злаків [11].

У процесі дослідження встановлено, що під люцерновим, злаковим і люцерно-злаковими агроценозами на різних фонах удобрення та вапнування в шарі ґрунту 0–20 см накопичилося 7,15–9,33 т/га сухої кореневої маси, продуктивна дія коріння як співвідношення сухої надземної маси до сухої маси коріння корелювало в межах 0,45–1,21 од., целюлазна активність ґрунту місячної витримки була на рівні 11–17%, протиерозійна стійкість агрофітоценозів як час відмивання моноліту ґрунту (дернини) рівномірним струменем води була в межах 8:32–10:08 хв:сек. Результати досліджень свідчать про те, що під впливом симбіотичного азоту люцерни посівної в люцерно-злакових травостоях

і мінерального азоту дозою  $N_{90}$  підвищувалися не лише продуктивність надземної кормової біомаси, а й накопичення сухої маси коріння, відповідно, на 1,48–1,90 та 0,99–1,10 т/га, продуктивна дія коріння — відповідно, на 0,57–0,64 та 0,19–0,22 од., целюлазна активність ґрунту — на 3–4%, порівняльна відносна протиерозійна стійкість лучних агрофітоценозів — на 1:04–1:42 хв:сек.

Встановлено також, що під впливом удобрення та вапнування змінюються агрохімічні показники темно-сірого опідзоленого ґрунту. Впродовж 2019–2021 рр. (табл. 2) дослідна ділянка характеризувалася високою потенційною родючістю із середнім умістом у шарі ґрунту 0–20 см рухомого фосфору — 171–172 мг/кг, обмінного калію — 128–129 мг/кг, лужногідролізованого азоту — 131 мг/кг. Уміст гумусу був на рівні 2,20–2,21%,  $pH_{\text{сол.}}$  — 5,2. За 3 роки досліджень із внесенням вапна дозою 1,5 т під час залуження відзначено тенденцію до збільшення гумусу на 0,01% та зменшення кислотності ( $pH$ ) на 0,2–0,3. Тип травостою і добрива на вміст гумусу та  $pH_{\text{сол.}}$  істотно не впливали.

На люцерновому та люцерно-злакових травостоях за впливу симбіотичного азоту люцерни посівної та за внесення мінерального азоту дозою  $N_{90}$  на злаковому травостої спостерігали тенденцію до збільшення вмісту лужногідролізованого азоту на 3–4 мг/кг у шарі ґрунту 0–20 см. Водночас на цьому самому травостої без внесення азотних добрив його вміст у ґрунті зменшувався на 3 мг/кг. За 3 роки користування травостоями з внесенням добрив дозами  $P_{45}K_{90}$  та  $N_{90}P_{45}K_{90}$  вміст рухомого фосфору в шарі ґрунту 0–20 см збільшився на 1–6 мг/кг. Це свідчить про те, що фосфор дозою  $P_{45}$  повністю не засвоюється рослинами й частково накопичується в ґрунті. Більше фосфору в ґрунті накопичувалося за внесення  $P_{45}$  на злаковому травостої, який характеризувався низькою

**2. Зміна показників родючості шару ґрунту 0–20 см за вирощування люцернового, злакового і люцерно-злакових травостоїв на різних фонах удобрення та вапнування (2019–2021 рр.)**

Травостій (види трав і норма висіву насіння, кг/га)	Вапнування	Удобрення	Гумус за Тюрнімом, %	pH <sub>сеп.</sub>	N за Корнфілдом, мг/кг	За Чиріковим, мг/кг	
						P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Люцерна посівна, 18	–	Без добрив	2,21/2,22	5,2/5,2	131/135	171/167	128/126
		P <sub>45</sub> K <sub>90</sub>	2,21/2,22	5,2/5,2	131/135	171/173	128/130
	+	Без добрив	2,21/2,23	5,2/5,4	131/135	171/168	129/127
		P <sub>45</sub> K <sub>90</sub>	2,21/2,22	5,2/5,4	131/135	171/173	129/132
Люцерна посівна, 10 + + стоколос безостий, 8 + + костриця східна, 6	–	Без добрив	2,21/2,22	5,2/5,2	131/135	171/169	128/126
		P <sub>45</sub> K <sub>90</sub>	2,21/2,23	5,2/5,2	130/134	172/173	129/131
	+	Без добрив	2,21/2,22	5,2/5,4	131/135	171/168	129/126
		P <sub>45</sub> K <sub>90</sub>	2,21/2,22	5,2/5,4	131/135	171/173	129/132
Стоколос безостий, 15 + + костриця східна, 14	–	Без добрив	2,20/2,22	5,2/5,2	131/128	171/170	129/127
		P <sub>45</sub> K <sub>90</sub>	2,20/2,23	5,2/5,2	131/128	171/176	128/135
	+	Без добрив	2,20/2,22	5,2/5,5	131/128	172/170	129/127
		P <sub>45</sub> K <sub>90</sub>	2,20/2,23	5,2/5,5	131/128	171/177	128/135
Стоколос безостий, 15 + + костриця східна, 14	–	N <sub>90</sub>	2,21/2,22	5,2/5,1	131/134	171/169	128/127
		N <sub>90</sub> P <sub>45</sub> K <sub>90</sub>	2,20/2,23	5,2/5,1	130/134	171/173	129/133
	+	N <sub>90</sub>	2,21/2,22	5,2/5,4	131/135	171/169	129/127
		N <sub>90</sub> P <sub>45</sub> K <sub>90</sub>	2,20/2,23	5,2/5,4	131/134	171/173	129/133
НІР <sub>05</sub> , %			0,1/10,12	0,2/0,2	3/3	4/4	4/4
Примітка 1. – — без внесення вапна, + — внесення 1,5 т/га вапна (для табл. 2–4).							
Примітка 2. У чисельнику зразки ґрунту, відібрані на початку 2019 р., у знаменнику — зразки ґрунту, відібрані наприкінці досліджень у 2021 р.							

продуктивністю і меншими виносими його з урожаєм. У варіантах без добрив на люцерновому та люцерно-злакових травостоях, а також на злаковому травостої з внесенням N<sub>90</sub> вміст фосфору в ґрунті зменшувався на 6–8 мг/кг.

За роки досліджень під впливом добрив і залежно від складу травостою вміст обмінного калію у шарі ґрунту 0–20 см змінювався так само, як і фосфору. Спостерегали тенденційне збільшення (на 2–7 мг/кг) калію у варіантах його внесення — P<sub>45</sub>K<sub>90</sub> і N<sub>90</sub>P<sub>45</sub>K<sub>90</sub>. Більше калію в ґрунті накопичилося за внесення K<sub>90</sub> на злаковому травостої, який характеризувався низькою продуктивністю і меншими виносими його з урожаєм. У варіантах без добрив на люцерновому

та люцерно-злакових травостоях, а також на злаковому — в разі внесення N<sub>90</sub> — через значні виноси калію з урожаєм уміст у ґрунті калію тенденційно зменшився на 1–3 мг/кг.

Висока продуктивність лучних травостоїв (5–10 т/га к. од.) зумовлює значне винесення поживних речовин з урожаєм. Саме тому без поповнення запасів рухомих форм поживних елементів через внесення добрив відбувається істотне зниження їх умісту в ґрунті. Однак, щоб вирахувати, скільки потрібно внести поживних елементів із добривами, слід знати їх кількість виносу з урожаєм і баланс поживних речовин. Є 2 частини балансу: прибуткова (надходження елементів мінерального живлення з добривами,

атмосферними опадами, насінням, а також завдяки симбіотичній та несимбіотичній фіксації азоту мікроорганізмами) і витратна (винос поживних речовин рослинами, втрати в разі вимивання в нижні горизонти, а також втрати азоту з добрив під час денітрифікації). Саме тому в разі удобрення бобово-злакових травостоїв потрібно враховувати в прибутковій частині балансу мінеральний азот добрив і симбіотичний азот бобових трав [11]. В умовах Полісся України за врожайності лучного травостою 8–9 т/га сухої маси залежно від типу ґрунту відчужується й виноситься з урожаєм 224–312 кг/га азоту, 69–92 — фосфору, 194–403 — калію, 52–88 — кальцію і 25–52 кг/га магнію [В.І. Лещенко, М.М. Солоненко, 1991]. На злаковому травостої в умовах країн Балтії з використанням  $N_{320}$  на фоні  $P_{90}K_{90}$  разом з урожаєм виносилось 293 кг азоту, 96 — фосфору та 281 кг калію [P.I. Toompe, 1966]. У західному регіоні України за внесення  $N_{240}$ - $P_{180}K_{240}$  винос азоту з урожаєм становив 334–417 кг/га, фосфору — 80–98, калію — 382–398 кг/га, з умістом їх у корневих рештках, відповідно, 90–106 кг/га, 28–35 і 24–50 кг/га [19].

Однак для свого росту трави використовують не всі внесені поживні речовини, а лише їх частину. Так, втрати азоту з добрив можуть сягати 20–30% [20]. Особливо велика кількість азоту втрачається на легких за гранулометричним складом ґрунтах і за внесення його рано навесні або пізно восени. Значні його втрати відбуваються через ерозію ґрунтів, вимивання та денітрифікацію. Із насінням багаторічних трав вноситься лише 0,5 кг/га азоту, 0,2 — фосфору і 0,4 кг/га калію, однак ці запаси є визначальними на початковому етапі росту рослин. Установлено, що лувківцтво України характеризується гостродефіцитним балансом калію та азоту. Винос їх з урожаєм трав у 2–3 рази перевищує надходження. За інтенсивних технологій такий винос

поживних речовин з урожаєм зростає в 4–5 разів і більше [19, 21].

Коефіцієнти використання поживних речовин добрив залежать як від форми добрив, так і від співвідношення між елементами живлення рослин та гранулометричного складу ґрунту [22], ботанічного складу й способу підживлення травостою, а також від вологості ґрунту [22]. На сіножатях і пасовищах різномісного ботанічного складу, лучних угіддях з різними ґрунтами поживні речовини з мінеральних добрив використовують у таких кількостях: азот і калій — 33–100%, фосфор — від 13–58, із ґрунту — відповідно, 9–50%, 11–36 і 3–25% [1]. За результатами досліджень, баланс азоту на люцерновому та люцерно-злакових травостоях був позитивним (15–28 кг/га), на злаковому травостої без внесення азоту — негативним (–18––28 кг/га), на злаковому травостої, удобреному азотом дозою  $N_{90}$  — близьким до нейтрального з незначними відхиленнями від –8 до 5 кг/га (табл. 3). Отже, позитивний баланс азоту на люцерновому й люцерно-злаковому травостоях зумовлений значними надходженнями за симбіотично фіксованого азоту, а близький до нейтрального баланс на злаковому травостої — внесенням мінерального азоту добрив.

Незалежно від фону добрив (без добрив чи внесення  $P_{45}K_{90}$ ) на люцерновому та люцерно-злакових травостоях надходження азоту завдяки симбіотичному азоту варіювало в межах 218–297 кг/га, що становило 85–89% усього надходження азоту. На злаковому травостої з внесенням  $N_{90}$  частка мінерального азоту добрив від усього його надходження становила 70%. У прибутковій частині балансу частка азоту з інших джерел, зокрема в результаті діяльності асоціативних ґрунтових мікроорганізмів тощо (38 кг/га) на люцерновому та люцерно-злакових травостоях становила 11–15%, злаковому травостої, удобреному азотом, — 30, а на злаковому

**3. Баланс азоту в системі «рослина — добриво» під люцерновим, злаковим та люцерно-злаковими травостоями на різних фонах удобрення і вапнування (середнє за 2019–2021 рр.)**

Травостій (види трав і норма висіву насіння, кг/га)	Вапнування	Удобрення	Надходження, кг/га				Внесено з урожаєм, кг/га	Баланс, н кг/га
			Добрива	Симбіотичний азот	Інші джерела	Разом		
Люцерна посівна, 18	–	Без добрив	–	245	38	283	261	+22
		P <sub>45</sub> K <sub>90</sub>	–	259	38	297	282	+15
	+	Без добрив	–	273	38	311	288	+23
		P <sub>45</sub> K <sub>90</sub>	–	297	38	335	307	+28
Люцерна посівна, 10 + + стоколос безостий, 15	–	Без добрив	–	218	38	256	235	+21
		P <sub>45</sub> K <sub>90</sub>	–	238	38	276	256	+21
	+	Без добрив	–	239	38	277	256	+21
		P <sub>45</sub> K <sub>90</sub>	–	261	38	299	280	+19
Люцерна посівна, 10 + + стоколос безостий, 8 + + костриця східна, 6	–	Без добрив	–	228	38	266	251	+15
		P <sub>45</sub> K <sub>90</sub>	–	246	38	284	259	+25
	+	Без добрив	–	252	38	290	264	+26
		P <sub>45</sub> K <sub>90</sub>	–	271	38	309	283	+26
Стоколос безостий, 15 + + костриця східна, 14	–	Без добрив	–	–	38	38	56	–18
		P <sub>45</sub> K <sub>90</sub>	–	–	38	38	62	–24
	+	Без добрив	–	–	38	38	61	–25
		P <sub>45</sub> K <sub>90</sub>	–	–	38	38	64	–28
Стоколос безостий, 15 + + костриця східна, 14	–	N <sub>90</sub>	90	–	38	128	123	+5
		N <sub>90</sub> P <sub>45</sub> K <sub>90</sub>	90	–	38	128	130	–2
	+	N <sub>90</sub>	90	–	38	128	126	+2
		N <sub>90</sub> P <sub>45</sub> K <sub>90</sub>	90	–	38	128	136	–8

травостої без внесення азотних добрив — 100%.

Важливим показником, який використовують для визначення доз добрив, є показник витратної частини балансу, тобто винос основних поживних речовин з урожаєм. За нашими даними, найменшими показники виносу азоту з урожаєм біомаси (56–64 кг/га) були на злаковому травостой без внесення азотних добрив. У разі внесення азотних добрив дозою N<sub>90</sub> винос його на злаковому травостой збільшився до 123–136 кг/га, або на 67–72 кг/га.

На люцерновому та люцерно-злакових травостоях порівняно зі злаковим винос азоту на безазотних фонах підвищився

до 235–288 кг/га, або на 179–243 кг/га, а порівняно зі злаковим травостоєм на фоні внесення азоту дозою N<sub>90</sub> — на 112–171 кг/га. Показники виносу азоту з урожаєм за щорічного внесення P<sub>45</sub>K<sub>90</sub> та вапнування ґрунту під час залуження збільшувалися на 2–27 кг/га, за поєданого внесення зазначених добрив і вапна — на 8–45 кг/га. На люцерновому й люцерно-злакових травостоях винос азоту з урожаєм за використання P<sub>45</sub>K<sub>90</sub> та вапна був значно більшим, ніж на злаковому.

Доведено, що з підвищенням продуктивності збільшувалися й показники виносу фосфору та калію з урожаєм (табл. 4). Більшим їх винос з урожаєм був на

**4. Баланс  $P_2O_5$  і  $K_2O$  в системі «рослина — добриво» під люцерновим, злаковим та люцерно-злаковими травостоями на різних фонах удобрення і вапнування (середнє за 2019–2021 рр.)**

Травостій (види трав і норма висіву насіння, кг/га)	Вапнування	Удобрення	$P_2O_5$ , кг/га			$K_2O$ , кг/га		
			Надійшло	Внесено	Баланс ±	Надійшло	Внесено	Баланс ±
Люцерна посівна, 18	–	Без добрив	–	40	–40	–	212	–212
		$P_{45}K_{90}$	45	43	+2	90	229	–139
	+	Без добрив	–	40	–40	–	241	–241
		$P_{45}K_{90}$	45	45	0	90	263	–173
Люцерна посівна, 10 + + стоколос безостий, 15	–	Без добрив	–	36	–36	–	219	–219
		$P_{45}K_{90}$	45	40	+5	90	238	–148
	+	Без добрив	–	39	–39	–	228	–228
		$P_{45}K_{90}$	45	43	+2	90	248	–158
Люцерна посівна, 10 + + стоколос безостий, 8 + + костриця східна, 6	–	Без добрив	–	37	–37	–	224	–224
		$P_{45}K_{90}$	45	40	+5	90	243	–153
	+	Без добрив	–	39	–49	–	238	–238
		$P_{45}K_{90}$	45	44	+1	90	259	–169
Стоколос безостий, 15 + + костриця східна, 14	–	Без добрив	–	12	–12	–	87	–87
		$P_{45}K_{90}$	45	13	+32	90	91	–1
	+	Без добрив	–	14	–14	–	86	–86
		$P_{45}K_{90}$	45	15	+30	90	89	+1
Стоколос безостий, 15 + + костриця східна, 14	–	$N_{90}$	–	19	–19	–	138	–138
		$N_{90}P_{45}K_{90}$	45	20	+25	90	146	–56
	+	$N_{90}$	–	20	–20	–	142	–142
		$N_{90}P_{45}K_{90}$	45	21	+24	90	154	–64

люцерновому й люцерно-злакових травостоях (37–45 кг/га фосфору, 243–297 кг/га калію), ніж на злаковому, що, відповідно, на 24–30 і 109–125 кг/га більше порівняно зі злаковим травостоєм без внесення азоту та на 21–24 й 74–109 кг/га — порівняно зі злаковим травостоєм за внесення  $N_{90}$ . Отже, найменший винос фосфору та калію спостерігали на злаковому травостої без внесення азотних добрив (варіанти без добрив і внесення  $P_{45}K_{90}$ ), 12–15 кг/га фосфору та 86–91 кг/га калію. На злаковому травостої винос фосфору й калію збільшився від внесення азотних добрив дозою  $N_{90}$ , відповідно, на 6–7 і 51–65 кг/га. За щорічного роздільного

внесення  $P_{45}K_{90}$  та вапнування ґрунту під час залуження показники виносу фосфору й калію з урожаєм збільшувалися, відповідно, на 1–3 та 9–17 кг/га, а за поєданого внесення зазначених добрив і вапна — на 3–7 та 2–57 кг/га відповідно. На люцерновому та люцерно-злакових травостоях винос фосфору й калію від застосування  $P_{45}K_{90}$  та вапна був значно більшим, ніж на злаковому (особливо без внесення азоту).

Негативний баланс фосфору на всіх травостоях зафіксовано лише у варіантах без внесення фосфорних добрив. Через більший винос фосфору з урожаєм на люцерновому та люцерно-злакових травостоях спостерігався

найбільший дефіцит фосфору, який становив 36–49 кг/га, що на 28–35 кг/га більше, ніж на злаковому травостої без внесення азоту й на 21–29 кг/га більше в разі внесення  $N_{90}$ . У варіантах із внесенням  $P_{45}$  баланс фосфору на всіх досліджуваних травостоях був позитивним з варіюванням на рівні 0–32 кг/га. Через незначні вноси цього елемента з урожаєм найвищі показники позитивного балансу (30–32 кг/га) були на злаковому травостої без внесення азоту. На злаковому травостої за внесення азоту дозою  $N_{90}$  показник позитивного балансу (надлишок) фосфору зменшився на 6–7 кг/га, на люцерновому та люцерно-злакових травостоях — до близького до нейтрального значення

(0–5 кг/га). З додаванням вапна через підвищення показників вносу фосфору з урожаєм у варіантах із внесенням  $P_{45}$  надлишок фосфору дещо зменшувався, у варіанті без добрив — збільшувався.

На відміну від фосфору баланс калію на всіх травостоях був негативним із дефіцитом 56–241 кг/га, за винятком злакового травостою без унесення азоту, однак із додаванням  $K_{90}$  був близьким до нейтрального. На люцерновому й люцерно-злакових травостоях дефіцит калію та фосфору корелював у межах 156–266 кг/га, що на 99–125 кг/га більше, ніж на злаковому травостої. За внесення  $K_{90}$  його дефіцит зменшувався на 68–86 кг/га, за вапнування ґрунту — збільшувався на 14–29 кг/га.

### **Висновки**

За відтворення лучних угідь на орних землях із природоохоронною і кормовиробничою метою завдяки залуженню люцерною посівною в одновидовому агроценозі та її сумішах із злаками на різних фонах удобрення та вапнування в надземній біомасі накопичується 178–251 кг/га симбіотичного азоту. Під впливом симбіотичного азоту люцерни посівної та мінерального азоту на злаковому травостої дозою  $N_{90}$  збільшується накопичення маси сухого коріння, відповідно, на 1,48–1,90 й 0,99–1,10 т/га, продуктивна дія коріння — на 0,57–0,64 та 0,19–0,22, целюлазна активність ґрунту — на 3–4%, порівняльна відносна протиерозійна стійкість лучних агрофітоценозів (визначена за тривалістю розмивання моноліту ґрунту) — на 1:04–1:42 хв:сек, а також накопичення лужногідролізованого азоту в ґрунті.

З урожаєм різнотипними лучними травостоями вносився 56–307 кг/га азоту, 12–45 — фосфору й 87–263 кг/га калію. Баланс азоту на люцерновому та люцерно-злакових травостоях на фонах без внесення азотних добрив — позитивний у межах 15–28 кг/га, на злаковому травостої з внесенням  $N_{90}$  — близький до нейтрального, а на злаковому без внесення азоту — негативний (–18—8 кг/га). Баланс фосфору за внесення  $P_{45}K_{90}$  на злаковому травостої — позитивний (24–32 кг/га), на люцерновому й люцерно-злакових — близький до нейтрального, без використання добрив — на всіх травостоях негативний (–12—40 кг/га). Баланс калію — негативний з дефіцитом –56—241 кг/га, за винятком злакового травостою з внесенням  $P_{45}K_{90}$ , де він є близьким до нейтрального.

**Kurhak V.<sup>1</sup>, Havrysh Ya.<sup>2</sup>, Krasiuk L.<sup>3</sup>, Shcherbatiuk V.<sup>4</sup>**

National Scientific Center «Institute of Agriculture of NAAS», 2-B Mashynobudivnykiv Str.,

Chabany, Fastiv district, Kyiv oblast, 08162, Ukraine; e-mail: <sup>1</sup>kurhak\_luki@ukr.net, <sup>2</sup>yara13full@gmail.com, <sup>3</sup>iznaanaspirant@gmail.com, <sup>4</sup>dikavika1977@gmail.com; ORCID:

<sup>1</sup>0000-0003-2309-0128, <sup>2</sup>0000-0002-0231-0673,  
<sup>3</sup>0000-0003-0090-6083, <sup>4</sup>0000-0002-8652-3253

### **Effect of fertilization on soil fertility under different types of meadow agrophytocenoses**

**Goal.** To determine the amount of accumulation of root mass, symbiotic nitrogen, parameters of soil fertility indicators, and the balance of the main nutrients for growing Lucerne sowing and Lucerne-cereal mixtures under the influence of lime and fertilizers. **Methods.** Field (conducting an experiment in the field, determining the amount of above-ground mass and roots), laboratory (determining soil fertility indicators), and mathematical and statistical (mathematical processing of research results). **Results.** According to the results of studies conducted during 2019–2021 in the zone of the Forest-Steppe of Ukraine on dark gray podzolized coarse-pollinated light-clay soil, the value was determined of the accumulation of root mass and symbiotic nitrogen by perennial grasses, indicators of cellulase activity, anti-erosion resistance and changes in soil fertility indicators, as well as the balance of the main nutrient elements for growing Lucerne, cereal and Lucerne-cereals agrophytocenoses for feed under the influence of lime and fertilizers. **Conclusions.** Under the action of symbiotic nitrogen of Lucerne in single-species sowing and Lucerne-cereals mixtures, and mineral nitrogen, the dose of  $N_{90}$  on the cereal grass

cover increased the accumulation of dry mass of roots by 0.99–1.90 t/ha, productive action of roots — by 0.19–0.64 units, cellulase activity of soil — by 3–4%. Anti-erosion resistance of meadow agrophytocenoses (by the duration of erosion of the soil monolith by a uniform stream of water) increased by 1:04–1:42 min/s. The amount of alkaline hydrolyzed nitrogen in the soil was also increased. Different types of meadow grass stands with a harvest of above-ground biomass produce 56–307 kg/ha of nitrogen, 12–45 kg/ha of phosphorus, and 87–263 kg/ha of potassium. Nitrogen balance on Lucerne and Lucerne-cereals stands on the background without nitrogen fertilizers was positive in the range of 15–28 kg/ha, on cereal grass stand with  $N_{90}$  — close to neutral, on cereal grass stand without nitrogen — negative (–18...–28 kg/ha). The balance of phosphorus in the case of entering  $R_{45}K_{90}$  on the cereal grass stand was positive — 24–32 kg/ha, on Lucerne and Lucerne-cereals — close to neutral, without the use of fertilizers — negative (–12...–40 kg/ha). The balance of potassium was negative with a deficit (–56...–241 kg/ha), except for its value on the cereals grass stand with entering  $R_{45}K_{90}$ , where it was close to neutral.

**Key words:** *nitrogen, harvest, balance of nutrients, potassium, roots, Lucerne sowing.*

**DOI:** <https://doi.org/10.31073/agroviznyk202508-01>

## **Бібліографія**

1. Курґак В.Г. Лучні агрофітоценози. Київ: ДІА, 2010. 374 с.

2. Karbivska U.M., Butenko A.O., Masyk I.M. et. al. Influence of Agrotechnical Measures on the Quality of Feed of Legume-Grass Mixtures. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. 9(4). P. 547–551. doi: 10.15421/2019\_788.

3. Kurhak V.H., Panasyuk S.M., Asanishvili N.M. et. al. Influence of perennial legumes on the productivity of meadow phytocenoses. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. 10(6). P. 310–315. doi: 10.15421/2020\_298.

4. Демидась Г.І., Пророченко С.С. Ботанічний склад та особливості формування люцерно-злакового травостою залежно від удобрення в умовах Правобережного Лісостепу. *Миронівський вісник*. 2018. 7. С. 123–134.

5. Курґак В.Г., Волошин В.М. Підвищення ефективності використання багаторічних

бобових трав на луках України. *Посібник українського хлібороба «Біологізація землеробства»: наук.-практ. зб.* 2017. Т. 1. С. 288–291.

6. Курґак В.Г., Карбівська У.М. Особливості формування бобово-злакових агрофітоценозів на дерново-підзолистих ґрунтах Прикарпаття України. *Корми і кормовиробництво*. 2020. 89. С. 121–133. doi: 10.31073/kormovyrobnnytstvo202089-12

7. Ковтун К.П., Векленко Ю.А., Ящук В.А. Формування фітоценозу та продуктивності еспарцето-злакових травосумішок залежно від способів сівби та просторового розміщення видів в умовах Лісостепу правобережного. *Корми і кормовиробництво*. 2020. 89. С. 112–120. doi: 10.31073/kormovyrobnnytstvo 202089-11

8. Дзюбайло А.Г., Марцінко Т.І., Головачук М.І. Формування продуктивності бобово-злакових

травосумішей залежно від удобрення. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. 67. С. 39–53. doi: 10.32636/01308521.2020-(67)-1-3

9. *Векленко Ю.А., Ковтун К.П., Безвузляк Л.І.* Вплив способів просторового розміщення компонентів на формування бінарних люцерно-злакових травостоїв в умовах Лісостепу Правобережного. *Корми і кормовиробництво*. 2015. 81. С. 171–177.

10. *Ларін І.В., Куксін М.В.* Луківництво і пасовищне господарство. Київ: Держсільгоспвидав, 1960. 483 с.

11. *Кургак В.Г., Товстошкур В.М.* Вплив видового складу та удобрення багаторічних травостоїв на показники родючості ґрунтів. *Зб. наук. пр. ННЦ «Інститут землеробства УААН»*. Київ: ВД «ЕКМО», 2010. Вип. 3, 4. С. 15–25.

12. *Бабич А.О.* Методика проведення дослідів по кормовиробництву. Вінниця, 1994. 96 с.

13. *Якість ґрунту.* Методи визначання органічної речовини: ДСТУ 4289:2004. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 14 с.

14. *Якість ґрунту.* Визначення легкогідролізного азоту методом Корнфілда: ДСТУ 7863:2015. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2018. 12 с.

15. *Ґрунти.* Визначання рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим

методом Чирікова: ДСТУ 4115-2002. Київ: Держспоживстандарт України, 2004. 10 с.

16. *Якість ґрунту.* Визначання рН (ISO 10390:1994, IDT): ДСТУ ISO 10390:2001. Київ: Держспоживстандарт України, 2008. 14 с.

17. *Угіддя природні кормові.* Балансовий метод визначення доз добрив: ДСТУ 8352:2015. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2018. 12 с.

18. *Ушкаренко В.О., Вожегова Р.А., Голобородько С.П., Коковіхін С.В.* Статистичний аналіз результатів польових дослідів у землеробстві: моногр. Херсон: Айлант, 2013. 403 с.

19. *Горб В.Д., Яромлюк М.Т., Бугрин Л.М.* Дія азотних добрив на культурних пасовищах Західного Лісостепу Української РСР. *Землеробство: міжвід. темат. наук. зб.* Київ: Урожай, 1975. 39. С. 105–109.

20. *Wasilewsky Z.* Gospodarka pastwiskowa z uwzględnieniem strat azotu oraz zanieczyszczenie wód ozotem i fosforem. *Proekologiczne technologie produkcji roślinnej izwiczrzecej w warunkach organiczonych nakladow.* Warszawa: IMUZ, 1995. P. 69–79.

21. *Kreil W., Oenema O.* Grassland fertilization and environment. *Proc 13 th General Meeting European Grassl and Fed eration.* 1990. 1. P. 132–143.

22. *Борець Е.В.* Создание культурных пастбищ в Западной Лесостепи. Львов, 1987. 67 с.