

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

КОЗАК НАДІЯ ІГОРІВНА

УДК 633.32:631.4:631.582:631.8

ДИСЕРТАЦІЯ

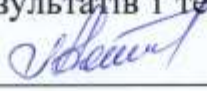
**ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ КОНЮШИНИ ЛУЧНОЇ
В КОРОТКОРОТАЦІЙНІЙ СІВОЗМІНІ В УМОВАХ
ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ**

201 Агрономія

20 Аграрні науки і продовольство

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

 Надія КОЗАК

Науковий керівник:



Галина ПАНАХИД

доктор сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник

Оброшине, 2025

АНОТАЦІЯ

Козак Н. І. Формування продуктивності конюшини лучної в короткоротаційній сівозміні в умовах Західного Лісостепу. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю: 201 – Агрономія (20 – Аграрні науки та продовольство). – Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН України, Оброшине, 2025.

У дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення та нове вирішення наукової задачі, що полягає у виявленні закономірностей формування кормової та енергетичної продуктивності конюшини лучної за застосування вапнування, органічної, мінеральної і органо-мінеральної систем удобрення. Теоретично обґрунтовано оптимальні способи використання конюшини лучної, вирощеної у короткоротаційній сівозміні.

Структура дисертації зумовлена логікою дослідження, поставленими завданнями і складається зі вступу, шести розділів, висновків до розділів, висновків до дисертації, рекомендацій виробництву, списку використаних джерел та додатків.

У першому розділі кваліфікаційної праці «Перспективи використання конюшини лучної в умовах Західного Лісостепу України» розкрито роль конюшини лучної у зміцненні кормової бази тваринництва, підвищенні родючості ґрунтів та проаналізовано ефективність використання її на енергетичні цілі.

У другому розділі «Методика і умови проведення досліджень» описано ґрунтово-кліматичні умови Західного Лісостепу, визначено гідротермічні показники вегетаційних періодів, подано схему досліду та наведено методики проведення досліджень.

У третьому розділі «Формування травостою конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні» встановлено, що ботанічний склад травостою

конюшини лучної значною мірою залежить від систем удобрення та вапнування. Найвищий відсоток бобового компонента у першому укосі (81–84 %) забезпечують комплексні системи удобрення з обов'язковим включенням вапнування, тоді як за мінеральної системи удобрення ($N_{65}P_{68}K_{68}$) та у варіанті без удобрення частка конюшини знижується до 65 %. Доведено наявність сильної кореляції між часткою бобового компоненту у травостой та застосуванням органічних добрив, а також середньої кореляції із використанням вапна. Виявлено, що щільність травостою та його структура залежать від систем удобрення та вапнування у сівозміні. Найвищу загальну щільність травостою (1171 шт/м²) забезпечує мінеральна система удобрення, проте найбільшу кількість пагонів конюшини лучної (426 шт/м² у першому укосі та 388 шт/м² у другому) отримано за внесення $N_{105}P_{101}K_{101}$ на фоні вапнування 9 т/га $CaCO_3$. У структурі рослин конюшини лучної переважають стебла (64–73 % у першому укосі та 56–67 % у другому), а найвищий відсоток листя (26 % у першому і 21 % у другому укосах) формується за періодичного вапнування (1,0 н $CaCO_3$ за Нг).

У четвертому розділі «Продуктивність травостою конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні» доведено, що продуктивність конюшини лучної без застосування добрив та вапнування становить 23,7 т/га зеленої маси, 4,6 т/га сухої речовини, 3,17 т/га кормових одиниць та 0,37 т/га перетравного протеїну. Максимальна продуктивність (12,6 т/га сухої маси, 10,15 т/га кормових одиниць та 1,18 т/га перетравного протеїну) досягається за органо-мінеральної системи удобрення з підвищеними дозами мінеральних добрив ($N_{105}P_{101}K_{101}$), внесенням 10 т/га гною та 6 т/га вапна на 1 га сівозмінної площі. Встановлено сильну кореляцію між виходом сухої речовини та мінеральною системою удобрення ($r = 0,768$).

У п'ятому розділі «Якісний склад корму конюшини лучної, вирощеної у короткоротаційній сівозміні» встановлено, що якість корму конюшини лучної суттєво залежить від систем удобрення та вапнування у сівозміні. Періодичне вапнування сприяє підвищенню вмісту сирого протеїну до

12,12 % у першому укосі та 17,67 % у другому укосі за рахунок збільшення частки конюшини у травостой. Максимальний вміст сирого протеїну (14,50 % у першому укосі та 17,95 % у другому) забезпечує поєднання $N_{65}P_{68}K_{68}$ із органічними добривами та 2,5 т/га $CaCO_3$ раз у ротацію. Внесення мінеральних добрив без вапнування знижує вміст протеїну через зменшення частки конюшини у травостой. Обґрунтовано перевагу розрахунку доз вапна за кислотно-основною буферністю (2,5 т/га раз у ротацію) порівняно з традиційним розрахунком за гідролітичною кислотністю (6 т/га раз у дві ротації). За такого підходу вміст перетравного протеїну у кормі в середньому за два укоси був найвищим і становив 128 г в одній кормовій одиниці.

У шостому розділі «Агроекологічна, економічна та енергетична оцінка вирощування конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні» обґрунтовано, що вирощування конюшини лучної в короткоротаційній сівозміні має значний потенціал для збагачення ґрунту поживними речовинами. Застосування органічних та органо-мінеральних добрив у поєднанні з вапнуванням сприяє підвищенню симбіотичної активності конюшини та засвоєнню до 192 кг/га атмосферного азоту. Використання другого укосу як сидерату дозволяє зберегти поживні речовини у ґрунті, проте надмірне застосування азотних добрив знижує біологічну азотфіксацію. Встановлено, що найвища енергетична ефективність вирощування конюшини лучної досягається при застосуванні комбінованих систем удобрення. Поєднання органічних і мінеральних добрив з вапнуванням у дозі 2,5 т/га раз на ротацію забезпечує коефіцієнт енергетичної ефективності на рівні 16,6 за кормового використання та 9,8 за кормово-сидерального при виході валової енергії 224,3 ГДж/га. Доведено, що економічна ефективність вирощування конюшини лучної залежить від системи удобрення та способу використання. За кормового способу використання найвищий умовно чистий дохід (58 463 грн/га) забезпечує органо-мінеральна система удобрення на фоні вапнування ($N_{65}P_{68}K_{68}$, 10 т/га гною та 2,5 т/га вапна – норма розрахована за кислотно-основною

буферністю) з окупністю однієї гривні затрат 4,42 грн. Кормово-сидеральний спосіб використання характеризується нижчою економічною ефективністю, проте має агроекологічне значення для підвищення родючості ґрунту.

Обґрунтовано, що оптимальною системою удобрення конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні на ясно-сірих лісових ґрунтах є органо-мінеральна система з внесенням на 1 га сівозмінної площі $N_{65}P_{68}K_{68}$, 10 т/га гною та 2,5 т/га вапна, норма якого розрахована за кислотно-основною буферністю. Така система забезпечує високу частку бобового компонента у травостой (81 %), оптимальний баланс стебел і листя у структурі рослин, максимальну продуктивність, якість корму, енергетичну та економічну ефективність при мінімізації екологічних ризиків.

Ключові слова: конюшина лучна, травостій, короткоротаційна сівозміна, удобрення, вапнування, урожайність, продуктивність, протеїн, кормові одиниці, поживність, ґрунт, кислотність, родючість, економічна та енергетична ефективність.

ABSTRACT

Kozak N. I. Formation of red clover productivity in short-rotation crop rotation under Western Forest-Steppe conditions. – Qualifying scientific work as a manuscript.

Dissertation for the Doctor of Philosophy degree in speciality: 201 – Agronomy (20 – Agricultural Sciences and Food). – Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS of Ukraine, Obroshyne, 2025.

The dissertation presents a theoretical generalization and a new solution to the scientific problem of identifying patterns in the formation of fodder and energy productivity of red clover under the application of liming, organic, mineral, and organo-mineral fertilization systems. The optimal methods of using red clover grown in short-rotation crop rotation have been theoretically substantiated.

The structure of the dissertation is determined by the logic of the research and the tasks set. It consists of an introduction, six chapters, conclusions to the

chapters, conclusions to the dissertation, recommendations for production, a list of references, and appendices.

In the first chapter of the qualifying work "Prospects for the use of red clover in the Western Forest-Steppe of Ukraine," the role of red clover in strengthening the forage base for livestock, improving soil fertility, and the effectiveness of its use for energy purposes are revealed.

The second chapter, "Methodology and conditions of the research", describes the soil and climatic conditions of the Western Forest-Steppe, determines the hydrothermal indicators of vegetation periods, presents the scheme of the experiment, and provides research methodologies.

The third chapter, "Formation of red clover sward in short-rotation crop rotation", established that the botanical composition of red clover sward significantly depends on fertilisation and liming systems. The highest percentage of the legume component in the first cut (81–84 %) is provided by complex fertilisation systems with mandatory inclusion of liming, while under the mineral fertilisation system ($N_{65}P_{68}K_{68}$) and in the variant without fertilisation, the proportion of clover decreases to 65 %. A strong correlation has been proven between the proportion of legumes in the sward and the application of organic fertilisers, as well as a moderate correlation with lime. It has been revealed that the density of the sward and its structure depend on fertilisation systems and lime. The highest total sward density (1171 shoots/m²) is provided by the mineral fertilisation system. However, the most significant number of red clover shoots (426 shoots/m² in the first cut and 388 shoots/m² in the second) was obtained with the application of $N_{105}P_{101}K_{101}$ against the background of liming with 9 t/ha of $CaCO_3$. In the structure of red clover plants, stems predominate (64–73 % in the first cut and 56–67 % in the second), and the highest percentage of leaves (26 % in the first and 21 % in the second cuts) is formed under periodic liming (1.0 n $CaCO_3$ according to hydrolytic acidity).

In the fourth chapter, "Productivity of red clover sward in short-rotation crop rotation," it has been proven that the productivity of red clover without the use of

fertilisers and liming is 23.7 t/ha of green mass, 4.6 t/ha of dry matter, 3.17 t/ha of feed units, and 0.37 t/ha of digestible protein. Maximum productivity (12.6 t/ha of dry matter, 10.15 t/ha of feed units, and 1.18 t/ha of digestible protein) is achieved with an organo-mineral fertilisation system with increased doses of mineral fertilisers ($N_{105}P_{101}K_{101}$), application of 10 t/ha of manure, and 6 t/ha of lime. A strong correlation has been established between dry matter yield and the mineral fertilisation system ($r = 0.768$).

In the fifth chapter, "Qualitative composition of red clover fodder grown in short-rotation crop rotation," it was established that the quality of red clover fodder significantly depends on fertilization systems and lime. Periodic liming contributes to an increase in crude protein content to 12.12 % in the first cut and 17.67 % in the second cut due to an increase in the proportion of clover in the sward. The maximum content of crude protein (14.50 % in the first cut and 17.95 % in the second) is provided by a combination of $N_{65}P_{68}K_{68}$ with organic fertilisers and 2.5 t/ha of $CaCO_3$ per rotation. The application of mineral fertilizers without liming reduces the protein content due to a decrease in the proportion of clover in the sward. The advantage of calculating lime doses based on acid-base buffering capacity (2.5 t/ha once per rotation) compared to the traditional calculation according to hydrolytic acidity (6 t/ha once every two rotations) has been substantiated. With this approach, the content of digestible protein in the feed was the highest on average over two mowings and amounted to 128 g per feed unit.

In the sixth chapter "Agroecological, economic, and energy assessment of growing red clover in short-rotation crop rotation," it has been substantiated that growing red clover in short-rotation crop rotation has significant potential for enriching the soil with nutrients. The use of organic and organo-mineral fertilizers in combination with liming promotes increased symbiotic activity of clover and assimilation of up to 192 kg/ha of atmospheric nitrogen. Using the second cut as green manure allows preserving nutrients in the soil, however, excessive use of nitrogen fertilizers reduces biological nitrogen fixation. It has been established that the highest energy efficiency of growing red clover is achieved with the

application of combined fertilization systems. The combination of organic and mineral fertilizers with liming at a dose of 2.5 t/ha once per rotation provides an energy efficiency coefficient of 16.6 for fodder use and 9.8 for fodder-green manure use with a gross energy output of 224.3 GJ/ha. It has been proven that the economic efficiency of growing red clover depends on the fertilization system and method of use. With the fodder method of use, the highest conditional net income (58,463 UAH/ha) is provided by an organo-mineral fertilization system ($N_{65}P_{68}K_{68}$, 2.5 t/ha of lime, rate calculated according to acid-base buffering capacity) with a return of 4.42 UAH per one UAH of costs. The fodder-green manure method of use is characterized by lower economic efficiency but has agroecological significance for improving soil fertility.

It has been substantiated that the optimal fertilization system for red clover in short-rotation crop rotation on light grey forest soils is an organo-mineral system with the application of $N_{65}P_{68}K_{68}$, 10 t/ha of manure, and 2.5 t/ha of lime, the rate of which is calculated according to acid-base buffering capacity. Such a system ensures a high proportion of the legume component in the sward (81 %), an optimal balance of stems and leaves in the plant structure, maximum productivity, fodder quality, energy and economic efficiency while minimizing environmental risks.

Key words: red clover, grassland, short-rotation crop rotation, fertilisation, liming, yield, productivity, protein, feed units, nutritional value, soil, acidity, fertility, economic and energy efficiency.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в наукових виданнях, включених до переліку фахових видань України

1. Панахид Г. Я., **Козак Н. І.**, Сендецький В. М. Залежність продукційних процесів конюшини лучної від технологічних елементів. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2022. Вип. 71 (2). С. 39–51. (Планування, аналіз і узагальнення результатів, написання статті).

2. **Kozak N.**, Stasiv O., Konyk H., Panakhyd N., Panakhyd H. Integration of red clover into agricultural systems To address contemporary challenges. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2024. Вип. 75 (2). С. 7–19. (Проведення патентного пошуку, аналіз і узагальнення даних літературних джерел, написання статті).

3. **Козак Н. І.** Продуктивність травостою конюшини лучної залежно від системи удобрення у короткоротаційній сівозміні. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2024. Вип. 76 (1). С. 26–35. (Планування, проведення досліджень, аналіз і узагальнення результатів, написання статті).

4. **Козак Н. І.**, Панахид Г. Я. Енергетична ефективність вирощування конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2024. Вип. 76 (2). С. 62–71. (Проведення досліджень, аналіз і узагальнення результатів, написання статті).

5. Оліфір Ю. М., Габриєль А. Й., Гавришко О. С., Партика Т. В., **Козак Н. І.** Динаміка окисно-відновного потенціалу під кукурудзою і ячменем ярим за тривалих антропогенних навантажень ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту. *Агронаука і практика*. 2023. Вип. 2. Ч. 3. С. 4–10. (Проведення досліджень, аналіз і узагальнення результатів, участь у написанні статті).

6. Оліфір Ю. М., Габриєль А. Й., Гавришко О. С., Партика Т. В., **Козак Н. І.** Фракційний та груповий склад гумусу ясно-сірого лісового

поверхнево оглеєного ґрунту за тривалих агрогенних навантажень. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2023. Вип. 74 (2). С. 96–106. (Проведення досліджень, аналіз і узагальнення результатів, участь у написанні статті).

Статті у наукометричних базах даних

Scopus і Web of Science

7. Olifir Yu., Habryel A., Havryshko O., Partyka T., Konyk H., **Kozak N.** The influence of long-term anthropogenic load on the migration of mobile aluminum compounds, physical and chemical properties of Albic Stagnic Luvisol. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2023. Vol. LXVI, No 2. P. 85–93. (Проведення досліджень, аналіз і узагальнення результатів, участь у написанні статті).

8. Olifir Y., Habryel A., Partyka T., Havryshko O., **Kozak N.**, Lykhochvor V. The content of mobile aluminium compounds depending on the long-term use of various fertilizing and liming systems of Albic Pantostagnic Luvisol. *Agronomy Research*. 2023. Vol. 21. No 2. P. 869–882. (Проведення досліджень, аналіз і узагальнення результатів, участь у написанні статті).

9. Olifir Yu. M., Habryel A. Y., Partyka T. V., Havryshko O. S., Konyk G. S., **Kozak N. I.**, Lykhochvor V.V. An acid-base buffering model to describe pH buffering capacity of an acid Albic Stagnic Luvisol under long-term agricultural land use and management. *Agricultural Science and Practice*. 2022. Vol. 9. No 3. P. 18–28. (Аналіз і узагальнення результатів, участь у написанні статті, підготовка до друку).

Посібник

10. Оліфір Ю., Габриель А., Гавришко О., Партика Т., **Козак Н.** Управління родючістю та біопродуктивністю ґрунтів. *Аграрна наука – виробництво : агрономія : посібник* / за науковою редакцією д. с.-г. н. Стасіва О. Оброшине : Видавництво Інституту сільського господарства

Карпатського регіону НААН, 2023. С. 88–129. ISBN 978-617-95252-5-4. *(Аналіз і узагальнення результатів, участь у написанні розділу, підготовка до друку).*

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

11. Оліфір Ю. М., Партика Т. В., **Козак Н. І.**, Габриєль А. Й., Гавришко О. С. Особливості функціонування кислотно-основної буферності ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту залежно від доз меліоранту. *Агронаука і практика*. 2022. Вип. 1, Ч. 3. С. 4–9. *(Проведення досліджень, аналіз і узагальнення результатів, участь у написанні статті).*

12. Партика Т. В., Оліфір Ю. М., Габриєль А. Й., Гавришко О. С., **Козак Н. І.** Вплив антропогенного навантаження на ферментативну активність ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту. *Агронаука і практика*. 2022. Вип. 1, Ч. 4. С. 28–33. *(Проведення досліджень, аналіз і узагальнення результатів, участь у написанні статті).*

13. **Козак Н. І.** Формування продуктивності конюшини лучної в короткоротаційній сівоzmіні в умовах Західного Лісостепу. Актуальні проблеми агропромислового виробництва України: продовольча безпека в умовах воєнного часу і повоєнної відбудови Країни : матеріали XI Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених (с. Оброшине, 10 листопада 2022 р.). Львів-Оброшине, 2022. С. 54–56. *(Проведення досліджень, аналіз і узагальнення результатів, написання тез).*

14. **Козак Н.**, Панахид Г. Комбіноване використання конюшини лучної в короткоротаційній сівоzmіні. Корми і кормовий білок : матеріали XV Міжнар. наук. конф. (м. Вінниця, 19-20 вересня 2023 р.). Вінниця, 2023. С. 87–89. *(Проведення досліджень, аналіз і узагальнення результатів, написання тез).*

15. **Козак Н.** Агроекологічне значення конюшини лучної за вирощування її у сівоzmінах. Екологічна безпека та збалансоване природокористування в агропромисловому виробництві : матеріали Міжнар.

наук.-практ. конф. (Київ, 6-7 липня 2023 р.). Київ, 2023. С. 216–219. *(Проведення досліджень, аналіз і узагальнення результатів, написання тез).*

16. **Козак Н. І.** Щільність травостою конюшини лучної в короткоротаційній сівоzmіні. Актуальні проблеми агропромислового виробництва України: виклики і шляхи розвитку в умовах війни і повоєнної відбудови : матеріали XII Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених (с. Оброшине, 23 листопада 2023 р.). Львів-Оброшине, 2023. С. 48–49. *(Проведення досліджень, аналіз і узагальнення результатів, написання тез).*

17. **Козак Н. І.** Ботанічний склад конюшини лучної за вирощування у короткоротаційній сівоzmіні. Лучні агрофітоценози: інноваційні аспекти раціонального використання в мовах євроінтеграції : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. (с. Оброшине, 5 червня 2024 р.). Оброшине, 2024. С. 42–44. *(Проведення досліджень, аналіз і узагальнення результатів, написання тез).*

18. **Козак Н. І.** Кормова продуктивність та поживна цінність корму конюшини лучної вирощеної у короткоротаційній сівоzmіні. Пріоритетні напрями наукового забезпечення виробництва продукції тваринництва у Карпатському регіоні для подолання викликів, пов'язаних з воєнним станом : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (с. Оброшине, 25 червня 2024 р.). Оброшине, 2024. С. 55–57. *(Проведення досліджень, аналіз і узагальнення результатів, написання тез).*

19. **Козак Н. І.,** Оліфір Ю. М., Панахид Г. Я., Коник Г. С. Баланс поживних речовин за вирощування конюшини лучної у короткоротаційній сівоzmіні. Актуальні проблеми агропромислового виробництва України: стратегії стійкості сільськогосподарського сектору під час війни та у післявоєнний період : матеріали XIII Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених (с. Оброшине, 19 листопада 2024 р.). Львів-Оброшине, 2024. С. 45–46. *(Проведення досліджень, аналіз і узагальнення результатів, написання тез).*

20. **Козак Н. І.,** Панахид Г. Я., Оліфір Ю. М., Стасів О. Ф. Економічна ефективність вирощування конюшини лучної у короткоротаційній сівоzmіні.

Актуальні проблеми агропромислового виробництва України: стратегії стійкості сільськогосподарського сектору під час війни та у післявоєнний період : матеріали XIII Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених (с. Оброшине, 19 листопада 2024 р.). Львів-Оброшине, 2024. С. 47–49. *(Проведення досліджень, аналіз і узагальнення результатів, написання тез).*

21. **Козак Н. І.** Уміст легкогідролізного азоту та врожайність конюшини лучної в короткоротаційній сівоzmіні. Реалії імплементації Нітратної Директиви ЄС : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. Охорона ґрунтів (м. Київ, 04 грудня 2024 р.). Київ, 2024. С. 42–43. *(Проведення досліджень, аналіз і узагальнення результатів, написання тез).*

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАК, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ....	16
ВСТУП	17
РОЗДІЛ 1	
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ КОНЮШИНИ ЛУЧНОЇ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ (огляд літератури)	23
1.2. Агроєкологічне значення конюшини лучної	26
1.3. Використання конюшини лучної на кормові цілі	32
1.4. Вирощування конюшини лучної на енергетичні цілі	36
1.5. Вплив вапнування на формування продуктивності та якісних показників конюшини лучної	38
РОЗДІЛ 2	
МЕТОДИКА І УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	42
2.1. Місце проведення досліджень	42
2.2. Умови проведення досліджень	45
2.3. Схеми дослідів	50
2.4. Методика проведення досліджень	51
РОЗДІЛ 3	
ФОРМУВАННЯ ТРАВостою КОНЮШИНИ ЛУЧНОЇ	55
У КОРОТКОРОТАЦІЙНІЙ СІВОЗМІНІ	55
3.1. Ботанічний склад конюшинового травостою залежно від вапнування та удобрення у короткоротаційній сівозміні	55
3.2. Щільність конюшинового травостою залежно від вапнування та удобрення у короткоротаційній сівозміні	60
3.3. Структура врожаю конюшини лучної вирощеної у короткоротаційній сівозміні	65
3.4. Проходження продукційних процесів у конюшинових травостоях	69
РОЗДІЛ 4	
ПРОДУКТИВНІСТЬ ТРАВостою КОНЮШИНИ ЛУЧНОЇ	76

	15
У КОРОТКОРОТАЦІЙНІЙ СІВОЗМІНІ	76
4.1. Урожайність травостою конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні	76
4.2. Кормова продуктивність конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні	82
4.3. Агрохімічні властивості ясно-сірого лісового поверхнево-оглеєного ґрунту залежно від різних доз добрив і вапна під конюшиною лучною	85
РОЗДІЛ 5	
ЯКІСНИЙ СКЛАД КОРМУ КОНЮШИНИ ЛУЧНОЇ ВИРОЩЕНОЇ У КОРОТКО РОТАЦІЙНІЙ СІВОЗМІНІ.....	94
5.1. Вміст органічних речовин у кормі конюшини лучної вирощеної у короткоротаційній сівозміні	94
5.2. Вміст зольних елементів у кормі конюшини лучної вирощеної у короткоротаційній сівозміні	99
5.3. Поживна та енергетична цінність корму конюшини лучної, вирощеної у короткоротаційній сівозміні	103
РОЗДІЛ 6	
АГРОЕКОЛОГІЧНА, ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ВИРОЩУВАННЯ КОНЮШИНИ ЛУЧНОЇ У КОРОТКОРОТАЦІЙНІЙ СІВОЗМІНІ	110
6.1. Агроекологічне значення конюшини лучної за вирощування її у сівозмінах.....	110
6.2. Енергетична ефективність вирощування конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні	123
6.3. Економічна ефективність вирощування конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні	127
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	137
ВИСНОВКИ.....	138
ДОДАТКИ.....	173

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАК, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ

НААН – Національна академія аграрних наук

ДСТУ – державний стандарт України

ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу

ІЛП – індекс листової поверхні

БЕР – безазотисті екстрактивні речовини

Нг – гідролітична кислотність

рис. – рисунок

табл. – таблиця

% – відсоток

°С – градус Цельсія

мм – міліметр

см – сантиметр

шт./м² – штук на метрі квадратному

г/м² – грам на метрі квадратному

га – гектар

т/га – тонна з гектара

кг/га – кілограм з гектара

г – грам

мг/кг – міліграм в кілограмі

мг-екв/100 г – міліграм-еквівалент в 100 грамах

МДж/кг – мегаджоулів в кілограмі

ГДж/га – гігаджоулів в кілограмі

грн – гривня

грн/га – гривень з гектара

грн/т к.од. – гривень за тону кормових одиниць

ВСТУП

Однією із умов успішного ведення сільськогосподарського виробництва є застосування науково-обґрунтованих сівозмін. Методичними рекомендаціями щодо оптимального співвідношення сільськогосподарських культур у сівозмінах різних ґрунтово-кліматичних зон України, затвердженими Постановою Кабінету Міністрів України [1], передбачено вирощування у сівозмінах багаторічних бобових трав і конюшини лучної зокрема. Вони забезпечують збереження продуктивності сільськогосподарських угідь, підвищують їх екологічну стійкість, сприяють збереженню і відтворенню родючості ґрунтів. Особливо актуальним є впровадження у сівозміни конюшини лучної в умовах Лісостепової зони, ґрунти якої часто зазнають ерозійних процесів, а багаторічні трави запобігають змиву орного шару ґрунту.

Обґрунтування вибору теми дослідження. Актуальність дослідження – формування продуктивності конюшини лучної в короткоротаційній сівозміні – зумовлена її значною роллю в сільському господарстві України, де вона займає понад 300 тис. га та складає 25 % від загальної площі багаторічних трав. Особливого значення ця культура набуває в зоні Західного Лісостепу з його сірими та ясно-сірими лісовими ґрунтами, що характеризуються підвищеною кислотністю та низькою природною родючістю. Завдяки високій кормовій цінності (вміст протеїну понад 15 %, 52 кормові одиниці на 100 кг сіна), здатності накопичувати азот та перспективам використання для біоенергетичних цілей, конюшина лучна становить значний науковий і практичний інтерес як багатофункціональна культура для сучасного сільського господарства.

Теоретичним обґрунтуванням різних систем удобрення та вапнування з метою підвищення продуктивності конюшини лучної займалися А. О. Бабиш, В. Ф. Петриченко, М. Л. Силіван, П. МакКенна та інші науковці. Дж. Расмуссен, М. Вільямс та інші вивчали агроекологічне значення

конюшини лучної. К. Германн, Дж. Т. Соузанна та інші вивчали способи використання травостоїв на енергетичні цілі. Однак, на даний час відсутні дослідження щодо порівняння ефективності вирощування конюшини лучної на кормові, сидеральні та енергетичні цілі, а вибір оптимального способу використання конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні підвищить загальну продуктивність сівозміни та сприятиме сталому розвитку аграрного сектору. Це основні тези, які визначили напрям та тему дисертаційного дослідження.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дослідження за темою дисертаційної роботи виконувалися упродовж 2022–2024 рр. Вони є складовою частиною тематичного плану відділу агрохімії і ґрунтознавства Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН відповідно до ПНД 1 «Ґрунтові ресурси України: інформаційне забезпечення, раціональне використання, менеджмент, технології» на 2021–2025 рр. за завданням «Розробити наукові основи функціональної стійкості кислих ясно-сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтів за умов тривалих антропогенних навантажень та змін клімату» (номер державної реєстрації 0121U100314).

Мета і завдання дослідження відповідно до предмета та об'єкта дослідження. Мета дослідження полягала у виявленні закономірностей формування кормової та енергетичної продуктивності конюшини лучної за застосування у сівозміні вапнування, органічної, мінеральної і органо-мінеральної систем удобрення на фоні вапнування та теоретичне обґрунтування оптимального способу використання конюшини лучної, вирощеної у короткоротаційній сівозміні.

Для досягнення зазначеної мети ставились такі завдання:

- з'ясувати вплив вапнування, органічних та мінеральних добрив на особливості формування щільності, продукційні процеси та елементи кормової продуктивності травостою конюшини лучної;

- встановити оптимальні дози вапнякових матеріалів та удобрення для отримання високої кормової продуктивності лучного фітоценозу конюшини лучної;
- виявити енергетичний потенціал конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні за вапнування та різних систем удобрення;
- визначити вплив конюшини лучної на нагромадження симбіотичного азоту, кореневої маси та зміну показників родючості ґрунту;
- дати енергетичну та економічну оцінку технологіям вирощування конюшини лучної в короткоротаційній сівозміні за різних способів її використання.

Об'єкт дослідження – процеси формування кормової та енергетичної продуктивності конюшини лучної і якості кормів залежно від удобрення та вапнування у сівозміні.

Предмет – травостій конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні, вапнування, органічне та мінеральне удобрення, продуктивність та якість кормів, родючість ґрунту.

Методи дослідження. Візуальний та ваговий – для встановлення фенологічних змін росту, розвитку та продуктивності культури; розрахунковий – для визначення симбіотичного потенціалу рослин; хімічний – для визначення хімічного складу корму; метод суцільного поділяночного збирання – для встановлення величини врожайності рослин; статистичні методи: дисперсійний, кореляційний, регресійний – для визначення вірогідності даних, кореляції; порівняльно-розрахунковий – для визначення економічної та енергетичної ефективності технологій вирощування травостою конюшини лучної.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у вирішенні наукової проблеми визначення закономірностей формування кормової та енергетичної продуктивності конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні в умовах Західного Лісостепу.

Уперше:

- в умовах Західного Лісостепу теоретично обґрунтовано оптимальні способи використання конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні на кислому ясно-сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті;
- встановлено кількість обмінної енергії у кормі конюшини лучної при згодовуванні її різним видам худоби та птиці;
- проведено теоретичні розрахунки енергетичного потенціалу конюшини лучної для використання на біопаливо;
- досліджено інноваційний характер використання конюшини лучної для оптимізації кислотно-основних параметрів ясно-сірого лісового ґрунту;
- проведено інноваційний науковий пошук щодо використання конюшини лучної в якості фітобіологічного меліоранта.

Удосконалено:

- технологічні основи раціонального використання конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні за оптимального удобрення і режимів використання.

Набули подальшого розвитку наукові положення щодо впливу систем удобрення у короткоротаційній сівозміні на формування продуктивності травостоїв з конюшини лучної, якісних показників корму та їх конкурентоспроможності. Встановлено доцільність вирощування конюшини лучної у короткоротаційних сівозмінах з метою покращання родючості ґрунту.

Практичне значення запланованих результатів полягає у розробці рекомендацій з удосконалення елементів технології вирощування конюшини лучної в короткоротаційній сівозміні, що дозволяє: за кормового використання (застосування на 1 га сівозмінної площі 2,5 т/га вапна, 10 т гною та $N_{65}P_{68}K_{68}$) одержати 11,4 т/га сухої маси, 8,7 т/га кормових одиниць та 1,14 т/га перетравного протеїну; за використання першого укусу на корм, а другого на сидерат (внесення під попередню ротацію сівозміні 6 т/га вапна та на 1 га поточної сівозмінної площі 10 т гною та $N_{105}P_{101}K_{101}$) отримати 7,3 т/га сухої маси, 5,9 т/га кормових одиниць та за рахунок симбіотичного

азоту і органічної речовини сидеральної маси збагатити ґрунт на 390 кг/га азоту, 195 кг/га калію та 135 кг/га фосфору.

Розробку впроваджено у ФГ «ГРЕММАКС» Львівської області на площі 10 га та в ДП «ДГ «Оброшине» Львівської області на площі 15 га, що підтверджено відповідними актами.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійним дослідженням здобувачки. Авторкою за темою роботи опрацьовано вітчизняні та зарубіжні джерела, визначено напрям досліджень, проведено польові та лабораторні аналізи, опрацьовано та проаналізовано експериментальний матеріал, сформульовано основні положення, висновки та рекомендації виробництву, здійснено супровід впровадження основних результатів у виробництво.

Апробація матеріалів дисертації. Основні матеріали дисертаційної роботи були оприлюднені та отримали позитивну оцінку на XI Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених “Актуальні проблеми агропромислового виробництва України: продовольча безпека в умовах воєнного часу і повоєнної відбудови країни” (с. Оброшине, 2022 р.); XV Міжнародній науковій конференції “Корми і кормовий білок” (м. Вінниця, 2023 р.); Міжнародній науково-практичній конференції “Екологічна безпека та збалансоване природокористування в агропромисловому виробництві” (Київ, 2023 р.); XII Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених “Актуальні проблеми агропромислового виробництва України: виклики і шляхи розвитку в умовах війни і повоєнної відбудови” (с. Оброшине, 2023 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції “Лучні агрофітоценози: інноваційні аспекти раціонального використання в мовах євроінтеграції” (с. Оброшине, 2024 р.); Міжнародній науково-практичній конференції “Пріоритетні напрями наукового забезпечення виробництва продукції тваринництва у Карпатському регіоні для подолання викликів, пов'язаних з воєнним станом” (с. Оброшине, 2024 р.); XIII Всеукраїнській науково-практичній конференції

молодих вчених “Актуальні проблеми агропромислового виробництва України: стратегії стійкості сільськогосподарського сектору під час війни та у післявоєнний період” (с. Оброшине, 2024 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції “Охорона ґрунтів” (м. Київ, 2024 р.).

Публікації. Основні наукові результати дисертаційної роботи висвітлено в 21 науковій праці, з них 1 посібник, 6 статей у фахових виданнях України (категорія Б), 3 статті у наукометричних базах даних Scopus і Web of Science, 2 статті у інших виданнях та 9 тез наукових та науково-практичних конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, шести розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаної літератури та додатків і викладена на 194 сторінках. Включає 25 таблиць, 12 рисунків та 16 додатків. Список літератури налічує 268 джерел, з них 184 латиницею.

РОЗДІЛ 1

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ КОНЮШИНИ ЛУЧНОЇ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ (огляд літератури)

1.1. Використання конюшини лучної в сільськогосподарських системах для вирішення сучасних викликів

Сучасний світ зіткнувся з проблемою збільшення кількості населення. За даними ООН кількість людей у 2050 р. буде становити 9,5 млрд [2], а світова потреба у продуктах харчування, кормах та біопаливі зросте на 70 % [3]. Це вимагає збільшення виробництва, а отже підвищення ефективності вирощування сільськогосподарських культур. Застосування нових технологій на основі багаторічних трав запобігатимуть зростанню глобальної продовольчої кризи у світі. Це також відповідає "зеленим" заходам Спільної аграрної політики, які вимагають, щоб довготривалі травостої займали не менше 5% до загальної площі сільськогосподарських угідь [4].

У світі травостої займають $3,2 \times 10^9$ га [5], у Європі $5,4 \times 10^7$ [4]. Багатофункціональність цих агроєкосистем щоразу набуває більшого значення [6]. Збільшення видового різноманіття рослин шляхом вирощування складних багатовидових сумішей із злаковими та бобовими кормовими травами у травостоях поєднує в собі можливості високого виходу сухої речовини [7], високої якості кормів [8], продуктивності молочних корів [9] та скорочення викидів парникових газів [10].

Поряд із довготривалими травостоями багаторічні бобові трави широко застосовуються у сівоzmінах, де вирощуються протягом 1–2 років. Вирощування конюшини лучної у короткоротаційній сівоzmіні позитивно впливає на родючість ґрунту, зокрема збільшує у ґрунті концентрацію азоту [11], органічного та загального вуглецю [12], аміноцукрів [13].

Конюшину лучну використовують як корм для сільськогосподарських тварин та на енергетичні цілі [14]. Поряд з цим ця культура відіграє важливу агроекологічну роль, оскільки сприяє покращенню родючості ґрунту. Конюшина лучна є потужним джерелом накопичення азоту в ґрунті [15, 16].

В Україні конюшина лучна займає значну частку земель, відведених під багаторічні трави – понад чверть від їх загальної посівної площі. Її вирощування здійснюється більш ніж на 300 тисячах гектарів сільськогосподарських угідь країни [17]. З метою ведення стійкого сільськогосподарського виробництва, завдяки визнанню корисності бобових культур, і конюшини лучної зокрема, заохочується збільшення площ її використання [18]. Ця культура вважається одним з кращих попередників багатьох сільськогосподарських культур не залежно від способу її використання [19, 20].

Конюшина лучна – ключова багаторічна пасовищна бобова рослина помірного поясу, яка використовується в усьому світі. Вона визнана однією з найважливіших бобових культур у світі, здатною виробляти корм з високим вмістом протеїну та засвоюваністю [21, 22]. Конюшина лучна відома своєю здатністю швидко приживатися і рости в широкому діапазоні типів ґрунтів, рівнів рН та умов навколишнього середовища.

Згідно з новітніми науковими дослідженнями, спостерігаються істотні кліматичні трансформації [23], які суттєво впливають на стан і функціонування агроценозів [24, 25]. Прогнозні моделі кліматичних змін для європейського континенту передбачають підвищення температурних показників як у літній, так і в зимовий періоди, зростання кількості атмосферних опадів у холодну пору року в більшості європейських регіонів, а також збільшення частоти виникнення екстремальних метеорологічних явищ [26]. На думку науковців [27] навіть за використання нових досягнень науки, впровадження нових технологій та розробок глобальна продуктивність всіх сільськогосподарських культур за останні 60 років знизилася на 21 %, що пов'язано із глобальними змінами клімату. Включення

конюшини лучної в сільськогосподарські системи може допомогти підвищити стійкість системи до зміни клімату [28].

За результатами досліджень новозеландських науковців [22] ключовою ознакою виживання рослин в стресових умовах, чи то перезволоження, чи посуха, є суха маса коренів. Вони є основним показником, від якого залежить ріст та розвиток конюшини лучної. Конюшина лучна може нагромаджувати у ґрунті понад 4,08 т/га сухої маси коренів, які містять понад 80 кг/га азоту, 24 кг/га фосфору та 51 кг/га калію [29]. Коренева система багаторічних трав, яка розміщена в орному шарі ґрунту є основним компонентом, що забезпечує морфологічні, фізіологічні, фізичні та метаболічні взаємозв'язки між надземною і підземною частинами рослини [30].

Хорватські науковці [31] вивчали двадцять три сорти і популяції конюшини лучної різного географічного походження з метою встановлення впливу кліматичних умов (опадів та температури) на продуктивність та виявлення тих з них, які мають високий потенціал кормової продуктивності в умовах екологічного стресу. Встановлено, що погодні умови із більшою кількістю опадів сприяли підвищенню продуктивності всіх сортів та популяцій і урожайність найкращих зразків сягала 83,3 т/га зеленої маси. Завдяки ефекту біологічної фіксації азоту бобові трави (конюшина лучна та біла) можуть зберігати продуктивність впродовж 30 днів посухи [32]. Однак згідно з дослідженнями Стівенсона та ін., конюшина лучна має низьку толерантність до перезволоження, яке зумовлює зниження вмісту хлорофілу та виходу сухої речовини [33].

Систематизація досліджень, пов'язаних з вирощуванням конюшини лучної та зроблений на її основі аналіз способів її використання, дозволить визначити перспективні напрями майбутніх досліджень з метою ефективного ведення сільськогосподарського виробництва із одночасним покращанням родючості ґрунту.

1.2. Агроекологічне значення конюшини лучної

Основним компонентом усіх ландшафтів є травостої, які забезпечують сталий розвиток екосистем та мають загальний позитивний вплив на суспільство [34, 35]. Бобові багаторічні трави є структуроутворювачами ґрунтових агрегатів, найкращими попередниками для більшості сільськогосподарських культур, а також захищають ґрунт від змиву [36, 37].

Доведено, що на даний час сільськогосподарські рослини використовують лише 30-53 % внесених азотних добрив [38]. Одним із важливих напрямків забезпечення сільськогосподарських рослин азотом є використання органічних добрив, особливо, враховуючи постійне зростання виробництва азоту з біологічних матеріалів [39]. Цінність застосування органічних добрив щодо підвищення продуктивності багаторічних трав доведена багатьма вченими, зокрема, тісний позитивний кореляційний зв'язок між якістю органічних добрив та наростанням біомаси зафіксовано дослідженнями німецьких науковців [40]. Замінити синтетичні азотні добрива дозволить конюшина лучна, яку використовують як сидерат [41, 42, 43], і найбільш реальним це може бути, якщо це використання базується на фіксації азоту в біомасі або іммобілізації в ґрунті [44, 45].

Зростання цін на мінеральні добрива зумовлюють необхідність розробки та вдосконалення альтернативних стратегій забезпечення зернових культур мінеральними речовинами і азотом зокрема. Дослідженнями, проведеними в Англії, встановлено, що зменшення використання добрив, збільшення використання нових сортів конюшини лучної та здатність фермерів самостійно визначати ботанічний склад є потенційними стратегіями для покращення використання конюшини у травостої [46]. Бобові багаторічні трави вирощують у сівозмінах з метою посилення кругообігу азоту та інших поживних речовин і їх доступності для інших культур у сівозміні [47].

Дослідженнями, проведеними у штаті Айова (США), де вивчали використання конюшини лучної та люцерни як сидератів для забезпечення

азотом наступної культури кукурудзи, підтверджено, що вплив бобових сидератів на врожайність кукурудзи був пов'язаний з азотом. А саме – без внесення азотних добрив урожайність зерна кукурудзи після вівса з підсівом конюшини була на 63 % вищою, ніж після вівса, вирощеного окремо, але за найвищої норми добрив (202 кг/га азоту) не було різниці у врожайності кукурудзи між варіантами з бобовими та вівсом. Цими ж дослідженнями встановлено, що конюшина лучна, посіяна з вівсом, дала значно більше біомаси і містила більше азоту, ніж люцерна, посіяна з вівсом. Сидерат з конюшини лучної може замінити для кукурудзи 87–184 кг/га азоту, а люцерна 70–121 кг/га азоту [48].

Дослідженнями Сараускіс та ін. [49], які вивчали різні системи удобрення у сівозміні з пшеницею озимою, та ячменем озимим з підсівом конюшини лучної, встановлено, що при використанні конюшини лучної на сидерат коефіцієнт енергетичної ефективності становив 8,73 на ґрунтах з низьким вмістом вуглецю та 9,15 на ґрунтах з високим вмістом вуглецю. При цьому ці показники були найвищими серед усіх досліджуваних систем удобрення (сидерат + гній, гній + NPK та сидерат + NPK). Учені відзначають, що використання гною призводить до десятикратного збільшення загальних викидів парникових газів порівняно з викидами від внесення сидератів. Такі дані підтверджуються іншими дослідженнями [50].

Расмуссен та ін. [42] висівали ячмінь (*Hordeum vulgare* L.) після різних злаково-бобових сумішей і були вражені тим фактом, що з точки зору фіксації N_2 високопродуктивна люцерна мала такий самий спадковий ефект, як і конюшина біла, яка фіксувала лише половину азоту, що містився в травостой з люцерною. Вони припустили, що це було спричинено вищим вмістом азоту в рослинних рештках люцерни, яка продукувала більше біомаси і, відповідно, більше надходження вуглецю в ґрунт.

Згідно з даними Лінджа та ін. [51] конюшина лучна використана як сидерат дозволяє отримати близько 500 кг/га азоту, але це за умови, що її скошують 4-5 разів в рік. За двохукісного скошування другий укіс дозволяє

отримати 210 т/га азоту. Вчені стверджують, що кількість азоту, які може дати конюшина лучна, як сидерат залежить від умов вирощування. Така гіпотеза підтверджується іншими дослідженнями, у яких вихід азоту з сидеральних добрив варіює від 230–470 кг/га [52].

Вплив сидеральних добрив з конюшини лучної та люцерни на наступні культури за даними окремих науковців може перевищувати вплив таких органічних добрив як пташиний послід при використанні під овочеві культури [53], та може бути нижчим за вплив гною великої рогатої худоби при вирощуванні ячменю [54].

Підтверджено позитивний вплив конюшини лучною висіяної під покрив пшениці озимої та використаної як сидеральний попередник під кукурудзу [28, 55].

В якості сидеральної культури конюшину лучну вирощують у міжряддях чорної смородини, при цьому вирішальним фактором є час між скошуваннями [56]. У даних дослідженнях конюшина лучна давала урожайність сухої маси до 13 т/га з виходом азоту 58 кг/га.

Травостої із включенням бобових культур, і конюшини лучної зокрема, сприяють зменшенню внесення добрив на пасовища, оскільки атмосферний азот, що фіксується конюшиною, може бути використаний злаковими травами, що є прикладом нішевої взаємодоповнюваності між двома видами [57]. Тобто позитивним ефектом сумішок є взаємний стимулюючий вплив на засвоєння азоту злаковими і бобовими компонентами, а також підвищення ефективності трансформації засвоєного азоту в біомасу [58]. Внесок біологічної азотфіксації в підвищення ефективності аграрної галузі, за даними ФАО, приблизно вдвічі переважає віддачу мінеральних азотних добрив [59].

Конюшина, завдяки біологічній фіксації азоту, здатна значно підвищувати продуктивність травостоїв, у які вона включена, як компонент травосумішки [60]. Зокрема, за даними ірландських науковців В. Берчілль та ін. [61] конюшина повзуча може без застосування азотних добрив фіксувати

80 кг/га азоту, а за використання азотного удобрення фіксація атмосферного азоту знижується – при використанні N_{280} кількість біологічно фіксованого азоту становила 47 кг/га. Ці ж науковці доводять, що внесення N_{86} та N_{140} не мають суттєвих відмінностей на кількість фіксованого азоту, кількість якого становила відповідно 64 та 66 кг/га.

Дослідженнями, проведеними В. Г. Кургаком [62], доведено, що включення бобових трав у травосумішки замінило внесення на злаковий травостій від 102 до 200 кг/га азоту. М. Ф. Давидюк та ін. [63] вказують, що бобові компоненти у пізньостиглих травосумішках за рахунок симбіотичної азотфіксації замінили за збором сухої речовини 98–110, а за виходом перетравного протеїну – 140–159 кг/га мінерального азоту. Дослідження, проведені Інститутом кормів (Україна) [64], свідчать, що травосумішки з двома бобовими компонентами та злаками здатні формувати продуктивність сухої маси близьку до показників чисто злакових травостоїв, удобрених 180 кг/га азотних добрив. Навіть в умовах засолених лучних ґрунтів залучення бобових культур до складу травостою дозволяє зменшити потребу в азотних мінеральних добривах на рівні 60–160 кг/га [65].

Результати досліджень низки науковців [66, 67] демонструють, що продуктивність травостоїв бобово-злакового складу без застосування азотних добрив може дорівнювати врожайності злакових травостоїв, які отримували від 112 до 250 кг/га діючої речовини азоту. В інших наукових працях відзначено здатність бобових трав з азотфіксувальною активністю проявляти підвищену активність фосфатази кореневої системи, що особливо проявляється за умов дефіциту доступних форм фосфору в ґрунтовому середовищі [68].

За даними різних вчених [15, 16, 69, 70, 71] конюшина лучна, залежно від ґрунтово-кліматичних умов, має здатність акумулювати від 45 до 340 кг/га нітрогену в рік.

Темпи накопичення надземної біомаси та відповідно рівень продуктивності рослинних угруповань безпосередньо корелюють зі

швидкістю продукційних процесів у рослинних організмах [72, 73, 74]. Ці процеси являють собою комплекс біологічних явищ, пов'язаних із синтезом, акумуляцією та перетвореннями органічних сполук, а також із поглинанням та рухом енергетичних потоків через біотичні компоненти екосистем на різних рівнях їхньої структурної організації [75].

Ключовим фактором, що забезпечує розвиток рослинних організмів і формування їхньої продуктивності, виступає фотосинтез, який становить основу продукційних процесів і значною мірою визначається різноманітними ландшафтно-екологічними чинниками (світловий режим, температурні умови, водозабезпечення та живлення ґрунту). Фотосинтетична діяльність і ростові процеси розглядаються як тісно взаємопов'язані явища. Енергетичне забезпечення росту рослин через фотосинтетичну активність є обов'язковою умовою нормального розвитку [76].

Ефективність фотосинтетичних процесів визначається переважно двома основними параметрами – загальною площею листкового апарату (асиміляційною поверхнею) та інтенсивністю добового накопичення сухої речовини на одиницю площі листків. Чиста продуктивність фотосинтезу дозволяє виявити обмежувальні фактори підвищення врожайності рослинного покриття та оцінити біологічний потенціал культурних рослин.

Для кількісної оцінки листкової маси на певній ділянці розроблено спеціальний показник – індекс листкової поверхні, який має важливе значення при дослідженні стану сільськогосподарських культур, адже листковий апарат, як ключова частина рослинного організму, може становити до 90 % загальної біомаси. Саме в листках відбуваються фотосинтетичні процеси, результатом яких є утворення органічних речовин, необхідних для повноцінного росту і розвитку рослин.

Індекс листкової поверхні застосовується як базовий параметр у моделях прогнозування продуктивності. У високоточних технологіях цей індекс був інтегрований до сенсора NASA MODIS для підвищення точності нормалізованого диференційованого вегетаційного індексу. На відміну від

останнього, він враховує особливості рельєфу місцевості, а спектральні діапазони, що використовуються для його обчислення, проходять корекцію з урахуванням атмосферних впливів [77].

Формування листкового апарату сіяних лучних травостоїв тісно корелює з рівнем мінерального живлення та видовою структурою агрофітоценозів [78, 79]. Внесення добрив сприяє інтенсифікації процесів біосинтезу пігментних комплексів (хлорофілів та каротиноїдів) у рослинах конюшини лучної на початку фази цвітіння, що є визначальним чинником формування високої продуктивності та вважається важливим фактором урожайності посівів [80]. Результати досліджень, проведених у Лісостеповій зоні [81, 82], демонструють, що інтенсивність наростання листостеблової маси конюшини лучної на 44 % зумовлюється системою удобрення та на 18 % – періодом відростання рослин (часом укосу).

Для визначення балансу поживних речовин у ґрунті та одночасного встановлення агроекологічної ефективності вирощування сільськогосподарських культур важливим показником є нагромадження у ґрунті кореневої маси. За вирощування конюшини лучної все нагромаджене коріння залишається у ґрунті, збагачуючи його поживними елементами. Старіння кореневої системи після вирощування також сприяє збільшенню органічної речовини в ґрунті, забезпечуючи набір екосистемних послуг [20]. Встановлено, що використання конюшини лучної в якості мульчі чи заорювання, є не менш ефективним заходом, ніж застосування будь яких інших органічних систем удобрення [83].

Кількість кореневої маси залежить від багатьох факторів, зокрема, від ґрунту, виду вирощуваної культури, удобрення та урожайності культури. У дослідженнях литовських науковців [84] конюшина лучна нагромаджувала до 290 г/м² (2,9 т/га) сухої маси коріння. Подібні показники (230 г/м²) отримані й М. А. Блекеном та іншими дослідниками [85]. У більш ранніх дослідженнях М. А. Блекена та інших [86] у верхньому шарі ґрунту виявлено 7,1 т/га кореневої маси. Ці ж учені зазначили, що кількість кореневої маси у

їх дослідженнях не була статистично значима від різних видів удобрення. У дослідженнях У. Карбівської [87, 88] застосування фосфорних та калійних добрив сприяло нагромадженню кореневої маси і суттєво впливало на неї.

За результатами досліджень литовських науковців [89] коренева маса нагромаджує у ґрунті майже таку ж кількість азоту як і надземна маса.

Отже, бобові багаторічні трави, зокрема конюшина лучна, відіграють важливу роль у забезпеченні сталого розвитку агроєкосистем завдяки їхній здатності до фіксації азоту, покращення структури ґрунту та підвищення продуктивності сільськогосподарських культур. Вони можуть частково або повністю замінювати синтетичні азотні добрива, що особливо важливо в умовах зростання цін на мінеральні добрива. Дослідження показують, що використання конюшини лучної як сидерату сприяє збільшенню біомаси, ефективному засвоєнню азоту та зменшенню викидів парникових газів. Також встановлено, що бобові трави підвищують ефективність кругообігу поживних речовин у ґрунті, що позитивно впливає на врожайність культур у сівозмінах. Крім того, конюшина лучна сприяє накопиченню органічної речовини в ґрунті, збагачує його поживними елементами та забезпечує екосистемні послуги. Таким чином, використання бобових трав у сільському господарстві є екологічно доцільною та економічно вигідною стратегією підвищення врожайності та родючості ґрунту.

1.3. Використання конюшини лучної на кормові цілі

Основним призначенням конюшини лучної є використання її тваринам. Ця багаторічна бобова культура відіграє ключову роль у сталому розвитку тваринництва [90]. Її згодовують жуйним тваринам [91], свиням [92], вівцям [93], птиці [94, 95] та навіть риbam [96] у найрізноманітніших виглядах. Це може бути сіно, сінаж, сінна різка, трав'яне борошно розсипчасте і гранульоване тощо [97, 98, 99, 100, 101]. Порівняно з однорічними зерновими та насінневими культурами, багаторічні пасовища мають значно менші

втрати поживних речовин і низьку потребу в пестицидах, а також сприяють накопиченню вуглецю в ґрунті. Дослідження з біоочищення кормів [102] дозволили отримати білок, який за якістю не поступається соєвому шроту і може бути його заміною для птиці та свиней без негативного впливу на продуктивність тварин.

Випасання молочної худоби на пасовищі сприяє нагромадженню в молоці тварин поліненасичених жирних кислот, особливо α -ліноленової кислоти, а концентрати і багаті крохмалем корми збільшують споживання лінолевої кислоти та змінюють шляхи біогідрогенерації [103]. Збалансовані системи годівлі сприятимуть покращенню здоров'я тварин і продуктивності, а також більшій здатності задовольняти зростаючий світовий попит на продовольство. Це також позитивно впливає на світову економіку і підтримку засобів до існування тих, хто повністю залежить від тваринництва.

У Європі впродовж останніх десятиліть використання травостоїв фермерами значно змінилося і продовжує активно розвиватися, зважаючи на екологічне навантаження. Поряд з цим, виробництво трав'яних кормів тісно пов'язане із збереженням біорізноманіття екосистем [104], а використання бобових трав у пасовищних фітоценозах є важливою незамінною базою стійкого та конкурентоспроможного вирощування жуйних тварин, що вказує на зростання їх ролі у подальшому розвитку тваринництва [105].

Урожайність конюшини лучної може сягати 9–15 т/га сухої маси [106], а в ґрунті накопичується достатня кількість азоту, щоб вирощувати наступні культури сівозміни із зниженими нормами азотних добрив на 10–12 % та без зниження економічної ефективності [107].

Посіви конюшини лучної забезпечують вихід 12–13 т/га кормових одиниць та 1,7 т/га перетравного протеїну при вмісті у кормовій одиниці до 142 г перетравного протеїну [108, 109]. Дані досліджень Лагуш Н.І. [110] показали, що за органо-мінеральної системи удобрення попередника конюшина лучна може дати урожайність сухої маси 10,5 т/га, із вмістом в

1 кг сухої речовини 0,93 кормових одиниць, 105,6 г перетравного протеїну та 12,4 МДж обмінної енергії.

Тваринницькі господарства, а особливо ті, що займаються виробництвом молока, підвищують інтерес до багаторічних пасовищних травостоїв бобових трав через їх високу продуктивність та концентрацію білка, але впровадження таких сумішей обмежується низькою стійкістю багатьох сортів бобових трав. Конюшина лучна (*Trifolium pratense*) та люцерна (*Medicago sativa*) є одними з найпоширеніших видів бобових, що використовуються в системах годівлі жуйних тварин. Корми з конюшини лучної мають нижчі концентрації сирого протеїну ніж більшість сортів люцерни, але вищу перетравність органічної речовини [111]. Слід відмітити, що висока концентрація білків у кормах з бобових трав, які легко розщеплюються, може призвести до здуття [112].

За даними Н. Дж. Хоекстра та ін. [113] як стійкість, так і поживна цінність різних сортів конюшини лучної тісно корелює з морфологічними ознаками рослин, а саме спостерігалася тісна кореляція ($r > 0,77$) з довжиною стебла, що свідчить про те, що довжина стебла може бути важливою ознакою для селекції рослин.

Дослідженнями проведеними у штаті Міннесота (США) [114] встановлено, що бобові, серед яких вивчали і конюшину лучну, мають потенціал для забезпечення високоякісного пасовища, але перетравна енергія всіх бобових у монокультурі або суміші перевищує навіть енергетичні потреби дорослих коней на утриманні (2,29 Мкал/кг). Коні надавали перевагу лучній та повзучій конюшині, а не люцерні, і ця перевага позитивно корелювала з вмістом сирого протеїну та поживною енергією коней.

Важливими шляхами використання конюшини лучної є виробництво з неї силосу [115, 116], використання у сумішах з іншими бобовими культурами, зокрема, з конюшиною повзучою, лядвенцем рогатим та еспарцетом [112] та використання як проміжної культури [117]. Дійсно, проміжні посіви бобових можуть підвищити продуктивність кормів на рівні

системи та допомогти зберегти біорізноманіття, одночасно зменшуючи втрати азоту через вимивання та газові викиди.

Використання змішаних злаково-конюшинових травостоїв, як для випасу худоби, так і для виробництва силосу, широко поширене в європейських сільськогосподарських системах помірного клімату, особливо у Великобританії, де 70 % травостоїв на молочних фермах містять конюшину лучну [118].

Конюшина лучна є одним із найкращих медоносів, оскільки забезпечує бджіл пилом з червня до кінця вересня [119, 120].

Конюшина лучна може стати новим джерелом білка для отримання високоякісного харчового протеїну. З метою покращення розчинності білків проведено дослідження щодо пошуку шляхів сповільнення окислювально-відновних процесів у рослинах конюшини лучної та конюшини білої [121]. Зокрема, встановлено, що використання сульфатів сповільнювало дію поліфенолоксидази та пероксидази. Натомість, вміст розчинних форм ферменту Rubisco (один з основних ферментів, який відповідає за фотосинтез) зростає. Із збільшенням вмісту сульфату зростає і перетравність білків конюшини лучної, що вказує на те, що сульфат інгібує окислювальні ферменти та підвищує якість білка конюшини лучної.

Конюшина лучна – багаторічна кормова культура, багата на ізофлавіни (найпоширенішими ізофлавонами в сортах/популяціях конюшини лучної є формонетин і біоханін А, завдяки яким конюшину використовують у фармацевтичній промисловості) – біологічно активні сполуки, які позитивно впливають на здоров'я людини і тварин [122].

Отже, конюшина лучна є важливою багаторічною кормовою культурою, яка відіграє ключову роль у сталому розвитку тваринництва. Вона використовується для годівлі різних видів тварин у різних формах і сприяє підвищенню продуктивності та здоров'я худоби. Завдяки високому вмісту білка, конюшина лучна може замінювати соєвий шрот у раціонах птиці та свиней. Вона також є джерелом цінного білка, що може використовуватися

для виробництва харчових продуктів. Крім того, конюшина лучна є відмінним медоносом та містить ізофлавіони, що робить її цінною для фармацевтичної промисловості.

Таким чином, широке застосування конюшини лучної у сільському господарстві та її екологічні переваги підкреслюють перспективність цієї культури у майбутньому розвитку тваринництва та аграрного сектору.

1.4. Вирощування конюшини лучної на енергетичні цілі

Зростання чисельності населення планети створює величезні виклики не лише для сталого виробництва продуктів харчування та кормів, а й для палива, водночас зменшуючи антропогенний вплив на клімат, навколишнє середовище та біорізноманіття [123]. Це, серед іншого, призвело до все більшого заміщення викопного палива відновлюваними джерелами енергії, наприклад, біоенергією. Прогнозується подальше зростання світового виробництва біоенергії, наприклад, за оцінками Міжнародного енергетичного агентства, до 27 % світового транспортного палива буде покриватися біопаливом у 2050 році [124]. Такий перехід, однак, повинен відбуватися таким чином, щоб виробництво біоенергії було інтегровано у землекористування для виробництва продуктів харчування та кормів. Крім того, виробництво біоенергії повинно значно скоротити викиди парникових газів. Їх скорочення щонайменше на 60 % є основною метою Директиви ЄС з відновлюваної енергетики [125]. Отже, для вирішення цих завдань терміново необхідний розвиток культур біомаси з низьким рівнем викидів вуглекислого газу та високим рівнем виробництва.

Спостерігається посилена увага вчених до використання багаторічних трав, і, зокрема, конюшини лучної, на біоенергетичні цілі [126, 127, 128]. Використання біомаси трав в якості джерела енергії, особливо якщо її забагато для використання у тваринництві, – це альтернативний спосіб використання цієї сільськогосподарської культури [129]. Численні наукові

дослідження були присвячені оцінюванню потенціалу трав'янистих рослин з постійних і тимчасових травостоїв як джерела біоенергії [130, 131, 132, 133, 134]. Рослинна біомаса, що систематично відновлюється при вирощуванні, і використання якої для енергетичних потреб не призводить до скорочення загальної площі зелених насаджень у регіоні, класифікується як відновлюваний ресурс. Така біомаса розглядається як екологічно збалансована сировина через збереження нульового балансу емісії вуглекислого газу в атмосферу.

Найпоширенішим способом використання біомаси травостоїв для виробництва біоенергії в Європі є перетворення зібраної біомаси на метан шляхом анаеробного зброджування [135]. Такі методи управління, як внесення добрив, зазвичай, збільшують виробництво біомаси на культурних пасовищах і, таким чином, збільшують вихід енергії з метану [136]. Внесення добрив за даними В.-Ф. Конг та ін. [137] збільшило вихід енергії метану та чистий енергетичний баланс на 10 % і становило 82–110 ГДж/га в рік. Ці ж науковці зазначають, що на серед усіх видів робіт пов'язаних з виробництвом біопалива з травостоїв найбільше енергії було витрачено на процес виробництва біогазу (в середньому 58 %), за яким слідували очищення та стиснення біогазу (26 %), а також вирощування та збирання врожаю (13 %).

Датськими науковцями [138] досліджено біогазовий потенціал залишкових фракцій чотирьох органічно вирощених сільськогосподарських культур після екстракції білків. Серед культур, які досліджували, була конюшина лучна. Згідно з цими дослідженнями 65 % потенціалу метану зі свіжої конюшини лучної можна видобути шляхом спільного зброджування залишкових фракцій з зеленого біогазу після екстракції білків. Ці ж науковці у наступних своїх дослідженнях [139, 140] описують концепцію зеленого біопереробного заводу, який розподіляє зелену масу конюшини лучної на різні фракції, що утворюються в процесі виробництва: білковий концентрат, макуха та «коричневий сік». Суміш макухи та коричневого соку все ще багата на поживні речовини і має відповідне співвідношення C:N, що

дозволяє використовувати її виключно як сировину для спільного зброджування в біогазовому процесі в рамках концепції біопереробки; таким чином, вона не залежить від інших субстратів.

Отже, зростання населення та необхідність зменшення антропогенного впливу на довкілля стимулюють перехід до відновлюваних джерел енергії, зокрема біоенергії. Одним із перспективних напрямів є використання багаторічних трав, зокрема конюшини лучної, для виробництва біопалива. Біомаса цієї культури може використовуватися як додатковий енергетичний ресурс, особливо якщо її надлишок не знаходить застосування у тваринництві. Таким чином, інтеграція виробництва біоенергії у землекористування та оптимізація переробки біомаси можуть сприяти зменшенню викидів парникових газів, підвищенню енергетичної ефективності та сталому розвитку сільськогосподарських систем.

1.5. Вплив вапнування на формування продуктивності та якісних показників конюшини лучної

Переважаюча більшість ґрунтів Єврокарпатського регіону мають підвищену кислотність і потребують вапнування [141]. Польські вчені [142] рекомендують як основне удобрення бобово-злакових травостоїв – вапнування кислих ґрунтів та внесення фосфорно-калійних добрив, які поряд із азотним удобренням у невеликих дозах забезпечують підвищення врожаю, сприяють покращенню ботанічного складу, якості корму та подовженню довголіття. Д. Томік [143] та інші вказують на те, що застосування вапна сприяє підвищенню урожайності травостоїв і конюшини лучної зокрема. Проте, за даними англійських науковців [144], вапнування є не лише енергозатратним заходом, а й негативно впливає на економічні показники сільськогосподарського виробництва, тому більшість площ під сіножатями та пасовищами Великої Британії мають рівень рН нижче оптимального [145]. Та за даними Ю. Оліфіра та ін. [146] застосування вапнякових добрив є

доцільним у короткоротаційних сівозмінах, оскільки максимально оптимізує виділення вуглекислого газу та процеси гумусоутворення.

За даними Дж. Л. Каддель та ін. [147] вапно підвищує рН ґрунту приблизно на 14 місяців, а потім рН повільно знижується. За їх даними внесення вапна не вплинуло на щільність сходів бобових, але пригнітило певні популяції бур'янів. Врожайність конюшини лучної значно зростала зі збільшенням рН.

Є дані, що конюшину лучну, як монокультуру, не можна вирощувати після культур, які попередньо удобрювалися багатими на кадмій суперфосфатними добривами [148], оскільки вона може розчиняти кадмій у ґрунті, і в результаті він накопичуватиметься у кормах, проте вапнування травостоїв знижує цей негативний ефект [149, 150].

Фермери, які займаються виробництвом органічної продукції, стикаються з проблемою підвищення рівня фосфору в ґрунті внаслідок використання гною для задоволення потреб товарних культур в азоті [151]. Використання бобової покривної культури може вирішити цю проблему, оскільки фосфор є важливим макроелементом для бобових, необхідним для перетворення енергії в бульбочках, а також відіграє важливу роль у розвитку коренів, поглинанні поживних речовин і та у ростових процесах бобових культур [152].

Кальцій відіграє фундаментальну роль у підтриманні родючості ґрунту, виступаючи своєрідним "охоронцем" ґрунтового гумусу – найціннішої складової ґрунтового комплексу. Втрати кальцію з ґрунту відбуваються двома основними шляхами: через засвоєння його рослинами, як поживного елемента, та через вимивання в глибші шари ґрунту і підґрунтові води. Навіть помірні врожаї зернових колосових культур (2,0–2,5 т/га) виносять з ґрунту понад 10 кг оксиду кальцію, кукурудза і гречка забирають вдвічі більше цього елемента, а бобові культури характеризуються ще вищим виносом кальцію.

Проте визначальним фактором збіднення ґрунту на кальцій є його вилугування в підґрунтові води. У регіонах з достатнім та надмірним зволоженням навіть при систематичному внесенні органічних добрив (8–10 т/га щорічно) неможливо повністю компенсувати втрати кальцію та запобігти підвищенню кислотності ґрунту. Вимивання кальцію з малородючих ґрунтів є природним процесом, який можна компенсувати лише штучним збагаченням ґрунту – шляхом застосування вапнякових матеріалів. Без такого втручання будь-які спроби покращити агрохімічні показники ґрунту за рахунок збільшення норм органічних та мінеральних добрив будуть малоефективними.

На кислих ґрунтах суттєво пригнічуються або повністю припиняються процеси біологічної фіксації атмосферного азоту, гальмуються процеси амоніфікації та нітрифікації, що погіршує азотне живлення рослин. Крім того, доступні форми фосфору в таких умовах утворюють важкорозчинні сполуки з алюмінієм та залізом, що знижує їх доступність для рослин.

Результати досліджень показують [146], що внесення підвищених доз мінеральних добрив у поєднанні з вапнуванням на ясно-сірих лісових ґрунтах, яке підвищує рН(KCl) до рівня 5,2–5,4, сприяє зниженню вмісту рухомих форм міді до 2,65–2,70 мг/кг ґрунту. Це є важливим екологічним аспектом, оскільки інтенсивне застосування мінеральних добрив на кислих сірих лісових ґрунтах з низьким вмістом гумусу, як і використання таких ґрунтів без удобрення, створює екологічні ризики. Зокрема, надмірні концентрації міді можуть проявляти токсичний вплив на біоту, причому, за оцінками вчених, цей вплив вдвічі потужніший порівняно з токсичною дією цинку.

Враховуючи попередні дослідження, у довгостроковій перспективі підтримання оптимального рівня рН за допомогою вапнування є необхідним для забезпечення ефективного азотного та фосфорного живлення рослин. Збалансований підхід до удобрення та вапнування є ключовим для

збереження родючості ґрунтів та підвищення продуктивності сільськогосподарських угідь.

Отже, конюшина лучна – сільськогосподарська культура багатоцільового призначення. Базовою метою вирощування її є покращання родючості ґрунту, адже за будь якого способу використання рослинної маси цієї культури результатом є підвищення цінних характеристик ґрунту.

Використання конюшини лучної як сидерата сприяє підвищенню продуктивності сільськогосподарських угідь і, відповідно, зростанню економічної ефективності аграрного виробництва. Замінюючи органічні добрива тварин, вона скорочує викиди парникових газів. Як кормова культура, конюшина лучна підвищує ефективність галузі тваринництва та забезпечує продовольчу безпеку. Використання конюшини лучної на біоенергетичні цілі сприяє збереженню навколишнього середовища.

Важливість усіх вище перелічених результатів вирощування конюшини лучної важко переоцінити та не можливо порівняти, оскільки всі вони є вкрай важливими і в кінцевому результаті забезпечують покращання родючості ґрунту і пом'якшення негативного впливу змін клімату.

Враховуючи це, була обрана тема наших досліджень, яка полягає у порівнянні ефективності вирощування конюшини лучної на сидерат, кормові та енергетичні цілі. Враховуючи багатокісність культури, доцільним є вивчення комбінованих способів її використання, що дозволить отримати нові знання та відповідатиме зеленому курсу Єдиної аграрної політики Європейського Союзу.

Результати висвітлено в науковій публікації:

Kozak N., Stasiv O., Konyk H., Panakhyd N, Panakhyd H. Integration of red clover into agricultural systems to address contemporary challenges. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2024. Вип. 75(2). С. 7–19. DOI: 10.32636/01308521.2024-(75)-2-1 [153].

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА І УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Місце проведення досліджень

Науково-дослідна робота виконувалась на базі класичного тривалого стаціонарного досліджу, закладеного 1965 року на експериментальних ділянках відділу агрохімії та ґрунтознавства Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН. Цей дослід зареєстрований у реєстрі довгострокових стаціонарних польових дослідів НААН (атестат реєстрації НААН № 29, Додаток А).

Експериментальна ділянка розташована в західній частині Лісостепової зони України, яка входить до складу Карпатського регіону та належить до Західно-Європейського району Атлантико-континентальної кліматичної області. Визначальними кліматичними чинниками цієї території є переміщення атлантичних повітряних мас, що поширюються переважно в зимовий період із південно-західними вітрами, які спричиняють регулярні періоди потепління з опадами. Зі сходу повітряні маси континентального походження приносять зниження температурних показників. У літній період атлантичне повітря зазнає нагрівання й трансформації. У цілому клімат західних областей України характеризується теплим і вологим літом та відносно м'якою зимою з частими відлигами. Під час таких потеплінь у багатьох районах відбувається танення снігового покриву. В окремі роки ґрунт розмерзається настільки, що озимі культури та багаторічні трави відновлюють вегетацію, що іноді призводить до їх загибелі.

Актуальні дослідження свідчать про суттєві кліматичні зміни [23] та їхній вплив на стан агроєкосистем [154, 155]. Основні прогностичні сценарії змін клімату для європейського континенту передбачають підвищення температур у літні та зимові періоди, зростання кількості зимових опадів у більшості регіонів і збільшення частоти екстремальних метеорологічних

явищ [156]. Існує думка, що найпомітніші наслідки кліматичних змін проявляться в південних регіонах (посухи та зростання частоти пожеж, що призводитимуть до опустелювання), у північній Європі (пересихання тундри), у прибережних зонах, що потерпають від підвищення рівня моря (затоплення засолених ґрунтів тощо), та в гірських високогірних районах (зменшення обсягів талих вод).

Особливу небезпеку становлять сезонні посухи на низинних луках. Недостатня вологозабезпеченість впливає на ключові фізіологічні процеси, пов'язані з формуванням урожайності кормових трав. Значні наслідки кліматичних змін очікуються щодо водного режиму ґрунтів (зниження рівня ґрунтових вод і зростання частоти посух). За таким сценарієм, на площах із низькопродуктивними травостоями їх урожайність може знизитися ще більше до кінця XXI століття [157]. Більшість лучних трав, які формують основу фітоценозів, мають достатню стійкість до несприятливих погодних умов, але характеризуються високим споживанням води. Дефіцит вологи призводить до зниження продуктивності пасовищ і витіснення вологолюбних видів трав із травостою. Численні наукові дослідження виявили сильну кореляцію між продуктивністю сіножатей і кліматичними змінами [158, 159]. Деякі дослідники [160] вважають, що глобальне потепління супроводжуватиметься змінами в циклах колообігу поживних речовин, і лучні угіддя можуть отримати певні переваги від підвищення концентрації CO₂ і сприятливіших температурних умов – урожайність лук може зрости на 50 %. Водночас так званий екстремальний сценарій, який включав посуху 2007 року, продемонстрував сильну залежність сталого формування врожаю від забезпеченості водними ресурсами.

Поступові зміни середніх кліматичних параметрів, частоти та інтенсивності екстремальних кліматичних явищ неминуче впливатимуть на біорізноманіття лучних екосистем [161], оскільки чисельність багатьох популяцій значною мірою залежить від динаміки погодних умов [162, 163, 164].

Глобальні зміни навколишнього середовища: підвищення температури, зміна кількості опадів і підвищення концентрації CO₂ в атмосфері, стане основною рушійною силою змін в розмаїтті рослин і їх втрати в 21-у столітті. Недавнім дослідженням із вивчення 1350 європейських видів рослин, передбачено, що половина з цих видів буде класифікована як «вразливі» або «такі, що можуть зникнути» в 2080 р. через підвищення температури і зміни в кількості опадів [165].

Багаторічні дослідження щодо зміни видового складу та продуктивності довготривалих травостоїв є нечисленними. Цінність таких досліджень, яка полягає в наданні інформації про вплив погодних умов на продуктивність та видовий склад, є досить значною. Тому на даний час актуальним є визначення впливу погодних умов на біорізноманіття і врожайність травостоїв, це дозволяє встановити кореляційну залежність між продуктивністю та погодними умовами, і визначити найбільш надійний спосіб підвищення продуктивності із одночасним збереженням біорізноманіття.

Лісостепова зона відрізняється унікальним поєднанням лісових і степових екосистем. Для неї типове чергування рівнинних ділянок із хвилястим рельєфом, де лісові масиви межують із просторими полями, а представники лісової флори і фауни співіснують із степовими видами [166].

За ландшафтними характеристиками Лісостепову зону України поділяють на чотири провінції: Західноукраїнську, Дністровсько-Дніпровську, Лівобережно-Дніпровську та Середньоросійську. Західноукраїнська лісостепова провінція охоплює західну частину зони, включаючи Волинську височину, більшу частину Подільської височини, Мале Полісся, частково Розточчя, Опілля та Хотинську височину. Територіально вона розміщена в межах Тернопільської, Львівської, Волинської та Рівненської областей. Ця провінція простягається від західних кордонів України та передгір'я Карпат у східному напрямку до місць, де на

поверхню виходять кристалічні породи Українського щита. Серед усіх провінцій Лісостепу вона має найвищу висоту над рівнем моря.

Західноукраїнська провінція характеризується найбільшою зволоженістю серед лісостепових регіонів. Річна кількість опадів становить 600–620 мм, а число днів з опадами варіює від 100 до 130. Приблизно 72 % усіх опадів випадає в теплий період року. Коефіцієнт зволоження у Львівській області досягає 2,8, тоді як у південних провінціях він складає лише 1,2–1,4. Однак у різні роки можуть спостерігатися суттєві відхилення від середньорічних показників.

Клімат Лісостепу характеризується посиленням континентальності у східному напрямку. Середньорічна температура повітря становить 7–8°C. Середні температури січня опускаються до -4...-5°C, а абсолютний мінімум може досягати -35°C. Сніговий покрив зазвичай формується близько 15–25 листопада і тримається до кінця березня. Зимовий період часто супроводжується відлигами, коли температура піднімається до +10...+12°C. Літо помірно тепле із середньою температурою липня близько +18°C. Вегетаційний період триває 200–212 днів.

Основною ґрунтотворною породою Західного Лісостепу виступають лесовидні суглинки, на яких сформувалися різноманітні ґрунти: опідзолені чорноземи, темно-сірі опідзолені, сірі та ясно-сірі лісові ґрунти [167].

2.2. Умови проведення досліджень

Ґрунт дослідної ділянки – ясно-сірий лісовий поверхнево оглеєний грубопилувато-легкосуглинковий на лесовидних відкладах, орний (0–20 см) шар якого характеризується наступними усередненими вихідними показниками родючості: pH_{KCl} – 4,2, гідролітична кислотність (за Каппеном) – 4,5 мг-екв/100 г ґрунту, обмінна (за Соколовим) – 0,6 мг-екв/100 г ґрунту, вміст рухомого алюмінію (за Соколовим) – 60,0 мг/кг, доступного

фосфору (за Кірсановим) і обмінного калію (за Масловою) – відповідно 36,0 і 50,0 мг/кг ґрунту.

Погодні умови в період досліджень характеризувалися контрастністю як за кількістю опадів так і за кількістю активних температур. Зимовий період 2021–2022 рр. характеризувався недостатньою кількістю опадів (на 60,6 мм менше середньобогаторічних даних), а наступні дві зими були достатньо забезпечені вологою – у зимові місяці 2022–2023 рр. кількість опадів була на 24,2 мм вище середньобогаторічних даних, а у 2023–2024 рр. кількість опадів перевищила середньобогаторічні дані на 136,7 мм: у листопаді 2023 р. кількість опадів становила 86 мм і перевищила середньобогаторічні дані (норма) на 38 мм і в січні 2024 р. випало 73,1 мм опадів при середньобогаторічних даних 40 мм (рис. 2.1, Додаток Б).

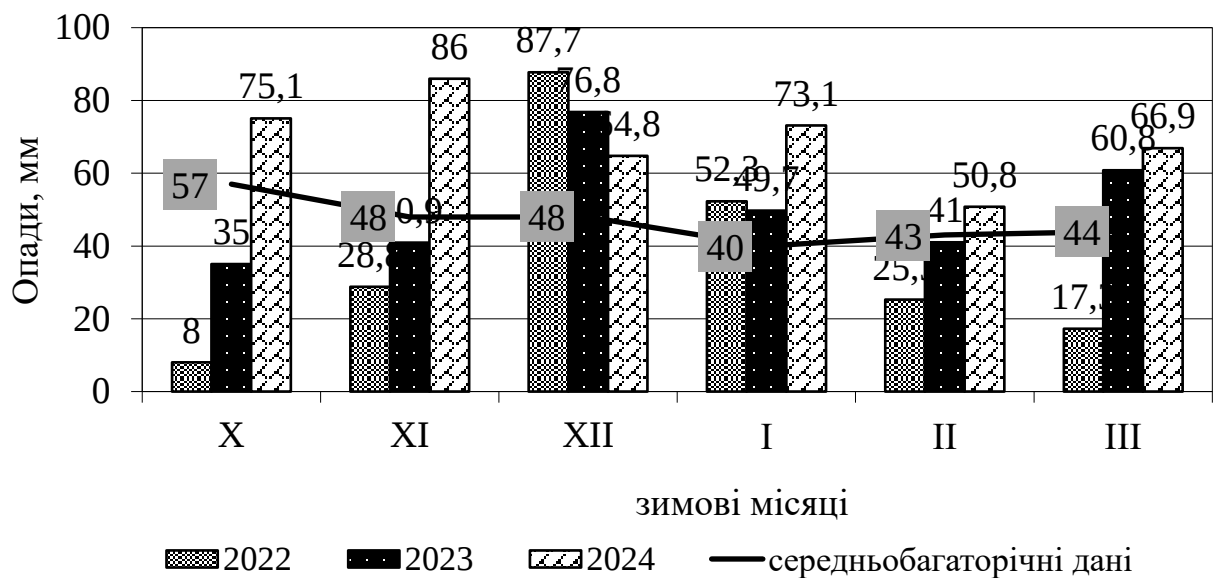


Рис. 2.1 – Кількість опадів у зимові місяці 2021–2024 рр., мм

Найменша кількість опадів зафіксована восени 2021 р. – 8 мм у жовтні та 28,8 мм у листопаді. У цей зимовий період (2021–2022 рр.) відмічено недостатню кількість опадів і у лютому (25,3 мм проти середньобогаторічного показника 43 мм) та березні (17,3 мм проти середньобогаторічного показника 44 мм).

У вегетаційний період 2022 р. кількість опадів теж була недостатньою і становила 426 мм, що на 145 мм менше норми (рис. 2.2).

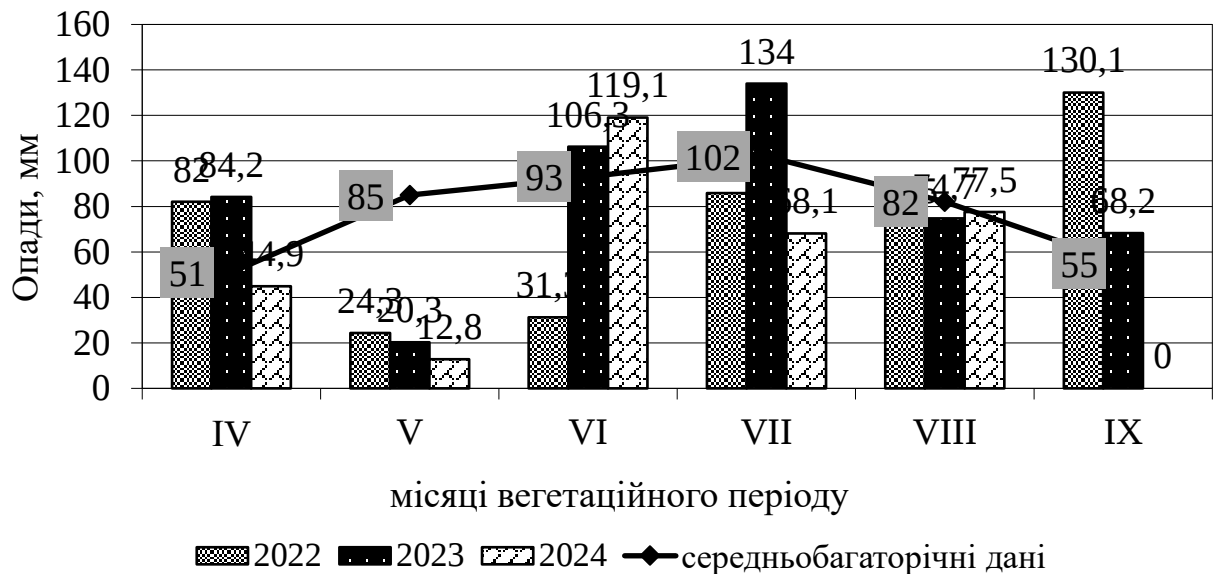


Рис. 2.2 – Кількість опадів у вегетаційних сезонах 2022-2024 рр., мм.

У вегетаційний період 2023 року випало опадів на 19,7 мм більше середньобогаторічних даних, причому найбільш вологим місяцем виявився липень, що сприяло відростанню другого укосу.

Веgetаційний період 2024 року характеризувався посушливими погодними умовами – кількість опадів була на 145,6 мм меншою за норму, і найменша її кількість випала у травні. Однак, велика кількість опадів у зимові місяці та у червні (119,1 мм проти норми 93 мм) не мала негативного впливу на продуктивність конюшини лучної у 2024 р.

Температурні показники, як у зимові так і вегетаційні періоди були вищими за середньобогаторічні дані. Середня температура у зимові місяці 2021–2024 рр. була вищою за норму на 2,4–4,5 °С, причому відмічене щорічне її підвищення. У місяцях вегетаційного періоду теж відмічене щорічне підвищення середніх температур на 1,4–3,2 °С.

У зимовий період 2021–2022 рр. найбільше відхилення від середньобогаторічних даних за температурними показниками відмічене у лютому – плюс 5,5 °С. У лютому 2024 р. середня температура перевищила

норму на $9,7^{\circ}\text{C}$. У зимовий період 2022–2023 рр. найбільше відхилення від норми відмічено у січні – середня температура становила $2,2^{\circ}\text{C}$ при нормі мінус $4,6^{\circ}\text{C}$ (рис. 2.3).

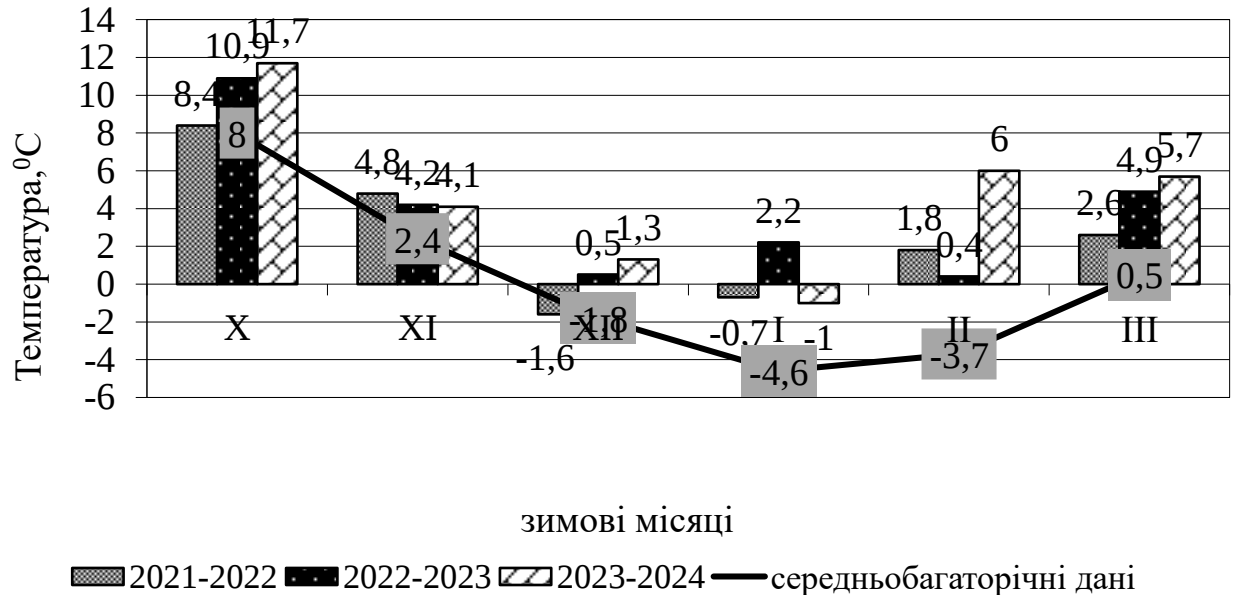


Рис. 2.3 – Середня температурна у зимові місяці 2021-2024 рр., $^{\circ}\text{C}$.

Найхолоднішими місяцями за весь період досліджень був грудень 2021 р. – середня температура повітря становила мінус $1,6^{\circ}\text{C}$, січень 2022 р. (мінус $0,7^{\circ}\text{C}$) та січень 2024 р. (мінус $1,0^{\circ}\text{C}$). У всіх інших місяцях зимового періоду середня температура не знижувалася нижче за 0°C .

У вегетаційний період відхилення від норми за температурними показниками в сторону похолодання відмічено лише у квітні 2022 р. (мінус $0,7^{\circ}\text{C}$ від норми), квітні 2023 р. (мінус $2,5^{\circ}\text{C}$ від норми) та у вересні 2022 р. (мінус $0,9^{\circ}\text{C}$ від норми). У всіх інших місяцях температурні показники перевищували норму (рис. 2.4).

За весь період досліджень найтеплішим місяцем був липень, середня температура за цей місяць коливалася в межах від $19,5^{\circ}\text{C}$ у 2022 р. до $21,6^{\circ}\text{C}$ у 2024 р. при середньобогаторічних даних $17,5^{\circ}\text{C}$.

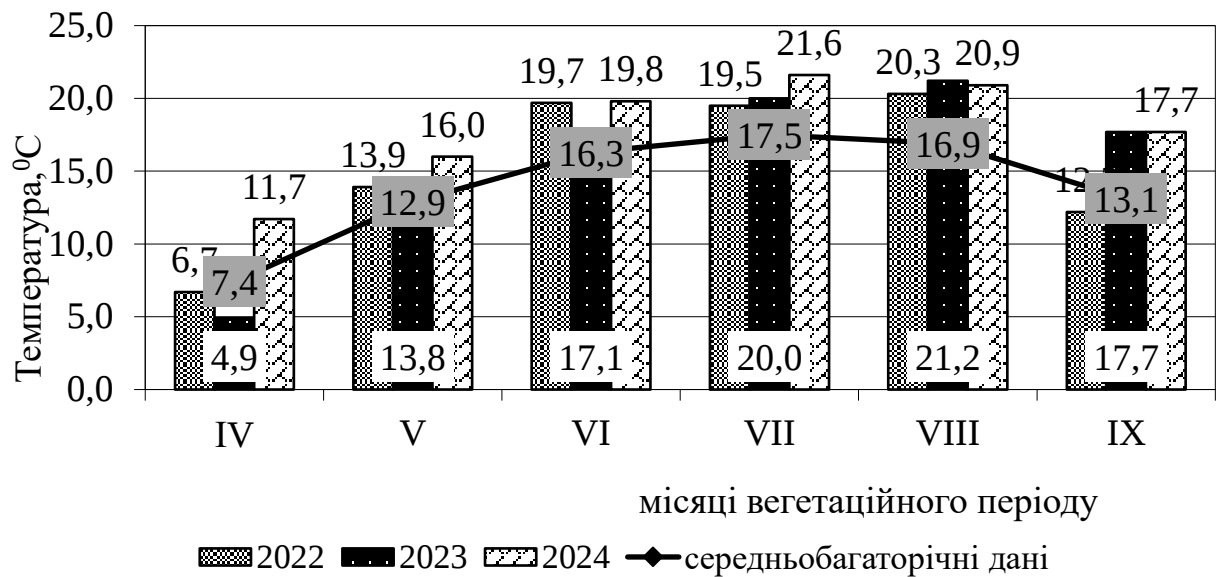


Рис. 2.4 – Середня температурна у вегетаційних сезонах 2022-2024 рр., °C.

Для об'єктивного аналізу волого та теплозабезпеченості було визначено гідротермічний коефіцієнт зволоження (ГТК це сума опадів за період, коли середньодобова температура повітря вище $+10^{\circ}\text{C}$ поділена на суму активних температур за той же період, коли температури перевищували $+10^{\circ}\text{C}$, зменшена в 10 разів).

Визначено, що у вегетаційний період 2022 року ГТК становив 1,3; у 2023 р. – 1,6 та у 2024 р. – 1,1. Згідно шкали ГТК за Г. Т. Селяніновим, при гідротермічному коефіцієнті від 1,0 до 1,5 забезпеченість досліджуваної території вологою є достатньою, а при ГТК більше 1,5 – територія є з надмірно вологою. Отже, погодні умови вегетаційних періодів 2022 та 2024 рр. характеризувалися як достатньо вологі, а у 2023 р. кількість вологи була надмірною.

Отже, враховуючи достатню кількість опадів у зимові місяці та розподіл вологи у вегетаційні періоди, коли надлишкове зволоження було лише у квітні та червні, можна зробити висновок, що погодні умови території, де розташована дослідна ділянка, в роки досліджень були сприятливими для росту та розвитку конюшини лучної.

2.3. Схеми дослідів

Стаціонарний дослід розміщений на трьох полях. Повторення триразове. Розташування варіантів одноярусне, послідовне. Загальна площа ділянки становить 168 м² (28 м х 6 м), а облікова – 100 м² (25 м х 4 м). Сівозміна чотирипільна із наступним чергуванням культур: кукурудза, ячмінь ярий з підсівом конюшини лучної, конюшина лучна, пшениця озима. Агротехніка вирощування культур загальноприйнята для зони Західного Лісостепу (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Схема дослідів

Удобрення на 1 га сівозмінної площі	Удобрення у сівозміні			
	кукурудза	ячмінь ярий + конюшина лучна	конюшина лучна	пшениця озима
Без добрив (контроль)	-	-	-	-
1,0н СаСО ₃ за Нг	-	-	-	-
Органічні добрива (10 т гною)	Гній, 40 т/га	-	-	-
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀	-	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1,0н СаСО ₃ за Нг	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀	-	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1,0н СаСО ₃ за Нг + органічні добрива	Гній, 40 т/га N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀	-	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + оптим. СаСО ₃ (к.-осн.буф.) +органічні добрива	Гній, 40 т/га N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀	-	N ₇₀ P ₉₀ K ₉₀
N ₃₀ P ₃₄ K ₃₄ + 1,0н СаСО ₃ за Нг + органічні добрива	Гній, 40 т/га N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	-	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + 1,0н СаСО ₃ за Нг + органічні добрива	Гній, 40 т/га N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	N ₁₂₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	-	N ₁₂₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ 1,5н СаСО ₃ за Нг	N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	N ₁₂₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	-	N ₁₂₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅

Дослідження за темою дисертаційної роботи проводилися у третьому полі ротації, де висіяно (у попередній рік під підсів ячменю ярого) конюшину лучну сорту Трускавчанка.

Норма вапна розрахована за гідролітичною кислотністю – 6 т/га та за кислотно-основою буферністю (ДСТУ 4456:2005) – 2,5 т/га за ротацію сівозміни. В якості вапнякових матеріалів використовували вапнякове борошно (93,5 % CaCO_3). У досліді застосовувався напівперепрілий гній ВРХ на солом'яній підстильці, аміачна селітра (34,5%), гранульований суперфосфат (19,5%), калійна сіль (40%), нітроамофоска (НРК по 16%) (при використанні нітроамофоски вміст НРК збалансовується згідно рівнів удобрення простими добривами). Гній вносився під кукурудзу. Фосфорно-калійні добрива вносились восени, азотні та комплексні – під передпосівну культивуацію.

2.4 Методика проведення досліджень

Агрохімічні аналізи ґрунту: азот легкогідролізований визначали за Корнфілдом (ДСТУ 7863:2015), гумус загальний за Тюріним (ДСТУ 4289:2004), рН сольової витяжки потенціометричним методом (ДСТУ ISO 10390-2001), гідролітичну кислотність за Каппеном у модифікації ЦІНАО (ДСТУ 7537:2014), суму увібраних основ за Каппеном-Гільковіцем, фосфор рухомий, калій обмінний за Чиріковим у витяжці 0,5 н CH_3COOH (ДСТУ 4115-2002), алюміній обмінний за Соколовим.

Польові дослідження: облік урожаю з першого та другого укосу – суцільним методом з послідовним зважуванням з кожної ділянки, урожайність подавали в абсолютно сухій масі з попереднім визначенням гігроскопічної вологи, висушуванням проби снопа вагою 0,5 кг при температурі 105°C до постійної ваги (ДСТУ ISO 6497:2005) [168], ботанічний склад, структуру урожаю і щільність травостою – шляхом відбору проб зеленої маси із площі по 0,25 м² з усіх повторень, які розбирали на ботаніко-

господарські групи: злаки, бобові, різнотрав'я. У відібраних зразках цих же груп визначено щільність травостою шляхом підрахунку кількості пагонів на 1 м², структуру урожаю – поділом конюшини лучної на фракції: листові пластинки, стебла та суцвіття [168]; площа листового апарату – розрахунковим способом, при цьому площу кожного окремого листка визначено вимірюванням довжини і ширини із використанням перевідних коефіцієнтів [169], чиста продуктивність фотосинтезу періодично шляхом відбору проб рослин, в яких визначено загальну масу, масу окремих органів і площу листків [76], фотосинтетичний потенціал за М. М. Макрушин [75], з урахуванням тривалості міжукісних періодів та площі листового апарату; нагромадження кореневої маси після другого укусу стаканом розміром 516,9 см³, на глибину 0–0,1 м у трикратному повторенні з наступною відмивкою на ситах діаметром 0,25 мм і зважуванням в повітряно-сухому стані. Враховуючи велику кількість досліджень, яка вказує на те, що основна частина кореневої маси багаторічних трав знаходиться у верхньому шарі ґрунту [170, 171] нагромадження кореневої маси визначали у шарі 0–0,1 м.

Повний зоотехнічний аналіз корму: загальний азот з першого та другого укусу за К'ельдалем (ДСТУ ISO 5983-2003); сирий жир по масі знежиреного сухого залишку аналізованого матеріалу (за методом Рушковського) (ДСТУ ISO 6492-2003); клітковина шляхом кислотно-лужного гідролізу за Геннебергом і Штоманом (ДСТУ ISO 6865-2004); зола мокрим озоленням; фосфор фотометричним методом; калій, натрій методом полуменевої фотометрії; БЕР (безазотисті екстрактивні речовини) розрахунковим методом (різниця між 100 % і сумою поживних речовин: протеїн, жир, клітковина, зола); вміст кормових одиниць, перетравного протеїну в кормовій одиниці, протеїнове співвідношення розрахунковим методом з використанням коефіцієнтів перетравності, взятих з літературних джерел [172, 173], та даних власного хімічного аналізу корму за методикою І. І. Ібатуліна [174].

Баланс поживних речовин розраховано за різних видів використання травостою: 1 – за скошування двох укосів та використання їх на корм, 2 – за використання першого укосу на корм, а другого як сидерат.

Поверхневий баланс ґрунту визначали за О. Онема та ін. [175]. Розраховували різницю між надходженням азоту, фосфору і калію та винесенням їх з урожаєм. Загальне надходження фосфору та калію визначали як суму внесеного елемента з добривами, нагромаджених елементів у зеленій масі (за використання другого укосу на сидерат) та кореневій масі. Надходження у ґрунт азоту розраховували використовуючи емпіричну модель Х. Хьог-Йенсена [176].

Надходження поживних речовин з органічними добривами розраховували згідно даних Писаренко В. М. та Писаренко П. В. [177], згідно яких гній ВРХ містить 0,4 % азоту, 0,16 % фосфору, 0,5 % калію, 0,45 % кальцію, 20,3 % органічних речовин та 77,3 % води.

При надходженні азоту враховували симбіотичний азот, без врахування атмосферного осадження азоту. Кількість зібраного азоту, отриманого від симбіозу, розраховували шляхом множення вмісту зібраного азоту в бобових видах на їхню відповідну частку від симбіозу за Ніфелер та ін. [178]. Частку отриману від симбіозу використано з розрахунків за МакАуліфф та ін. [179].

Винесення поживних речовин з урожаєм визначали відповідно до частки їх вмісту у сухій речовині за Д. Ніфелер [180].

Енергетична ефективність: обмінну енергію визначали розрахунковим способом за даними хімічного складу корму, коефіцієнтами перетравності поживних речовин; енергетична оцінка розрахунковим способом на основі балансу надходження, накопичення та витрат валової енергії з використанням методик О. К. Медведовського і П. І. Іваненка [181] та А. С. Даниленко, О. А. Стахів [182] (враховуючи те, що при вирощуванні конюшини лучної немає побічної продукції, то можемо використовувати універсальний показник EROEI, який визначається як відношення виробленої енергії до витраченої енергії [183], за методикою українських науковців [181,

182, 184] цей показник називається «Коефіцієнт енергетичної ефективності технології»); теплотворна здатність розрахунковим методом за методикою В. М. Сінченка [185]; конкурентоспроможність технологій визначено розрахунковим методом за А.Д. Гарькавим та А.В. Спіріним [184].

Економічна ефективність - розрахунковим способом, використовуючи розрахунки за прямими затратами з технологічних карт загальноприйнятої форми.

Обробка та узагальнення результатів досліджень: кореляція за допомогою програми Microsoft Excel, програми Statistica 10; статистична обробка за методикою В. О. Ушкаренко та ін. [186].

РОЗДІЛ 3

ФОРМУВАННЯ ТРАВостою конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні

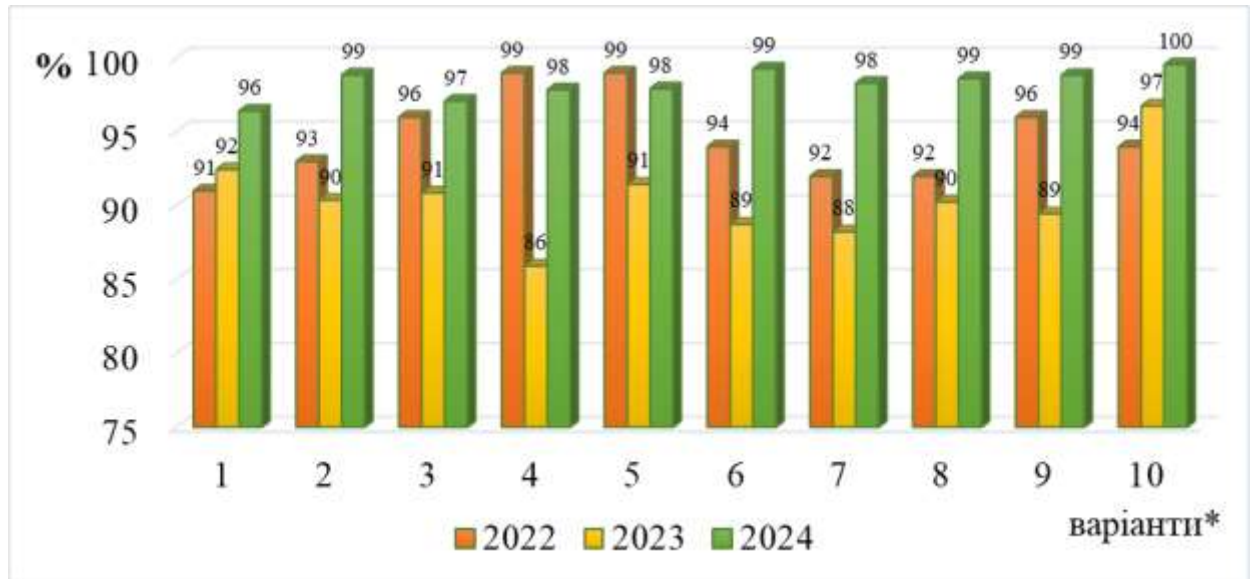
3.1. Ботанічний склад конюшинового травостою залежно від вапнування та удобрення у короткоротаційній сівозміні

Одним із найважливіших показників формування врожаю травостоїв є ботанічний склад, який відображає основні ботаніко-господарські групи присутні у досліджуваних агрофітоценозах [187]. Ботанічний склад визначає поживну цінність травостою, вміст білків, клітковини, вуглеводів, макро- та мікроелементів. Види трав, що входять до складу травостою, впливають на його здатність відновлюватися після випасання або косіння. Різноманітний склад підвищує стійкість угідь до несприятливих умов. Різні види трав по-різному реагують на добрива. Бобові можуть фіксувати азот з атмосфери, зменшуючи потребу в азотних добривах, тоді як злакові потребують додаткового підживлення. Глибококореневі види покращують аерацію та структуру ґрунту, а поверхневокореневі запобігають ерозії.

У наших дослідженнях у короткоротаційній сівозміні конюшину лучну висівали під покрив ячменю ярого. У результаті, на другий рік після сівби, отримано травостій із часткою бобових (конюшина лучна) на рівні 65–84 % в першому укосі та 93–97 % у другому (рис. 3.1, додаток В).

У перший рік досліджень (2022 р.) в ботанічному складі травостою переважала конюшина лучна. Її частка в першому укосі становила від 30 до 80 %, залежно від систем удобрення. При цьому злакові трави складали 17–64 % травостою, а різнотрав'я 1–13 %. Найменшою часткою конюшини лучної (30 %) характеризувався варіант контролю без удобрення, проте з найбільшим відсотком злакових трав (64 %). На цьому варіанті частка

конюшини лучної у перший рік досліджень була найнижчою за роки досліджень (30 % проти 80–85 %).



*Примітка: 1 – без добрив; 2 – 1,0н CaCO_3 за Нг; 3 – органічні добрива; 4 – $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$; 5 – $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$ + 1,0н CaCO_3 за Нг; 6 – $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$ + 1,0н CaCO_3 за Нг + органічні добрива; 7 – $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$ + оптим. CaCO_3 (к.-осн.буф.) + органічні добрива; 8 – $\text{N}_{30}\text{P}_{34}\text{K}_{34}$ + 1,0н CaCO_3 за Нг + органічні добрива; 9 – $\text{N}_{105}\text{P}_{101}\text{K}_{101}$ + 1,0н CaCO_3 за Нг + органічні добрива; 10 – $\text{N}_{105}\text{P}_{101}\text{K}_{101}$ + 1,5н CaCO_3 за Нг.

Рис. 3.1 – Частка конюшини лучної в першому укосі залежно від удобрення та вапнування у коротокоротаційній сівозміні за роками дослідження, %

Найвищий відсоток конюшини лучної в першому укосі (80 %) отримано за вапнування в дозі 6 т/га CaCO_3 раз у дві ротації, проте відсоток злаків був найнижчим – 17 %, а різнотрав'я склало 3 %. Слід зазначити, що такий відсоток (80–82 %) конюшини лучної на цьому варіанті спостерігався протягом усіх років досліджень.

Органічна система удобрення утворила травостій з часткою конюшини лучної 69 %, а частка злаків при цьому становила 27 %.

Найнижчу частку конюшини лучної (47 %) у травостій із усіх досліджуваних систем удобрення забезпечило внесення лише мінеральних добрив, однак сприяло найвищому відсотку злакових трав (53 %).

Частка конюшини лучної за всіх інших досліджуваних систем удобрення та вапнування у сівозміні коливалася від 58 % до 65 %.

У другий рік досліджень в першому укосі частка конюшини лучної у травостій була більшою і становила 59–95 % залежно від систем удобрення

та вапнування ґрунту у сівозміні. Частка злаків при цьому була меншою і становила 5–40 %. Різнотрав'я склало від 1 до 15 % травостою.

Найнижчу частку конюшини лучної у травостої (59 %) забезпечила мінеральна система удобрення, а частка злакових трав була найвищою – 40 %. В другому році досліджень з найбільшою часткою конюшини лучної (95 %) отримано травостій у варіанті органічної системи удобрення.

Поєднане застосування у сівозміні різних видів удобрення та вапнування дозволило отримати травостій із часткою конюшини лучної на рівні 61–90 %.

Слід відмітити, що на варіанті без удобрення частка конюшини лучної (80 %) була на 6–21 % більшою ніж її частка у мінеральній та органо-мінеральній системах удобрення на фоні вапнування з повною та підвищеною дозами мінеральних добрив.

Третій рік досліджень характеризувався найвищим показником частки конюшини лучної у травостої (81–98 %) та найнижчим показником частки злаків (2–18 %) за роки досліджень. Найнижчі показники частки конюшини лучної в цьому році отримано на варіантах внесення лише органічних добрив та вапнування – 81 % і 82 % відповідно, найвищі (89–98 %) – за поєданого застосування у сівозміні різних видів удобрення та вапнування, а на варіанті без удобрення – 85 %, що на 3–4 % вище найнижчих показників.

В середньому за три роки досліджень частка конюшини лучної становила 65–84 % в першому укосі та 93–97 % у другому (табл. 3.1).

Слід зазначити, що у рік використання конюшини лучної жодних видів удобрення чи вапнування не проводилося. Основним бобовим компонентом травостою була конюшина лучна і її частка в агрофітоценозі залежала від видів удобрення та вапнування у сівозміні під попередні культури.

Найвищий відсоток її в першому укосі (84 %) отримано за сумісного внесення у сівозміні $N_{105}P_{101}K_{101}$ та $1,5n CaCO_3$ за Нг (9 т/га) раз у дві ротації. Застосування у сівозміні лише органічних добрив (10 т/га гною) та самого вапнування $1,0 n CaCO_3$ за Нг (6 т/га) забезпечили по 82 % конюшини лучної у першому укосі, а сумісне застосування повної дози мінеральних добрив

(N₆₅P₆₈K₆₈), органічних 10 т/га гною та вапнування оптимальною дозою вапна (2,5 т/га), розрахованого за кислотно-основною буферністю забезпечило 81 % бобового компоненту.

Таблиця 3.1

Ботаніко-господарський склад травостою у короткоротаційній сівозміні залежно від удобрення попередніх культур, середнє за 2022–2024 рр., %

Удобрєння на 1 га сівозмінної площі	Злаки		Бобові		Різнотрав'я	
	укося					
	I	II	I	II	I	II
Без добрив (контроль)	28	5	65	93	7	2
1,0н CaCO ₃ за Нг	13	5	82	94	5	1
Органічні добрива	16	5	82	95	2	0
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	34	6	65	94	1	0
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1,0н CaCO ₃ за Нг	21	4	78	96	1	0
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1,0н CaCO ₃ за Нг + органічні добрива	19	6	78	94	3	0
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + оптим.СаСО ₃ (к.-осн.буф.) +органічні добрива	13	7	81	93	6	0
N ₃₀ P ₃₄ K ₃₄ + 1,0н CaCO ₃ за Нг + органічні добрива	16	6	79	94	5	0
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + 1,0н CaCO ₃ за Нг + органічні добрива	26	5	73	95	1	0
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + 1,5н CaCO ₃ за Нг	15	2	84	97	1	1
НІР ₀₅	7,13	2,68	7,26	29,11	3,12	1,53
Частка впливу удобрення	77	53	73	29	67	32

Вапнування ґрунту у сівозміні позитивно впливало на частку бобового компоненту. Внесення лише мінеральних добрив обумовило найнижчу частку конюшини лучної у травостої – 65 %. Такий низький відсоток пов'язаний, в першу чергу, із застосуванням азоту, який як відомо сприяє розвитку злакових культур, знижує симбіотичну активність кореневої системи конюшини лучної та сприяє підвищенню кислотності ґрунту. Такий

самий відсоток конюшини лучної (65 %) спостерігався і на варіанті без добрив (контроль).

Поєднане застосування у сівозміні різних видів удобрення (мінерального і гною) та вапнування нівелювали негативний вплив азоту добрив, що дозволило отримати травостій із часткою конюшини лучної на рівні 73–78 %.

Згідно кореляційного аналізу, відсоток конюшини лучної у травостой найбільше залежав від внесення органічних добрив: коефіцієнт кореляції становив 0,967 в першому укосі (сильна кореляція) та 0,585 у другому (середня кореляція) (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Кореляційна залежність частки бобових у травостой від різних видів удобрення та вапнування у сівозміні

Вид удобрення	Коефіцієнт кореляції, r		Коефіцієнт детермінації, d %	
	1 укіс	2 укіс	1 укіс	2 укіс
вапнування	0,685	0,358	47,0	12,8
органічні добрива	0,967	0,585	93,4	31,9
мінеральні добрива	0,764	0,486	58,4	23,7

Найбільша частка злаків у травостой конюшини лучної першого укосу (табл. 3.1) була за застосування самого мінерального удобрення із внесенням $N_{65}P_{68}K_{68}$ і становила 34 %. Саме вапнування 1,0 н $CaCO_3$ за Нг і сумісне застосування мінерального, органічного удобрення з оптимальною дозою $CaCO_3$ (за кислотно-основною буферністю) забезпечили найменшу частку злакових трав у першому укосі – 13 %, а саме органічне удобрення (10 т гною на 1 га сівозмінної площі) дало 16 % злакових трав у травостой. У другому укосі частка злаків коливалася від 2 до 7 % залежно від систем удобрення та вапнування у сівозміні.

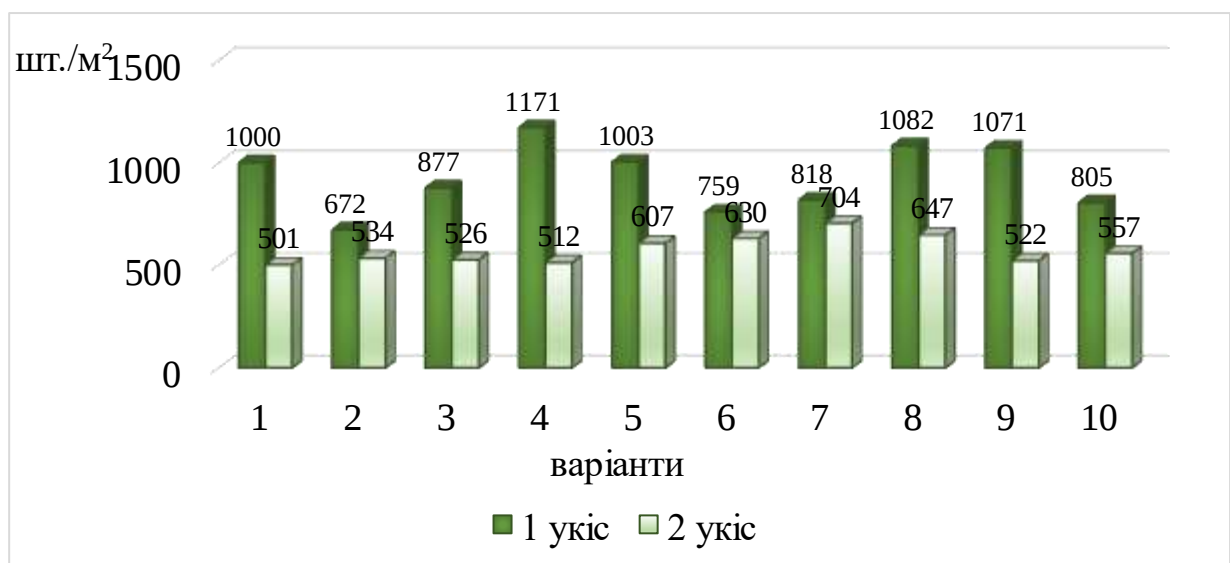
Різотрав'я не брало вагової участі у формуванні травостою, проте, його частка складала від 1 до 7 % у першому укосі, і до 2 % у другому (причому 2 % було лише на варіанті без удобрення).

У другому укосі несіяні злакові трави і різнотрав'я випали з травостою, тому частка конюшини лучної у всіх варіантах удобрення та вапнування, як і у варіанті без удобрення, була високою (93–97 %).

Отже, можна вважати, що використання у сівозміні органо-мінерального удобрення і вапнування можуть бути ефективною стратегією для підвищення вмісту конюшини лучної в травостой та покращення агроекологічних показників сівозміни.

3.2. Щільність конюшинового травостою залежно від вапнування та удобрення у короткоротаційній сівозміні

Значний вплив удобрення та вапнування відмічено також у формуванні щільності травостою (рис. 3.2, додаток Д).



*Примітка: 1 – без добрив; 2 – 1,0н CaCO_3 за Нг; 3 – органічні добрива; 4 – $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$; 5 – $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$ + 1,0н CaCO_3 за Нг; 6 – $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$ + 1,0н CaCO_3 за Нг + органічні добрива; 7 – $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$ + оптим. CaCO_3 (к.-осн.буф.) + органічні добрива; 8 – $\text{N}_{30}\text{P}_{34}\text{K}_{34}$ + 1,0н CaCO_3 за Нг + органічні добрива; 9 – $\text{N}_{105}\text{P}_{101}\text{K}_{101}$ + 1,0н CaCO_3 за Нг + органічні добрива; 10 – $\text{N}_{105}\text{P}_{101}\text{K}_{101}$ + 1,5н CaCO_3 за Нг.

Рис. 3.2 – Щільність травостою у короткоротаційній сівозміні залежно від удобрення та вапнування, середнє 2022–2024 рр., всього пагонів на м^2

Найбільшу кількість пагонів усіх рослин травостою у першому укосі (1171 шт./ м^2) зафіксовано у варіанті внесення на сівозмінну площу мінеральних добрив в дозі $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$. За даного удобрення щільність

травостою другого укосу була найнижчою і становила 512 шт./м², проте була на 1,99 % вище контролю (табл. 3.3, додаток Д).

Таблиця 3.3

**Щільність травостою у короткоротаційній сівозміні залежно від
удобрення попередніх культур, середнє 2022-2024 рр., шт./м²**

Удобрення на 1 га сівозмінної площі	Злаки		Бобові		Різнотрав'я	
	укоси					
	I	II	I	II	I	II
Без добрив (контроль)	640	211	306	267	54	23
1,0н CaCO ₃ за Нг	264	184	368	340	40	10
Органічні добрива	447	187	378	339	52	0
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	860	240	300	271	11	1
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1,0н CaCO ₃ за Нг	580	194	392	412	31	1
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1,0н CaCO ₃ за Нг + органічні добрива	396	302	309	328	54	0
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + оптим. CaCO ₃ (к.-осн.буф.) +органічні добрива	391	394	327	306	100	4
N ₃₀ P ₃₄ K ₃₄ + 1,0н CaCO ₃ за Нг + органічні добрива	609	263	427	384	46	0
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + 1,0н CaCO ₃ за Нг + органічні добрива	691	245	359	275	21	2
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ 1,5н CaCO ₃ за Нг	362	165	426	388	17	4
НР ₀₅	246,46	66,72	75,37	33,53	43,07	13,28
Частка впливу удобрення	67	78	61	89	48	48

Найбільшу кількість пагонів конюшини лучної (426 шт./м² в першому укосі та 388 шт./м² у другому) відмічено у варіанті за внесення півтори норми мінеральних добрив N₁₀₅P₁₀₁K₁₀₁ на фоні вапнування 1,5 н СаСО₃. Зменшення доз мінеральних добрив і вапна аналогічної системи удобрення (N₆₅P₆₈K₆₈ на фоні вапнування 1,0 н СаСО₃) забезпечило травостій з кількістю пагонів конюшини лучної 392 шт./м² в першому укосі та 412 шт./м² у другому.

Відносно висока щільність конюшини лучної відмічена у варіанті вапнування ґрунту без удобрення: у першому укосі зафіксовано 368 шт./м² пагонів, а у другому 340 шт./м². Слід відмітити, що на даному травостої у першому укосі зафіксована найменша кількість пагонів злакових несіяних трав, яка становила 264 шт./м².

Також відмічено відносно високу щільність конюшини лучної у варіанті самого органічного удобрення: у першому укосі зафіксовано 378 шт./м² пагонів, а у другому 339 шт./м².

Ще одним варіантом з великою кількістю пагонів конюшини лучної (427 шт./м² в першому укосі та 384 шт./м² у другому) відмічено варіант за поєднаного застосування вапнування (1,0 н CaCO₃), органічних добрив (10 т/га гною) та пів дози мінеральних добрив (N₃₀P₃₄K₃₄). Збільшення дози мінеральних добрив до N₆₅P₆₈K₆₈ аналогічної системи удобрення забезпечило 309 шт./м² пагонів бобового компоненту у першому укосі та 328 шт./м² у другому. За збільшення дози мінеральних добрив до N₁₀₅P₁₀₁K₁₀₁ цієї ж системи удобрення кількість пагонів становила 359 шт./м² в першому укосі та 275 шт./м² у другому.

За внесення N₆₅P₆₈K₆₈ на фоні вапнування оптимальною дозою вапна, розрахованого за кислотно-основною буферністю, та застосування органічних добрив (10 т/га гною) відмічено 327 шт./м² пагонів конюшини лучної у першому укосі та 306 шт./м² у другому.

У перший рік досліджень щільність конюшинного травостою першого укосу була в межах 821–2116 шт./м² залежно від систем удобрення та вапнування у сівозміні. Кількість злакових пагонів при цьому становила від 381 до 1467 шт./м², конюшинових – від 163 до 380 і різнотрав'я – від 1 до 223 шт./м².

Найбільшою щільністю травостою (2116 шт./м²) першого укосу характеризувався варіант мінеральної системи удобрення дозою мінеральних добрив N₆₅P₆₈K₆₈, однак кількість пагонів конюшини лучної на цьому варіанті

була невисокою і становила 235 шт./м², що склало всього 11% від загальної кількості усіх пагонів. Проте, 1876 шт./м² зайняли несіяні злакові трави.

Система вапнування 1,0 н СаСО₃ за Нг (6 т за дві ротації сівозміни) утворила травостій із найменшою щільністю (821 шт./м²), зате кількість пагонів конюшини лучної була однією з найбільших і становила 375 шт./м², що складало 46 % від усіх пагонів цього травостою.

Найменшу кількість пагонів конюшини лучної (163 шт./м²) зафіксовано на варіанті без удобрення, проте щільність травостою була не найменшою і становила 1738 шт./м². Найбільше конюшинних пагонів (380 шт./м² при загальній щільності травостою 1848 шт./м²) було у варіанті органо-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування дозою вапна за Нг з половиною дози мінеральних добрив (N₃₀P₃₄K₃₄) і 10 т гною на гектар сівозмінної площі.

Другий укіс характеризувався меншою щільністю (184–628 шт./м²), оскільки несіяні злакові трави та різнотрав'я випали з травостою і на 91–96 % травостій складався виключно із конюшини лучної. При цьому найменшу щільність травостою відмічено на варіанті мінеральної системи удобрення (N₆₅P₆₈K₆₈).

Щільність травостою другого року досліджень першого укосу була меншою ніж у перший рік, однак кількість бобових пагонів була більшою і становила від 214 до 497 шт./м², при цьому кількість пагонів злакових трав і різнотрав'я була меншою (129–817 шт./м² і 1–53 шт./м² відповідно).

Найбільшу кількість пагонів конюшини лучної зафіксовано на варіантах органічної системи удобрення (10 т/га гною), системи вапнування 1,0 н СаСО₃ за Нг (6 т за дві ротації сівозміни), органо-мінеральної системи на фоні вапнування з половиною дози мінеральних добрив (N₃₀P₃₄K₃₄, 1,0 н СаСО₃ за Нг, 10 т/га гною) та на варіанті без удобрення, що становило 497, 395, 374 і 359 шт./м² відповідно. А кількість злаків на цих варіантах була меншою від кількості конюшинних пагонів і становила 129, 161, 230 і 169 штук/м² відповідно до вище перелічених систем удобрення і вапнування.

Травостій із найменшою кількістю пагонів конюшини лучної (214 шт./м²) сформувала органо-мінеральна система удобрення на фоні вапнування з повною дозою мінеральних добрив (N₆₅P₆₈K₆₈, 1,0 н CaCO₃ за Нг, 10 т/га гною).

Щільність травостою другого укосу була більшою ніж у перший рік досліджень і становила 453–861 шт./м². При цьому 86–97 % травостою припадало на конюшину лучну.

У третій рік досліджень щільність конюшинного травостою першого укосу була дещо вищою за показники щільності другого року досліджень, а кількість бобових пагонів була найбільшою за три роки досліджень і становила від 333 до 691 шт./м²; кількість злакових пагонів була 73–433 шт./м², різнотрав'я – від 14 до 44 шт./м² залежно від систем удобрення та вапнування у сівозміні.

Найбільшу кількість пагонів конюшини лучної (691 шт./м²) відмічено на варіанті мінеральної системи удобрення з підвищеними нормами мінеральних добрив і вапна (N₁₀₅P₁₀₁K₁₀₁ + 1,5 н CaCO₃ за Нг), найменшу (333 і 378 шт./м²) – на варіантах органічної системи удобрення (10 т/га гною) та системи вапнування (1,0 н CaCO₃ за Нг) відповідно. На варіанті без удобрення було 397 шт./м² пагонів конюшини лучної.

У другому укосі відмічено найбільшу кількість пагонів конюшини лучної (364–612 шт./м²) порівняно з попередніми роками досліджень (у перший рік – 151–299 шт./м², у другий – 213–405 шт./м²).

Отже, оптимальним варіантом для забезпечення високої щільності пагонів конюшини лучної є поєднання вапнування, органічних добрив та помірних доз мінеральних добрив. Збільшення мінерального удобрення до N₁₀₅P₁₀₁K₁₀₁ на фоні вапнування і внесення органіки не має негативного впливу на ріст і розвиток конюшини. У другому укосі загальна щільність травостою була нижчою, що зумовлено зменшенням кількості пагонів злакових трав, тоді як конюшина лучна розвивалася потужніше, хоча кількість її пагонів зменшилася через активне наростання біомаси.

3.3 Структура врожаю конюшини лучної, вирощеної у короткоротаційній сівоzmіні

Структура урожаю є важливим показником якості корму і залежить від багатьох факторів. Насамперед від видового складу травостою, фази розвитку рослин на час скошування травостою, удобрення, умов навколишнього середовища [188, 189]. Структура врожаю складається із співвідношення листя, стебел і суцвіть. Найбільшу роль у структурі травостою відіграє листя. Зменшення кількості листя приводить до збільшення вмісту клітковини, частково вуглеводів і до зниження вмісту протеїну і каротину [190]. За даними данських дослідників легко екстрагований справжній білок був більшим в листі, ніж в стеблі у конюшини білої, конюшини лучної, люцерни посівної, райграсу багаторічного, костриці високої і становив у листі – 63–68 % і 54 % сирого протеїну у бобових та інших травах відповідно [191].

У наших дослідженнях у структурі конюшини лучної, як у першому так і другому укосах, переважали стебла. Їх частка, залежно від удобрення та вапнування, коливалася в межах 64–73 % в першому укосі та 56–67 % у другому укосі (табл. 3.4, додаток Е).

Найвища частка стебел конюшини лучної у першому укосі (73 %) зафіксована за внесення у сівоzmіні мінеральних добрив у дозі $N_{65}P_{68}K_{68}$, 10 т/га гною та оптимальної дози вапна 2,5 т/га $CaCO_3$ розрахованою за рН-буферністю. Внесення 6 т/га вапна, розрахованого за гідролітичною кислотністю раз у дві ротації, сприяло зниженню відсотка стебел конюшини лучної до 67 %. За внесення у сівоzmіні самого мінерального удобрення ($N_{65}P_{68}K_{68}$) зафіксовано 66 % стебел конюшини лучної у першому укосі. Найменший відсоток стебел (64 %) був на варіанті контролю (без удобрення). На всіх інших варіантах удобрення та вапнування зафіксовано 70–71 % стебел конюшини лучної.

**Структура конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні залежно від
удобрення попередніх культур, середнє за 2022-2024 рр., %**

Удобрєння на 1 га сївозмїнної площі	Листя		Стебла		Суцвіття	
	укуси					
	I	II	I	II	I	II
Без добрив (контроль)	26	19	64	59	10	22
1,0н СаСО ₃ за Нг	26	21	67	56	7	24
Органічні добрива	24	19	71	61	5	20
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	24	17	66	61	10	21
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1,0н СаСО ₃ за Нг	24	17	70	66	6	17
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1,0н СаСО ₃ за Нг + органічні добрива	24	18	70	64	6	18
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + оптим. СаСО ₃ (к.-осн.буф.) +органічні добрива	21	19	73	64	6	17
N ₃₀ P ₃₄ K ₃₄ + 1,0н СаСО ₃ за Нг + органічні добрива	24	20	70	65	6	15
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + 1,0н СаСО ₃ за Нг + органічні добрива	22	19	71	67	7	14
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + 1,5н СаСО ₃ за Нг	23	20	70	62	6	19
НІР ₀₅	2,02	1,59	2,89	3,46	2,04	3,02
Частка впливу удобрення	66	56	76	78	69	80

Найвищий відсоток листя конюшини лучної, вирощеної у короткоротаційній сівозміні, отримано за внесення у сівозміні 1,0 н CaCO₃, розрахованого за гідролітичною кислотністю. Ця система удобрення дозволяє отримувати конюшину лучну із часткою листя 26 % в першому укусі та 21 % у другому. На варіанті без удобрення (контроль) частка листя склала теж 26 % у першому укусі, а у другому – 19 %.

Зниження частки листя конюшини лучної зафіксовано у всіх інших досліджуваних системах удобрення, причому ця частка складає 21–24 % в першому укусі та 17–20 % у другому.

Слід зазначити, що за органо-мінеральної системи із високим дозами мінеральних добрив зафіксовано меншу частку суцвіть в порівнянні із мінеральною системою удобрення та застосування 1,5 дози CaCO_3 .

Залежно від систем удобрення та вапнування частка листя конюшини лучної в першому укосі становила 21–26 %, а у другому дещо зменшилась – 17–21 %. Аналогічно спостерігається і зменшення пагонів конюшини лучної – 64–73 % і 56–67 % відповідно в першому і другому укосах. А частка суцвіть зростає з 5–10 % до 14–24 % відповідно.

За роками використання структура значно змінювалася (додаток Е). Зокрема, у перший рік досліджень залежно від систем удобрення та вапнування в першому укосі частка стебел конюшини лучної, вирощеної у короткоротаційній сівозміні, становила 64–74 %, частка листя – 18–26 %, суцвіть – 6–11 %, а в отаві – 49–63 %, 15–19 %, 20–36 % відповідно. Найменшу частку пагонів (64 %) першого укосу зафіксовано за застосування мінеральної системи удобрення ($\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$) та на варіанті без удобрення, проте відсоток листя (25 %) та суцвіть (11 %) на цих варіантах був одним з найвищих. Однак, в отаві мінеральна система удобрення сформувала найменшу частку листя (15 %), а варіант без удобрення – найбільшу (19 %). Найвищий відсоток листя конюшини лучної (26 %) отримано за внесення пів норми мінеральних добрив ($\text{N}_{30}\text{P}_{34}\text{K}_{34}$) на фоні вапнування 1,0 н CaCO_3 та 10 т/га гною.

Найбільше конюшинних пагонів (74 %) першого укосу сформувала органо-мінеральна система удобрення на фоні вапнування оптимальною дозою вапна, розрахованого за кислотно-основною буферністю (2,5 т/га), однак частка листя була найменшою (18 %), а суцвіття становило 8 %. Ця система удобрення в першому укосі сформувала найбільше стебел конюшини лучної і у другий рік досліджень (73 %) і у третій (72 %), проте відсоток листя в ці роки був вищим – 21 і 24 % відповідно, а суцвіття відповідно становило 6 % і 4 %.

Найбільшу частку листя конюшини лучної першого укосу у другий (25 %) і третій (29 %) рік досліджень зафіксовано на варіанті без удобрення.

Найбільшу частку суцвіть конюшини лучної першого укосу у другий і третій рік досліджень (аналогічно як у перший рік) зафіксовано на варіанті мінеральної системи (12 % і 6 % відповідно) та варіанті без удобрення (11 % і 6 % відповідно).

Залежно від систем удобрення та вапнування у короткоротаційній сівозміні в першому укосі частка стебел конюшини лучної становила 64–74 % в перший рік досліджень, 64–73 % – у другий і 65–73 % – у третій рік. В отаві, відповідно – 46–63 %, 63–73 % і 63–69 %. За період досліджень в першому укосі частка стебел конюшини лучної відповідно до систем удобрення і вапнування відрізнялась не суттєво.

Мало відрізнявся в перший і другий рік досліджень залежно від систем удобрення та вапнування і відсоток листя, частка якого в першому укосі становила 18–26 % і 19–25 %, а в отаві – 15–19 % і 14–20 % відповідно. У третій рік частка листя була більшою в першому і другому укосах і коливалась в межах 23–29 % і 19–24 % відповідно.

Відсоток суцвіть в конюшинному травостої першого укосу за період досліджень був невисоким і коливався в межах 6–11 % в перший рік досліджень, 5–12 % у другий і 3–7 % у третій. Однак, в отаві частка суцвіть зросла і коливалась в межах 20–36 %, 10–29 % і 8–14 % відповідно.

Отже, внесення мінеральних та органо-мінеральних добрив, а також різні дози вапна суттєво впливають на морфологічний склад конюшини лучної, змінюючи співвідношення стебел, листя та суцвіть упродовж років використання травостою.

3.4 Проходження продукційних процесів у конюшиних травостоях

Інтенсивність наростання надземної маси, а отже і продуктивність агрофітоценозів має пряму залежність від темпів проходження продукційних процесів у рослинах [192, 193, 194], які є сукупністю процесів утворення, нагромадження й трансформації органічної речовини, поглинання й проходження енергії через біоту екосистеми різних рівнів організації [75].

Основним фактором розвитку рослин і формування врожайності є фотосинтез, який лежить в основі продукційних процесів та суттєво залежить від багатьох ландшафтно-екологічних факторів (світло, температура, вода та поживні речовини в ґрунті). Фотосинтез і ріст розглядаються як взаємопов'язані процеси. Енергетичне забезпечення ростової функції з боку фотосинтезу є неодмінною умовою росту [76]. Продуктивність фотосинтезу рослин визначається двома головними показниками – сумарною площею листя (асиміляційною поверхнею) і інтенсивністю приросту сухої речовини в розрахунку на одиницю площі листя на добу. Чиста продуктивність фотосинтезу дає можливість визначити лімітуючі показники підвищення продуктивності травостою та встановити біологічний потенціал рослин. Для підрахунку кількості листя на певній території розроблено індекс листової поверхні, який є важливим показником для досліджень стану сільськогосподарських культур, оскільки листя є важливою частиною рослин і складає до 90 % від їх біомаси.

У наших дослідженнях індекс листової поверхні конюшини лучної вирощеної у короткоротаційній сівоzmіні був в межах 4,4–10,3 в першому укосі та 3,1–7,2 у другому (табл. 3.5). Зменшення частки листя в отаві сприяло зменшенню індексу листової поверхні.

Найнижчий індекс листової поверхні (ІЛП) на конюшинному травостої в середньому за два роки досліджень відмічено на варіанті без удобрення – 4,4 у першому укосі і 3,1 у другому.

**Індекс листової поверхні конюшини лучної, залежно від вапнування та
удобрення у короткоротаційній сівозміні (середнє 2023-2024 рр.)**

Удобрення на 1 га сівозмінної площі	2023		2024		Середнє 2023–2024	
	1 укіс	2 укіс	1 укіс	2 укіс	1 укіс	2 укіс
Без добрив (контроль)	3,7	3,0	5,1	3,2	4,4	3,1
1,0н CaCO ₃ за Нг	4,3	3,4	6,2	5,2	5,2	4,3
Органічні добрива	6,7	5,0	6,9	4,9	6,8	4,9
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	3,1	4,9	7,3	3,8	5,2	4,4
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1,0н CaCO ₃ за Нг	7,7	5,6	10,2	6,1	8,9	5,8
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1,0н CaCO ₃ за Нг + органічні добрива	5,8	2,6	12,0	7,4	8,9	5,0
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + оптим. CaCO ₃ (к.-осн. буф.) + органічні добрива	7,9	3,0	11,3	7,2	9,6	5,1
N ₃₀ P ₃₄ K ₃₄ + 1,0н CaCO ₃ за Нг + органічні добрива	7,6	5,9	12,0	7,7	9,8	6,8
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + 1,0н CaCO ₃ за Нг + органічні добрива	5,0	5,0	12,8	9,0	8,9	7,0
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + 1,5н CaCO ₃ за Нг	8,2	7,1	12,4	7,2	10,3	7,2
НІР ₀₅	0,44	0,21	0,45	0,54	0,49	0,33

Вапнування (1,0 н CaCO₃ за Нг), як і внесення самих мінеральних добрив, підвищили ІЛП до 5,2 в першому укосі та до 4,3 і 4,4, відповідно, у другому, а внесення самого гною – до 6,8 і 4,9. Мінеральна система удобрення на фоні вапнування з різними дозами добрив і вапна збільшили ІЛП. Найбільший ІЛП забезпечило внесення у сівозмінну площу по півтори дози мінеральних добрив і вапна – 10,3 у першому укосі і 7,2 у другому. Органо-мінеральна систем удобрення (N₆₅P₆₈K₆₈, 10 т гною на сівозмінну площу) на фоні вапнування 1,0 н CaCO₃ розрахованого за гідролітичною кислотністю та аналогічна система удобрення з дозою вапна розрахованого

за кислотно-основною буферністю утворили травостій з ІЛП 8,9–9,6 в першому укосі і 5,0–5,1 в другому укосі відповідно.

Найнижчі показники чистої продуктивності фотосинтезу у конюшиновому травостой зафіксовано на варіанті без удобрення 2,5 г сухої маси/м² за добу в першому укосі та 2,5 г сухої маси/м² за добу в другому (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

**Чиста продуктивність фотосинтезу конюшини лучної, залежно від
вапнування та удобрення у короткоротаційній сівозміні
(середнє 2023-2024 рр.)**

Удобрення на 1 га сівозмінної площі	2023		2024		Середнє 2023-2024 рр.	
	1 укіс	2 укіс	1 укіс	2 укіс	1 укіс	2 укіс
Без добрив (контроль)	2,7	2,7	2,3	2,4	2,5	2,5
1,0н СаСО ₃ за Нг	3,3	3,1	2,3	2,1	2,8	2,6
Органічні добрива	2,6	2,4	2,6	2,4	2,6	2,4
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	4,7	1,9	2,5	2,4	3,6	2,2
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1,0н СаСО ₃ за Нг	2,8	2,9	2,5	2,7	2,7	2,8
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1,0н СаСО ₃ за Нг + органічні добрива	3,7	6,7	2,4	2,4	3,0	4,6
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + оптим.СаСО ₃ (к.-осн.буф.) + органічні добрива	2,9	6,9	2,7	2,6	2,8	4,7
N ₃₀ P ₃₄ K ₃₄ + 1,0н СаСО ₃ за Нг + органічні добрива	3,1	3,4	2,3	2,3	2,7	2,8
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + 1,0н СаСО ₃ за Нг + органічні добрива	4,9	4,0	2,4	2,0	3,6	3,0
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + 1,5н СаСО ₃ за Нг	2,7	2,7	2,4	2,2	2,6	2,4
НІР ₀₅	0,19	0,21	0,18	0,17	0,13	0,14

Найвищі показники чистої продуктивності фотосинтезу у першому укосі – 3,6 г сухої маси/м² за добу відмічено на варіанті мінеральної (N₆₅P₆₈K₆₈) та органо-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування та

підвищених доз мінеральних добрив (10 т гною, $N_{105}P_{101}K_{101}$, 1,0 н $CaCO_3$ за Нг). У другому укосі найвищі показники чистої продуктивності фотосинтезу зафіксовано за орґано-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування кількістю вапна розрахованого за кислотно-основною буферністю та ідентичної системи удобрення з 1,0 н $CaCO_3$ за Нг – 4,7 і 4,6 г сухої маси/м² за добу.

Сильну кореляцію відмічено між чистою продуктивністю фотосинтезу та ГТК ($r=0,993$) у всіх системах удобрення, крім орґанічної, де коефіцієнт кореляції був негативним ($r= - 0,991$).

Розрахунковим методом визначено індекс листової поверхні конюшини лучної, вирощуваної у травосумішці із злаковими травами [195]. Встановлено, що без удобрення індекс листової поверхні становив лише 1,2 в першому укосі та 1,6 в другому. Ці показники майже втричі нижчі ніж за вирощування конюшини лучної у сівозміні, що свідчить про кращий розвиток листового апарату конюшини лучної за вирощування у сівозміні.

Таблиця 3.7

Індекс листкової поверхні та чиста продуктивність фотосинтезу конюшини лучної, вирощеної у травосумішці залежно від видів удобрення та використання *

Удобрення	Індекс листової поверхні		Чиста продуктивність фотосинтезу, г сухої маси/м ² за добу	
	1 укіс	2 укіс	1 укіс	2 укіс
Без добрив (контроль)	1,2	1,6	1,9	1,6
$P_{60}K_{90}$ – Фон (Ф)	2,5	2,6	2,0	3,0
Ф + екостим	4,4	4,1	1,1	1,8
Ф + екостим + вапно	5,4	5,1	1,2	1,7
Ф + ризобофіт	5,4	7,1	1,4	1,3

*Примітка: визначено розрахунковим методом з даних отриманих у попередніх дослідженнях проведених у Інституті сільського господарства Карпатського регіону НААН у 2011–2015 рр. *.

За застосування вапна в дозі 6 т/га та проведення інокуляції індекс листової поверхні конюшини лучної у травосумішці становив 5,4 в першому укосі та 5,1 у другому. Ці показники дещо вищі ніж за внесення вапна у короткоротайній сіозміні. Це, в деякій мірі, зумовлено проведенням інокуляції. Однак, при вирощуванні конюшини лучної у сівозміні за всівання під покрив ячменю ярого чиста продуктивність фотосинтезу була значно вищою. Зокрема, при порівнянні тих же травостоїв із використанням вапна, за одновидового посіву конюшини лучної у травосумішці чиста продуктивність фотосинтезу 2,8 г сухої маси/м² за добу в першому укосі та 2,6 г сухої маси/м² за добу в отаві, а за вирощування її у бобово-злаковій травосумішці 1,2 та 1,7 г сухої маси/м² за добу відповідно. Це у свою чергу суттєво вплинуло на урожайність травостоїв.

Отже, конюшина лучна у сівозміні мала значно вищий індекс листової поверхні та чисту продуктивність фотосинтезу порівняно з травосумішкою. Це пояснюється кращими умовами росту, більш ефективним використанням ресурсів та сприятливим впливом покривної культури (ячменю ярого).

Висновки до розділу:

1. Найвищий відсоток конюшини лучної (84 %) в першому укосі забезпечує сумісне внесення у сівозміні N₁₀₅P₁₀₁K₁₀₁ та 1,5 н СаСО₃ за Нг (9 т/га) за дві ротації.

2. Органічна система удобрення (10 т гною на 1 га сівозмінної площі) та вапнування 1,0 н СаСО₃ за Нг (6 т/га раз у дві ротації) мають позитивний вплив на частку конюшини лучної (по 82 %). Система сумісного застосування мінеральних (N₆₅P₆₈K₆₈) та органічних (10 т/га гною) добрив з вапнуванням (2,5 т/га вапна, розрахованого за кислотно-основною буферністю) забезпечила 81 % бобового компоненту.

3. Найнижча частка конюшини лучної у травостої (65 %) зафіксована за мінеральної системи удобрення (N₆₅P₆₈K₆₈) та без удобрення.

4. Найвищу щільність травостою (1171 шт./м²) у першому укосі спостерігали за мінеральної системи удобрення, проте кількість пагонів конюшини лучної тут була найменшою (300 шт./м²).

5. Найбільшу кількість пагонів конюшини лучної (426 шт./м² в першому укосі та 388 шт./м² у другому) відмічено у варіанті за внесення N₁₀₅P₁₀₁K₁₀₁ на фоні вапнування 9 т/га CaCO₃.

6. Другий укос характеризувався меншою щільністю травостою ніж перший, однак частка конюшини лучної у всіх варіантах удобрення як і у варіанті без удобрення була високою (93–97 %), оскільки несіяні злакові трави і різнотрав'я випали з травостою.

7. У структурі конюшини лучної, як у першому так і другому укосах, переважали стебла, їх частка залежно від удобрення коливалася в межах 64–73 % в першому укосі та 56–67 % у другому.

8. Найвищий відсоток листя конюшини лучної, вирощеної у короткоротаційній сівозміні у першому (26 %) і другому (21 %) укосі, отримано у варіанті із застосуванням вапнування (за внесення у сівозміні 1,0 н CaCO₃, розрахованого за гідролітичною кислотністю (6 т/га раз у дві ротації). На варіанті без удобрення у першому укосі частка листя конюшини лучної теж була найвищою (26 %).

Результати досліджень опубліковані в наукових працях:

1. Панахид Г. Я., Козак Н. І., Сендецький В. М. Залежність продукційних процесів конюшини лучної від технологічних елементів. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2022. Вип. 71 (2). С. 39–51 [195].

2. Козак Н. І. Продуктивність травостою конюшини лучної залежно від системи удобрення у короткоротаційній сівозміні *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2024. Вип. 76 (1). С. 72–84 [196].

3. Козак Н. І. Ботанічний склад конюшини лучної за вирощування у короткоротаційній сівозміні. *Лучні агрофітоценози: інноваційні аспекти раціонального використання в мовах євроінтеграції* : матеріали Всеукр.

наук.-практ. конф. (с. Оброшине, 5 червня 2024 р.). Оброшине, 2024. С. 42–44 [197].

4. Козак Н. І. Щільність травостою конюшини лучної в короткоротаційній сівозміні. *Актуальні проблеми агропромислового виробництва України: виклики і шляхи розвитку в умовах війни і повоєнної відбудови* : матеріали XII Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених (с. Оброшине, 23 листопада 2023 р.). Львів-Оброшине, 2023. С. 48–49 [198].

РОЗДІЛ 4

ПРОДУКТИВНІСТЬ ТРАВСТОЮ КОНЮШИНИ ЛУЧНОЇ У КОРОТКОРОТАЦІЙНІЙ СІВОЗМІНІ

4.1 Урожайність травостою конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні

Одним із основних показників, що визначають ефективність вирощування сільськогосподарських культур є урожайність. Регулярне внесення добрив та періодичне вапнування сприяють покращенню живлення рослин і фізико-хімічних властивостей ґрунту, що передусім пов'язано зі зниженням кислотності ґрунтового розчину. Це дає змогу отримувати високі й стабільні врожаї сільськогосподарських культур, зокрема конюшини лучної, на ясно-сірих опідзолених ґрунтах. У західних регіонах України, де рівень зволоженості ґрунту достатній, ефективність добрив є особливо високою. Доведено, що урожайність конюшини лучної залежить від систем удобрення, які забезпечують доступність поживних елементів для рослин [199, 200, 201].

Дослідженнями багатьох науковців встановлено, що продуктивність бобово-злакових травостоїв залежить від кількості бобових у травостої, які здатні підвищувати врожайність травостоїв, і, одночасно, є високоякісним кормом у тваринництві і фактором, що зменшує застосування азотних добрив із збереженням врожайності [202, 203, 204, 205, 206].

Науковцями зафіксовано, що продуктивність сіяних ценозів при включенні до складу травосумішок бобових культур при безазотному удобренні, в порівнянні із злаковим травостоєм, забезпечує в середньому більший вихід сухої речовини на 4,0–7,8 т/га, кормових одиниць – на 3,8–6,4; сирого протеїну – на 0,8–0,5 т/га, обмінної енергії – на 35,5–66,8 ГДж/га [207].

У наших дослідженнях найнижчий врожай зеленої маси конюшини лучної в середньому за три роки – 23,7 т/га на контролі без добрив. За мінеральної системи удобрення врожайність зеленої маси становить 35,1 т/га. Система вапнування (1,0 н CaCO_3 за Нг) сформувала 36,4 т/га зеленої маси, а органічна система удобрення (внесення за ротацію 10 т гною на гектар сівозмінної площі) забезпечила вищий врожай – 43,5 т/га. Найвищий врожай конюшини лучної – 70,9 т/га отримано у варіанті орґано-мінеральної системи удобрення з внесенням у сівозміні $\text{N}_{105}\text{P}_{101}\text{K}_{101} + 10$ т/га гною на фоні вапнування 1,0 н CaCO_3 за Нг (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

**Урожайність зеленої маси конюшини лучної у короткоротаційній
сівозміні, залежно від систем удобрення і вапнування,
середнє за 2022-2024 рр., т/га**

Удобрєння на 1 га сівозмінної площі	Урожайність зеленої маси, т/га			
	2022 р.	2023 р.	2024 р.	середнє
Без добрив (контроль)	19,9	25	26,3	23,7
1,0н CaCO_3 за Нг	33,2	37,6	38,5	36,4
Органічні добрива	38,4	45,5	46,7	43,5
$\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$	31,7	36,2	37,4	35,1
$\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68} + 1,0\text{н } \text{CaCO}_3$ за Нг	46,3	53,2	55,9	51,8
$\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68} + 1,0\text{н } \text{CaCO}_3$ за Нг + органічні добрива	53,1	61,5	64,4	59,7
$\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68} + \text{оптим. } \text{CaCO}_3$ (к.-осн.буф.) + органічні добрива	53,2	72,9	73,5	66,5
$\text{N}_{30}\text{P}_{34}\text{K}_{34} + 1,0\text{н } \text{CaCO}_3$ за Нг + органічні добрива	51,3	70,2	71,1	64,2
$\text{N}_{105}\text{P}_{101}\text{K}_{101} + 1,0\text{н } \text{CaCO}_3$ за Нг + органічні добрива	65,0	72,2	75,3	70,9
$\text{N}_{105}\text{P}_{101}\text{K}_{101} + 1,5\text{н } \text{CaCO}_3$ за Нг	49,6	59,9	64,4	58,0
НІР ₀₅	0,635	0,441	0,975	0,456
НІР ₀₁	0,875	0,654	1,047	0,645
Частка впливу фактору удобрення, %	98	99	97	99

Сумісне внесення у сівозміні мінеральних добрив у дозі $N_{65}P_{68}K_{68}$, 10 т/га гною, 1,0 н вапна за Нг та ідентична система удобрення з внесенням вапна за рН-буферністю (2,5 т/га) сформували відповідно 59,7–66,5 т/га зеленої маси конюшини лучної.

Органо-мінеральна система удобрення з внесенням у сівозміні пів норми мінеральних добрив $N_{30}P_{34}K_{34} + 1,0$ н $CaCO_3$ за Нг та 10 т/га гною сформувала достатньо високий врожай – 64,2 т/га зеленої маси, а мінеральна система удобрення з внесенням у сівозміні 1,5 дози NPK на фоні вапнування 1,5 н $CaCO_3$ за Нг (9 т/га) сформувала всього 58,0 т/га врожаю зеленої маси. Це свідчить про недоцільність внесення на ясно-сірому лісовому поверхнево оглеєному ґрунті високих доз вапна, розрахованих за гідролітичною кислотністю. Адже, в умовах промивного водного режиму внесення високих доз вапна неминуче супроводжується значним вимиванням іонів кальцію, що погіршує агроєкологічні властивості ґрунту та охорону довкілля.

Вихід сухої маси по варіантах дослідів ідентичний за величиною до зібраного врожаю. В середньому за три роки найнижче надходження сухої маси конюшини лучної 4,6 т/га – у варіанті контролю без добрив (табл. 4.2).

Найвищий вихід сухої маси 12,6 т/га (в середньому за три роки досліджень) отримано у варіанті органо-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування з внесенням у сівозміні півтори дози NPK, 10 т/га гною і 1,0 н $CaCO_3$ за Нг. У варіантах органо-мінерального удобрення з внесенням $N_{65}P_{68}K_{68}$ і 10 т/га гною на фоні вапнування за гідролітичною кислотністю та за рН-буферністю вихід сухої маси становить відповідно 11,3–11,9 т/га, що забезпечило 6,7–7,3 т/га приросту до контролю.

Вапнування в дозі 6 т/га раз у дві ротації сівозміни забезпечує 2 т/га приросту сухої маси конюшини лучної в порівнянні із неудобреним варіантом. За мінерального удобрення приріст становив 2,3 т/га сухої маси, а за органічної системи удобрення – 3,4 т/га сухої маси.

**Нагромадження сухої маси конюшини лучної у короткоротаційній
сівозміні залежно від систем удобрення і вапнування,
середнє за 2022-2024 рр., т/га**

Удобрєння на 1 га сівозмінної площі	Вихід сухої маси, т/га				Приріст сухої маси до контролю	
	2022 р.	2023 р.	2024 р.	серед нє	т/га	%
Без добрив (контроль)	3,4	5,0	5,4	4,6		
1,0н CaCO ₃ за НГ	6,3	6,7	6,9	6,6	2,0	44
Органічні добрива	7,8	8,0	8,2	8,0	3,4	74
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	6,7	6,5	7,6	6,9	2,3	50
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1,0н CaCO ₃ за НГ	9,2	10,4	11,5	10,3	5,8	125
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1,0н CaCO ₃ за НГ + органічні добрива	10,3	10,7	13,0	11,3	6,7	147
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + оптим. CaCO ₃ (к.-осн.буф.) +органічні добрива	10,1	12,2	13,4	11,9	7,3	158
N ₃₀ P ₃₄ K ₃₄ + 1,0н CaCO ₃ за НГ + органічні добрива	7,6	12,0	12,3	10,6	6,0	131
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + 1,0н CaCO ₃ за НГ + органічні добрива	12,1	12,3	13,4	12,6	8,0	174
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + 1,5н CaCO ₃ за НГ	10,1	11,4	12,5	11,3	6,7	146
НІР ₀₅	0,647	0,448	0,984	0,470		
НІР ₀₁	0,886	0,614	1,348	0,630		
Частка впливу фактору удобрєння, %	98	99	97	99		

Дані статистичного аналізу свідчать, що урожайність сухої маси в середньому за три роки досліджень на 99 % залежала від системи удобрення сівозмінної площі. За роками цей показник коливався від 97 до 99 %.

Згідно даних кореляційного аналізу найбільший вплив мало застосування органо-мінеральних систем удобрення в поєднанні із

вапнуванням, де коефіцієнт кореляції становив 0,892, а коефіцієнт детермінації 80 % (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Кореляція між урожайністю сухої маси травостою конюшини лучної та системами удобрення та вапнування у сівозміні, середнє за 2022-2024 рр.

Система удобрення в сівозміні	Коефіцієнт кореляції, r	Коефіцієнт детермінації, d %	Рівняння регресії
Вапнування	0,673	45	$Y=0,001X+7,06$
Органічна	0,572	33	$Y=0,001X+7,96$
Мінеральна (NPK)	0,768	59	$Y=0,017X+6,81$
Органо-мінеральна	0,892	80	$Y=0,001X+5,52$

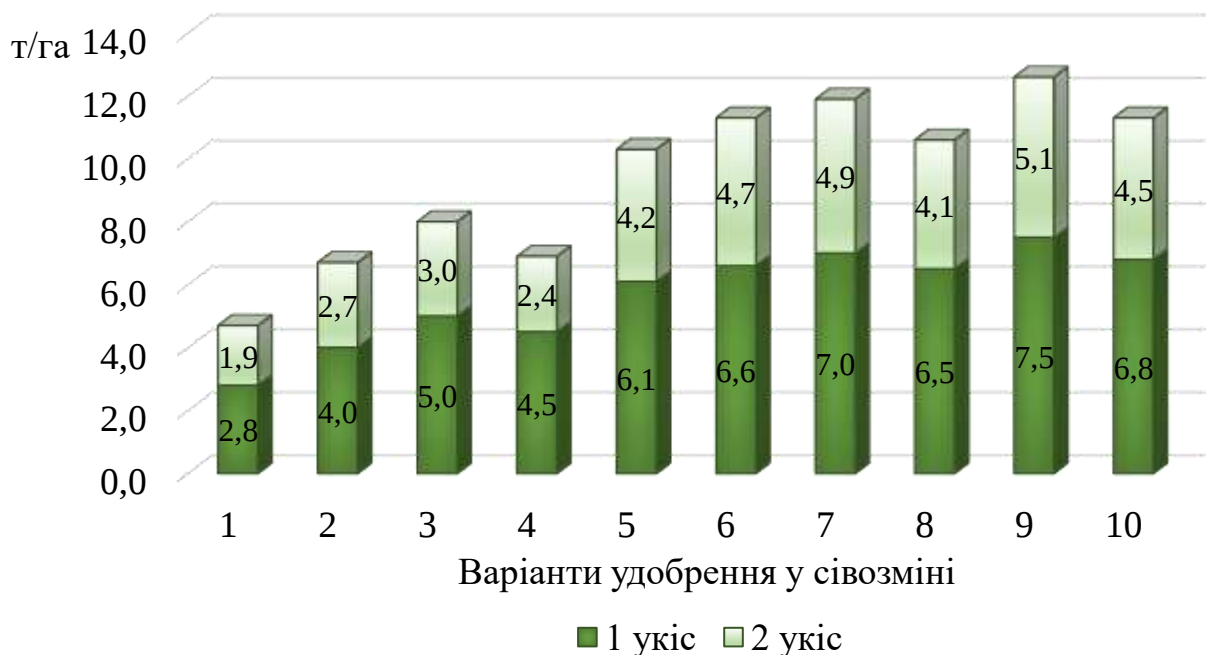
Сильну кореляцію зафіксовано також між урожайністю сухої маси та мінеральною системою удобрення, $r = 0,768$, коефіцієнт детермінації – 59 %.

Між вапнуванням, органічною системою удобрення та виходом сухої маси кореляційні зв'язки були середніми – $r = 0,673$ (вапнування) та $r = 0,572$ (органічна система удобрення); відповідно вихід сухої маси на 45 % залежав від вапнування та на 33 % від органічних добрив.

Велике значення для кормовиробництва має надходження сухої маси за укосами, оскільки воно визначає кількість і якість кормів, які можна заготовити протягом сезону. Від кількості укосів залежить можливість отримання максимальної кількості корму з одиниці площі. Різні строки укосів дають змогу розподілити заготівлю кормів у часі, що знижує ризики дефіциту. Ранні укоси дають більш поживний корм із вищим вмістом білка, тоді як пізні можуть мати більше клітковини, що впливає на засвоюваність та перетравність корму. Правильне планування укосів допомагає підтримувати здоров'я і продуктивність рослин, забезпечуючи їх регенерацію. Таким

чином, контроль за надходженням сухої маси за укосами дозволяє ефективніше управляти кормовими ресурсами, оптимізувати зберігання та підвищити продуктивність тваринництва.

У наших дослідженнях, при двохукісному використанні травостою конюшини лучної, в середньому за три роки, більшу частину урожаю отримано у першому укосі – її частка становила від 59 до 66 % (2,8–7,5 т/га), а у другому – 37–41 % (1,9–5,1 т/га) (рис. 4.1, додаток Ж).



*Примітка: 1 – без добрив; 2 – 1,0н CaCO_3 за Нг; 3 – органічні добрива; 4 – $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$; 5 – $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$ + 1,0н CaCO_3 за Нг; 6 – $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$ + 1,0н CaCO_3 за Нг + органічні добрива; 7 – $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$ + оптим. CaCO_3 (к.-осн.буф.) + органічні добрива; 8 – $\text{N}_{30}\text{P}_{34}\text{K}_{34}$ + 1,0н CaCO_3 за Нг + органічні добрива; 9 – $\text{N}_{105}\text{P}_{101}\text{K}_{101}$ + 1,0н CaCO_3 за Нг + органічні добрива; 10 – $\text{N}_{105}\text{P}_{101}\text{K}_{101}$ + 1,5н CaCO_3 за Нг.

Рис. 4.1 – Надходження сухої маси конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні залежно від вапнування та удобрення попередніх культур, середнє за 2022–2024 рр., т/га

Урожайність сухої маси першого укосу, залежно від системи удобрення та вапнування, коливалася в межах від 2,8 (без удобрення) до 7,5 (за органо-мінеральної системи удобрення, яка включала вапнування в дозі 6 т/га раз у дві ротації, $\text{N}_{105}\text{P}_{101}\text{K}_{101}$ та органічні добрива в дозі 10 т на 1 га сівозмінної площі). За застосування органічних добрив урожайність першого укосу

становила 5,0 т/га, що 1 т/га перевищувало урожайність за застосування лише вапнування та на 0,5 т/га сухої маси за використання мінеральних добрив.

Помітний вплив на урожайність сухої маси як першого так і другого укосу мала кількість внесеного вапна. Так, за органо-мінеральної системи удобрення за внесення 6 т/га CaCO_3 раз у дві ротації, як у першому, так і другому укосі, вихід сухої маси був на 0,4 та 0,2 т/га меншим, ніж за такого ж удобрення, але із внесенням вапна в нормі 2,5 т/га раз у ротацію.

Слід відмітити, що у першому укосі зменшення дози мінеральних добрив не сильно вплинуло на урожайність сухої маси – за $\text{N}_{30}\text{P}_{34}\text{K}_{34}$ в органо-мінеральній системі удобрення на фоні вапнування вихід сухої маси першого укосу був на 0,1 т/га меншим, ніж за такої ж системи удобрення з дозою $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$. Однак, у другому укосі за меншої дози мінеральних добрив урожайність знизилася на 0,4 т/га.

Отже, урожайність сухої маси конюшини лучної, вирощеної у короткоротаційній сівоzmіні, на 99 % залежить від системи удобрення та вапнування у сівоzmіні і найвищі її показники (12,6 т/га сухої маси: 7,5 т/га в першому укосі та 5,1 т/га в другому) отримано за органо-мінеральної системи удобрення із внесенням 6 т/га вапна раз у дві ротації, $\text{N}_{105}\text{P}_{101}\text{K}_{101}$ та 10 т/га гною.

4.2 Кормова продуктивність конюшини лучної у короткоротаційній сівоzmіні

Конюшина лучна є однією з найпоширеніших бобових культур у світі поряд з люцерною посівною, лядвенцем рогатим, буркуном, еспарцетом та ін. [208, 209, 210, 211]. Поряд з іншими бобовими вона займає важливе значення у кормовиробництві. Це високоврожайна культура. Корми, до складу яких входить конюшина лучна (та інші бобові), багаті на білок, вітаміни, мінеральні речовини, мають добру засвоюваність та перетравність [212]. Їх використовують для годівлі всіх видів тварин [213, 214, 215], і вони

не є енергозатратними. За даними Передкарпатського відділу наукових досліджень Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН багаторічні бобові трави за енергоємністю переважають однорічні трави й пшеницю озиму (1 т кормових одиниць – у 2,6 рази, а 1 т перетравного протеїну – у 2,8 рази) [66].

У наших дослідженнях кормова продуктивність конюшини лучної, вирощеної у короткоротаційній сівозміні, становила 3,17–10,15 т/га кормових одиниць та 0,37–1,18 т/га перетравного протеїну, в залежності від вапнування та удобрення інших культур у сівозміні (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

Вихід кормових одиниць і перетравного протеїну в кормі конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні залежно від удобрення попередніх культур, середнє за 2023-2024 рр., т/га

Удобрєння на 1га сївозмїнної площї	Вихїд					
	Кормових одиниць			Перетравного протеїну		
	I укїс	II укїс	Всього за сезон	I укїс	II укїс	Всього за сезон
Без добрив (контроль)	1,91	1,26	3,17	0,19	0,18	0,37
1,0н СаСО ₃ за Нг	3,26	2,16	5,42	0,30	0,29	0,60
Органїчні добрива	4,07	2,40	6,48	0,41	0,33	0,73
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	3,69	1,92	5,61	0,33	0,25	0,58
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1,0н СаСО ₃ за Нг	4,94	3,39	8,32	0,56	0,45	1,00
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1,0н СаСО ₃ за Нг + органїчні добрива	5,66	3,72	9,38	0,51	0,54	1,05
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + оптим. СаСО ₃ (к.-осн.буф.) + +органїчні добрива	5,72	4,22	9,94	0,61	0,55	1,16
N ₃₀ P ₃₄ K ₃₄ + 1,0н СаСО ₃ за Нг + органїчні добрива	5,21	3,29	8,50	0,57	0,46	1,04
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + 1,0н СаСО ₃ за Нг + органїчні добрива	6,11	4,04	10,15	0,62	0,55	1,18
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + 1,5н СаСО ₃ за Нг	5,83	3,63	9,47	0,58	0,50	1,08

Продуктивність конюшини лучної без застосування будь якого виду удобрення та вапнування у сівозміні становила 3,17 т/га кормових одиниць та 0,37 т/га перетравного протеїну. Внесення вапна сприяло збільшенню виходу кормових одиниць з 1 га на 71 %, а перетравного протеїну на 61 %, використання органічних добрив збільшило ці показники на 105 та 99 % відповідно, а мінеральне удобрення на 77 та 58 %.

Помітне збільшення кормової продуктивності порівняно із неудобреним варіантом сівозміні зафіксовано за застосування органо-мінельних систем удорення. Залежно від доз мінеральних добрив та норм вапна вихід кормових одиниць коливався в межах від 8,5 т/га до 10,15 т/га, а перетравного протеїну від 1,05 до 1,18 т/га. Найнижчі показники кормової продуктивності за органо-мінеральної системи удобрення відмічена за внесення на 1 га сівозмінної площі знижених на половину доз мінеральних добрив ($N_{30}P_{34}K_{34}$), а найвищі – за підвищених доз мінеральних добрив ($N_{105}P_{101}K_{101}$), що вказує на пряму залежність кормової продуктивності від мінерального удобрення.

Важливим фактором впливу на кормову продуктивність конюшини лучної є норми вапнування. При порівнянні органо-мінеральних систем удобрення ($N_{65}P_{68}K_{68} + 10$ т/га гною + вапно) за яких норму вапна розраховували за різними методами, встановлено перевагу розрахунку за кислотно-основною буферністю, яка передбачає внесення 2,5 т/га раз у ротацію в порівнянні із розрахунком за гідролітичною кислотністю (6 т/га раз у дві ротації), оскільки за внесення 2,5 т/га вапна раз у ротацію вихід кормових одиниць був на 0,56 т/га вищим, а вихід перетравного протеїну був на 0,11 т/га вищим. Слід зазначити що ці показники були вищими ніж отримані за підвищених доз мінеральних добрив та вапнування ($N_{105}P_{101}K_{101} + 9$ т/га раз у дві ротації).

Вихід кормових одиниць з травостою конюшини лучної, вирощеного у короткоротаційній сівозміні, в першому укосі значно (в 1,5–1,9 рази) переважав отаву. Найбільш відчутною є ця різниця за мінеральної системи удобрення – у другому укосі вихід кормових одиниць зменшився в 1,9 рази, і

становив лише 1,92 т/га, в той час як у першому укосі отримано 3,69 т/га кормових одиниць. Найбільш вирівняною за укосами кормова продуктивність конюшинового травостою зафіксована за органо-мінеральної системи удобрення із внесенням 2,5 т/га вапна раз у ротацію – вихід кормових одиниць у першому укосі становив 5,72 т/га, а у другому 4,22 т/га. Варто відмітити, що це найвищий показник виходу кормових одиниць серед усіх досліджуваних систем удобрення у другому укосі.

Отже, вирощування конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні на ясно-сірих лісових поверхнево-оглеєних ґрунтах Західного Лісостепу дозволяє отримати 10,15 т/га кормових одиниць та 1,18 т/га перетравного протеїну.

4.3 Агрохімічні властивості ясно-сірого лісового поверхнево-оглеєного ґрунту залежно від різних доз добрив і вапна під конюшиною лучною

В умовах Західного Лісостепу України поряд із достатньою вологозабезпеченістю рівень врожаю сільськогосподарських культур визначається рядом факторів, серед яких важливе значення має вміст у ґрунті доступних форм поживних речовин.

У більшості ґрунтів запаси поживних речовин порівняно із потребою у них рослин досить великі, водночас, їх не вистачає навіть на родючих ґрунтах. Пояснюється це тим, що лише незначна частина поживних речовин ґрунту доступна для рослин.

Основний запас поживних речовин ґрунт містить у вигляді органічних і важкорозчинних мінеральних сполук. Завдання удобрення ґрунту – створити у ґрунті сприятливі умови для перетворення недоступних речовин у доступні форми.

Сільськогосподарські культури використовують елементи живлення як із ґрунту, так із добрив. Внесенням добрив зменшується або усувається дефіцит елементів, яких не достатньо для оптимального забезпечення рослин.

Нестачу або надлишок елементів живлення, як правило, визначають за вмістом у ґрунті їх рухомих форм.

Проведені дослідження показали, що в зоні Західного Лісостепу, яка характеризується періодично промивним водним режимом, особливе значення у формуванні величини врожаю конюшини має вміст у ґрунті доступних форм азоту, що складаються з мінеральних та легкогідролізованих сполук, які є резервом поповнення мінеральних форм NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , амідів і амінокислот.

Однак, слід врахувати і те, що поряд із накопиченням сполук азоту зростають кислотність і вміст сполук рухомого алюмінію. Відомо, що для активного засвоєння ґрунтового азоту рослинами і включення його в процеси синтезу білка і нагромадження вегетативної маси першочергове значення мають ферментні системи, що їх каталізують мікроелементи. Систематичне внесення мінеральних добрив, підкислюючи ґрунт, блокують активність ферментних систем, знижуючи тим самим процеси поглинання та трансформації поживних речовин. Як наслідок, врожаї конюшини є на рівні контролю без добрив.

Для нормального проходження фаз розвитку рослин необхідна добра забезпеченість фосфором. Дослідження показали тісний зв'язок між вмістом рухомого фосфору у ґрунті та системою застосування добрив.

Систематичне застосування добрив призводить до поступового збагачення ґрунту рухомими сполуками фосфору в зв'язку з малою рухомістю його в ґрунті та низьким ступенем його використання з добрив на формування врожаю.

Дослідження в умовах стаціонарного досліду показують, що систематичне застосування добрив і вапна мають значний вплив на вміст у ґрунті легкодоступних форм фосфатів (I+II групи за Чиріковим).

Калій бере участь у всіх обмінних реакціях, активізує переміщення вуглеводів із вегетативних органів в репродуктивні, послаблює негативну дію надлишкового азотного живлення, сприяє кращому фотосинтезу. В зоні

промивного водного режиму калійні добрива дуже швидко вимиваються із верхньої частини профілю і акумулюються у нижньому горизонті.

Конюшина лучна завдяки сильно розвиненій кореневій системі здатна переміщати калій з нижніх горизонтів у оброблюваний шар ґрунту [216].

У ґрунті калій знаходиться у сполуках, які відрізняються між собою за доступністю їх рослинам. Проте, основною формою, яка характеризує родючість ґрунту за відношенням до цього елемента, вважається обмінний калій, який є безпосереднім джерелом живлення рослин [217].

Проведені трьохрічні дослідження показали, що в умовах ясно-сірого лісового ґрунту вміст легкогідролізного азоту, рухомого фосфору та обмінного калію в полі конюшини лучної змінюється залежно від рівнів удобрення сівозміни та фаз вегетації рослин (табл. 4.5, Додаток 3.1, 3.2).

Дослідженнями встановлено, що на варіанті контролю (без добрив) спостерігається найнижчий вміст доступних форм поживних елементів. На початку вегетації ґрунт у шарі 0–20 см містив: 96,3 мг/кг легкогідролізованого азоту (N), 37,0 мг/кг рухомого фосфору (P) і 47,1 мг/кг обмінного калію (K). На кінець вегетації показники знизилися до 85,9; 31,5; 37,4 мг/кг ґрунту відповідно, внаслідок винесення поживних речовин з урожаєм. Через відсутність підживлення, рослини використовували природні запаси з ґрунту, що призводить до значного його виснаження. У верхньому орному шарі спостерігаються втрати понад 10 % азоту (10,4 мг/кг) і 15 % фосфору (5,5 мг/кг), рівень обмінного калію знизився майже на 20 %, тобто на 9,7 мг/кг.

Як відомо нейтралізація кислотності сама по собі є причиною покращення родючості кислих ґрунтів, звільняючи наявні в ньому живильні елементи більш доступними для культур вирощування. Система вапнування, яка передбачає періодичне внесення на ясно-сірих лісових поверхнево-оглеєних ґрунтах 1,0 н CaCO_3 за Нг, дещо підвищила забезпеченість ґрунту поживними елементами порівняно з контролем, а саме: вміст азоту на початку вегетації рослин конюшини лучної становив – 100,8 мг/кг ґрунту,

фосфору – 40,7 мг/кг і калію – 48,9 мг/кг. За вегетацію ці показники незначно знизилися (N до 91,5; P до 36,7; K до 43,6 мг/кг ґрунту) (табл. 4.5).

Таблиця 4.5

**Вміст доступних форм поживних елементів у ясно-сірому лісовому
поверхнево-оглеєному ґрунті залежно від різних доз добрив і вапна під
конюшиною лучною, середнє за 2022-2024 рр.**

Удобрєння на 1 га сївозмїнної площї	Шар ґрунту, см	Азот легкогїдролїзова- ний, мг/кг		Фосфор рухомий, мг/кг		Калїй обмїнний, мг/кг	
		початок вегетацїї	кїнець вегетацїї	початок вегетацїї	кїнець вегетацїї	початок вегетацїї	кїнець вегетацїї
Без добрив (контроль)	0-20	96,3	85,9	37,0	31,5	47,1	37,4
	20-35	88,0	81,8	34,2	27,7	33,8	32,5
1,0н CaCO ₃ за Нг	0-20	100,8	91,5	40,7	36,7	48,9	43,6
	20-35	92,1	88,9	38,2	34,3	41,2	32,5
Органїчні добрива	0-20	103,4	96,9	51,3	44,8	62,0	49,4
	20-35	98,9	92,5	46,5	40,5	45,6	42,2
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	0-20	106,5	96,3	168,7	145,3	113,2	102,3
	20-35	96,4	91,5	150,5	122,8	108,4	93,4
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1,0н CaCO ₃ за Нг	0-20	105,3	101,8	175,7	157,3	123,2	111,1
	20-35	98,5	94,5	143,5	131,7	107,5	94,2
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1,0н CaCO ₃ за Нг + орг. добрива	0-20	112,0	100,5	170,5	149,2	182,9	148,3
	20-35	99,3	94,8	145,5	135,8	151,5	130,9
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + опт. CaCO ₃ (к.-осн.буф.) + орг. добрива	0-20	113,1	106,2	161,8	147,2	165,8	148,5
	20-35	100,5	95,0	143,3	134,7	136,5	126,2
N ₃₀ P ₃₄ K ₃₄ + 1,0н CaCO ₃ за Нг + органїчні добрива	0-20	108,4	100,4	161,2	131,5	133,0	112,4
	20-35	98,7	95,2	128,3	113,5	113,7	94,1
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + 1,0н CaCO ₃ за Нг + орг. добрива	0-20	113,6	108,3	197,3	178,8	189,7	156,3
	20-35	101,4	101,1	167,7	155,3	154,6	140,2
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + 1,5н CaCO ₃ за Нг	0-20	108,9	104,4	202,2	188,3	150,9	128,2
	20-35	99,0	97,0	171,3	150,3	114,6	96,6

Це свїдчить, що вапно розблоковує частину наявних у ґрунті резервїв для живлення. Тому, наприкінцї вегетацїї варїант системи вапнування все ще

утримував дещо більше N і P, ніж контроль, проте обмінний калій у шарі 20–35 см знизився до близьких значень на контролі (табл. 4.5).

За органічної системи удобрення (10 т/га сівозмінної площі гною) на початку вегетації конюшини лучної вміст легкодоступних елементів в ґрунті є також вищий, ніж на контролі (особливо рухомого фосфору і обмінного калію, які зростають на 38 % і 32 % відповідно). Це робить ґрунт ще більш забезпеченим для живлення і росту конюшини лучної. За період вегетації частина цього запасу використовується рослинами, але навіть наприкінці вегетації, за органічної системи удобрення спостерігається вищий рівень NPK у ґрунті ніж на неудобреному варіанті. Ефективність застосування на досліджуваному ґрунті 10 т/га гною у сівозміні проявляється у підвищенні в ньому азоту до 103,4 мг/кг, фосфору до 51,3 мг/кг і калію до 62,0 мг/кг ґрунту. Отже, гній покращує забезпеченість ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту поживними елементами, але їхню значну частину, особливо обмінний калій (~20 %) рослини використали. Це підтверджує високу ефективність застосування органічних добрив у сівозміні для підтримання родючості ґрунту в полі конюшини лучної, хоча для максимального урожаю самих органічних добрив недостатньо.

Застосування у сівозміні лише мінеральних добрив у дозі $N_{65}P_{68}K_{68}$, свідчить про помітне підвищення вмісту рухомого фосфору (168,7 мг/кг ґрунту) та калію (113,2 мг/кг ґрунту) у верхньому шарі, а також про зростання в ньому легкогідролізованого азоту (до 106,5 мг/кг ґрунту).

Сумісне внесення мінеральних добрив і вапнування ($N_{65}P_{68}K_{68} + 1,0$ н $CaCO_3$ за Нг) підвищили вміст рухомого фосфору до 175,7 мг/кг ґрунту, обмінного калію до 123,2 мг/кг ґрунту, хоч і не дало переваги по вмісту азоту (105,3 мг/кг), а підвищення доз мінеральних добрив і вапна до $N_{105}P_{101}K_{101}$ на фоні 1,5 н вапна за Нг зумовило підвищення вмісту цих елементів до високого рівня забезпеченості (202,2–150,9 мг/кг ґрунту відповідно), а вміст азоту при цьому підвищився лише до 108,9 мг/кг ґрунту.

Частину цих елементів конюшина інтенсивно використала, проте в кінці вегетації рівень забезпечення ґрунту NPK залишався значно вищим ніж на контролі без добрив. Це свідчить про необхідність внесення на бідних ясно-сірих лісових ґрунтах мінеральних добрив на фоні вапнування з метою нейтралізації кислотності, що сприяє збереженню вмісту поживних елементів ґрунту (особливо фосфору) та створює кращі умови для росту і розвитку конюшини лучної.

Застосування органо-мінеральної системи удобрення із внесенням у сівозмінну площу повної дози $N_{65}P_{68}K_{68}$, 10 т/га гною на фоні вапнування 1,0 н $CaCO_3$ за Нг та аналогічної системи удобрення на фоні вапнування оптимальною дозою вапна, розрахованого за рН-буферністю, покращило забезпечення ґрунту основними поживними речовинами в полі конюшини лучної: підвищило вміст N, сприяло накопиченню вмісту P і K у ґрунті на початку росту конюшини лучної. Ці системи удобрення створили максимально сприятливий поживний режим у верхньому шарі ґрунту, а саме: 112,0–113,1 мг/кг азоту, 170,5–161,8 мг/кг фосфору та 182,9–165,8 мг/кг ґрунту обмінного калію відповідно. За таких умов конюшина формує високий урожай, інтенсивно споживаючи всі необхідні елементи. Попри значний виніс, наприкінці вегетації ґрунт у шарі 0–20 см все ще мав високі рівні N, P та K (близько 100,5–106,2 мг/кг N, 149,2–147,2 мг/кг P, 148,3–148,5 мг/кг K), а в підорному шарі кількість фосфору і калію зберігалася на підвищеному рівні забезпечення ґрунту цими елементами. Це означає, що ці системи удобрення не лише забезпечують потреби росту і розвитку конюшини лучної, а й значно покращують родючість кислих ясно-сірих лісових ґрунтів, забезпечуючи при цьому високий післяжнивний резерв поживних речовин.

Органо-мінеральна система удобрення із внесенням у сівозмінну площу навіть половинної ($N_{30}P_{34}K_{34}$) дози мінеральних добрив у поєднанні з 10 т/га гною та 1,0 н $CaCO_3$ за Нг здатна різко підвищити родючість ґрунту, підвищуючи при цьому забезпечення N, P і K, вміст яких на початку вегетації

становив 108,4-161,2-133,0 мг/кг ґрунту відповідно. Однак, за сезон конюшина лучна вибрала значну частину доступних елементів і в кінці вегетації їх вміст знизився: N (100,4 мг/кг), P (131,5 мг/кг) і K (112,4 мг/кг), проте був високим порівняно з варіантом без удобрення, але значно нижчим, ніж у аналогічній системі з повною дозою мінеральних добрив.

Внесення у сівозмінну площу підвищеної дози мінеральних добрив ($N_{105}P_{101}K_{101}$), 10 т/га гною на фоні вапнування 1,0 н вапна за Нг забезпечує найвищі показники поживних речовин з усіх досліджуваних систем удобрення і вапнування навіть на кінець вегетації конюшини лучної (вміст легкогідрозілованого азоту – 108,3 мг/кг, рухомого фосфору – 178,8 мг/кг та обмінного калію – 156,3 мг/кг). Ця система удобрення на фоні вапнування є ефективною з точки зору забезпечення ґрунту поживними елементами та недопущення їх дефіциту з винесенням.

Отже, забезпеченість ґрунту показниками родючості у досліджувальних системах удобрення під конюшиною лучною залежала від застосування добрив і вапна, які вносили під попередні культури у сівозміні.

Таким чином, оптимальним удобренням, яке можна рекомендувати для підтримання родючості кислого ясно-сірого лісового оглеєного ґрунту та отримання високої кормової продуктивності лучного фітоценозу конюшини лучної, є органо-мінеральні системи удобрення в поєднанні з вапнуванням.

Висновки до розділу:

1. Конюшина лучна, вирощена у короткоротаційній сівозміні без застосування добрив та вапнування, в середньому за три роки забезпечувала урожайність зеленої маси на рівні 23,7 т/га із виходом сухої речовини 4,6 т/га, кормових одиниць 3,17 т/га та 0,37 т/га перетравного протеїну.

2. Між виходом сухої речовини та мінеральною системою удобрення зафіксовано сильний кореляційний зв'язок: $r = 0,768$, коефіцієнт детермінації – 59 %; між вапнуванням, органічною системою удобрення та виходом сухої

маси кореляційні зв'язки були середніми – $r = 0,673$ (система вапнування) та $r = 0,572$ (органічна система удобрення).

4. Найвищу продуктивність (12,6 т/га сухої маси, 10,15 т/га кормових одиниць та 1,18 т/га перетравного протеїну) отримано за орґано-мінеральної системи удобрення з підвищеними дозами мінеральних добрив $N_{105}P_{101}K_{101}$, внесенням 10 т/га сівозмінної площі гною та 6 т/га вапна раз у дві ротації.

5. За орґанічної системи удобрення урожайність зеленої маси становила 43,5 т/га, вихід сухої речовини – 8,0 т/га, кормових одиниць – 6,48 т/га та 0,73 т/га перетравного протеїну.

6. Встановлено перевагу розрахунку доз вапна за кислотно-основною буферністю, яка передбачає внесення 2,5 т/га раз у ротацію в порівнянні із розрахунком за гідролітичною кислотністю (6 т/га раз у дві ротації), оскільки за внесення 2,5 т/га вапна раз у ротацію вихід кормових одиниць був на 0,56 т/га вищим, а вихід перетравного протеїну був на 0,11 т/га вищим.

7. Продуктивність конюшини лучної у першому укосі значно переважала отаву, так, у першому укосі надійшло 59–66 % сухої речовини, а вихід кормових одиниць з першого укосу був в 1,5–1,9 разів вищим за другий укіс.

8. Отримані результати агрохімічної характеристики ґрунту в полі конюшини лучної, величини врожаю та надходження сухої маси свідчать про агроекологічну та економічну доцільність внесення на ясно-сірих лісових ґрунтах доз вапна, розрахованих за рН-буферністю. Натомість, сумісне внесення у сівозміні підвищених доз мінеральних добрив $N_{105}P_{101}K_{101}$ на фоні 1,5 н $CaCO_3$ за гідролітичною кислотністю не забезпечує належного приросту врожаю і сухої маси конюшини лучної та сприятиме прояву екологічних ризиків, особливо в умовах сучасних змін клімату.

9. Орґано-мінеральні системи удобрення з повною та підвищеною дозою мінеральних добрив на фоні вапнування як 1,0 н $CaCO_3$ за Нг, так і оптимальною дозою $CaCO_3$, розрахованою за рН-буферністю, забезпечили найкращий поживний режим ясно-сірого лісового ґрунту в полі конюшини

лучної, накопичивши резерви поживних речовин на наступну культуру у сівозміні.

Результати досліджень опубліковані в наукових працях:

1. Козак Н. І. Продуктивність травостою конюшини лучної залежно від системи удобрення у короткоротаційній сівозміні. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2024. Вип. 76 (1). С. 72–84 [196].

2. Козак Н. І., Панахид Г. Я. Енергетична ефективність вирощування конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2024. Вип. 76 (2). С. 62–71 [218].

3. Козак Н. І. Формування продуктивності конюшини лучної в короткоротаційній сівозміні в умовах Західного Лісостепу. Актуальні проблеми агропромислового виробництва України: продовольча безпека в умовах воєнного часу і повоєнної відбудови країни: матеріали XI Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених (с. Оброшине, 10 листопада 2022 р.). Львів-Оброшине, 2022. С. 54–56 [219].

4. Козак Н. І. Кормова продуктивність та поживна цінність корму конюшини лучної вирощеної у короткоротаційній сівозміні. Пріоритетні напрями наукового забезпечення виробництва продукції тваринництва у Карпатському регіоні для подолання викликів, пов'язаних з воєнним станом: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (с. Оброшине, 25 червня 2024 р.). Оброшине, 2024. С. 55–57 [220].

5. Козак Н. І. Уміст легкогідролізного азоту та врожайність конюшини лучної в короткоротаційній сівозміні. Реалії імплементації Нітратної Директиви ЄС : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. Охорона ґрунтів (м. Київ, 04 грудня 2024 р.). Київ, 2024. С. 42–43 [221].

РОЗДІЛ 5

ЯКІСНИЙ СКЛАД КОРМУ КОНЮШИНИ ЛУЧНОЇ, ВИРОЩЕНОЇ У КОРОТКОРОТАЦІЙНІЙ СІВОЗМІНІ

5.1 Вміст органічних речовин у кормі конюшини лучної, вирощеної у короткоротаційній сівозміні

Конюшина лучна є культурою світового масштабу, оскільки її вирощують на усіх континентах Землі, використовують як корм для сільськогосподарських тварин та на енергетичні цілі [222]. Ця багаторічна бобова культура відіграє ключову роль у сталому розвитку тваринництва [90]. Її згодовують жуйним тваринам, свиням, вівцям, птиці, та навіть риbam у найрізноманітніших виглядах. Це може бути сіно, сінаж, сінна різка, трав'яне борошно розсипчасте і гранульоване тощо [100].

Одним із важливих показників якості корму є вміст органічних речовин.

У наших дослідженнях вміст органічних речовин у конюшині лучній залежав від систем удобрення та вапнування, застосовуваних у короткоротаційній сівозміні (табл. 5.1, додаток К).

Без застосування будь яких видів добрив (контроль) у сівозміні конюшина лучна в першому укосі дозволяє отримати корм із вмістом сирого протеїну на рівні 10,71 %. За використання вапнякового борошна (93,5 % CaCO_3) в нормі 6 т/га за дві ротації вміст протеїну у кормі зріс до 12,12 %, що пояснюється зростанням частки конюшини лучної в лучному агрофітоценозі. На травостої без удобрення її відсоток становив 65 %, а за вапнування – 82 %. За застосування органічних добрив у сівозміні (напівперепрілий гній ВРХ на солом'яній підстилці під кукурудзу) вміст протеїну був вищим і становив 12,91 % в першому укосі та 17,32 % у другому, що пояснюється вмістом у гної органічних сполук азоту, які, мінералізуючись, забезпечують рослини доступними формами азоту [223].

**Вміст органічних речовин в кормі конюшини лучної у
короткоротаційній сівоzmіні залежно від вапнування та удобрення
попередніх культур, середнє за 2022-2024 рр., % до сухої речовини**

Удобрєння на 1 га сівозмінної площі	Укоси	Сирі речовини			БЕР
		протеїн	клітко- вина	жир	
Без добрив (контроль)	1	10,71	30,73	2,95	48,98
	2	15,66	27,71	2,35	46,51
1,0н CaCO ₃ за Нг	1	12,12	29,90	2,54	48,57
	2	17,67	26,74	2,47	45,07
Органічні добрива	1	12,91	31,16	2,57	46,68
	2	17,32	27,56	2,45	44,39
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	1	11,62	31,49	3,12	47,04
	2	16,63	28,00	2,24	44,63
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1,0н CaCO ₃ за Нг	1	13,88	30,50	2,58	46,21
	2	16,87	28,21	2,41	44,29
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1,0н CaCO ₃ за Нг + органічні добрива	1	14,07	31,69	2,65	44,94
	2	18,13	27,98	2,31	43,00
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + оптим. CaCO ₃ (к.-осн.буф.) + органічні добрива	1	14,50	31,07	2,43	44,23
	2	17,95	27,01	2,30	44,10
N ₃₀ P ₃₄ K ₃₄ + 1,0н CaCO ₃ за Нг + органічні добрива	1	14,30	31,51	2,44	43,09
	2	17,62	27,29	2,44	45,78
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + 1,0н CaCO ₃ за Нг + органічні добрива	1	13,20	31,13	2,76	44,31
	2	17,27	27,55	2,51	45,75
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + 1,5н CaCO ₃ за Нг	1	14,45	30,54	2,74	43,53
	2	17,45	27,26	2,37	46,32
НІР ₀₅	1	1,32	2,1	0,8	0,37
	2	1,33	2,2	0,9	0,35

Внесення під попередні культури мінеральних добрив в дозі N₆₅P₆₈K₆₈ на 1 га сівозмінної площі, зумовлювало зниження вмісту сирого протеїну у кормі до 11,62 %, що тісно корелює із зниженням частки конюшини лучної в агрофітоценозі, яка за даного удобрення в середньому за три роки досліджень

становила 65 % (найменша частка серед усіх досліджуваних варіантів удобрення), а 35 % займали несіяні трави та різнотрав'я.

Коефіцієнт кореляції між вмістом сирого протеїну та часткою конюшини в агрофітоценозі на даних варіантах удобрення (без добрив та за використання лише одного виду удобрення) становив 0,978, тобто відсоток протеїну на 95,6 % (коефіцієнт детермінації) залежав від частки конюшини лучної в агрофітоценозі, а рівняння кореляції мало наступний вигляд:

$$Y = 0,26 X + 9,54;$$

де Y – вміст протеїну у кормі, %;

X – частка конюшини лучної у травостої.

Поєднання різних видів удобрення (органо-мінеральні системи) на фоні вапнування сприяло збільшенню вмісту сирого протеїну у кормі, який в меншій мірі залежав від частки конюшини лучної в агрофітоценозі: коефіцієнт кореляції між вмістом сирого протеїну та часткою конюшини в агрофітоценозі становив 0,610, а коефіцієнт детермінації – 37,2 %.

Внесення у сівозміну $N_{65}P_{68}K_{68}$ в поєднанні із вапнуванням 1,0 н $CaCO_3$ за Нг дозволило отримати корм із вмістом протеїну на рівні 13,88 %, при цьому частка конюшини лучної становила 78 %. За додавання до мінерального удобрення 10 т/га гною відсоток сирого протеїну зріс до 14,07 %. За застосування аналогічної системи удобрення, однак при розрахунку вапна за кислотно-основною буферністю, за якого вносили 2,5 т/га раз у ротацію, частка сирого протеїну була на 0,43 % вищою ніж за внесення 6 т/га $CaCO_3$ за Нг раз у дві ротації (як у попередньому варіанті). Слід зазначити, що це найвищий вміст сирого протеїну у кормі першого укусу серед усіх досліджуваних варіантів.

Сумісне внесення у сівозміні пів норми мінеральних добрив, 10 т/га гною і 1,0 н $CaCO_3$ за Нг дозволило отримати корм із вмістом протеїну на рівні 14,30 %, що на 0,23 % більше аналогічної системи удобрення з повною дозою мінеральних добрив $N_{65}P_{68}K_{68}$, у якій частка бобового компоненту була на 1 % меншою.

Високий вміст сирого протеїну у кормі першого укосу (14,45 %) отримано за внесення у сівозміні $N_{105}P_{101}K_{101}$ в поєднанні із вапнуванням в дозі 9 т/га раз у дві ротації. У другому укосі за такого удобрення частка сирого протеїну становила 17,45 %, що вказує на позитивну дію високої дози вапнування на якість корму, оскільки застосування вапнякових матеріалів знижує кислотність ґрунту [224], створює сприятливі умови для розвитку мікроорганізмів у ґрунті, знижує концентрації алюмінію та заліза у ґрунті [225, 226], що дозволяє рослинам краще засвоювати азот та інші поживні речовини.

Скошування конюшини лучної у фазі початку цвітіння обумовило достатньо високий вміст клітковини – у сухій масі першого укосу зафіксовано 29,90–31,69 % сирій клітковини, у другому укосі цей показник був нижчим і коливався в межах 26,74–28,21 %.

За вапнування ґрунту 1,0 н $CaCO_3$ за Нг раз у дві ротації частка клітковини в обох укосах була найнижчою. Відмічено позитивний вплив вапнування в мінеральних та органо-мінеральних системах удобрення: за мінеральної системи удобрення ($N_{65}P_{68}K_{68}$) у сухій масі першого укосу містилося 31,49 % сирій клітковини, а у другому укосі 28,00 %; застосування вапна за такої ж дози мінеральних добрив сприяло зниженню сирій клітковини в першому укосі на 0,99 %.

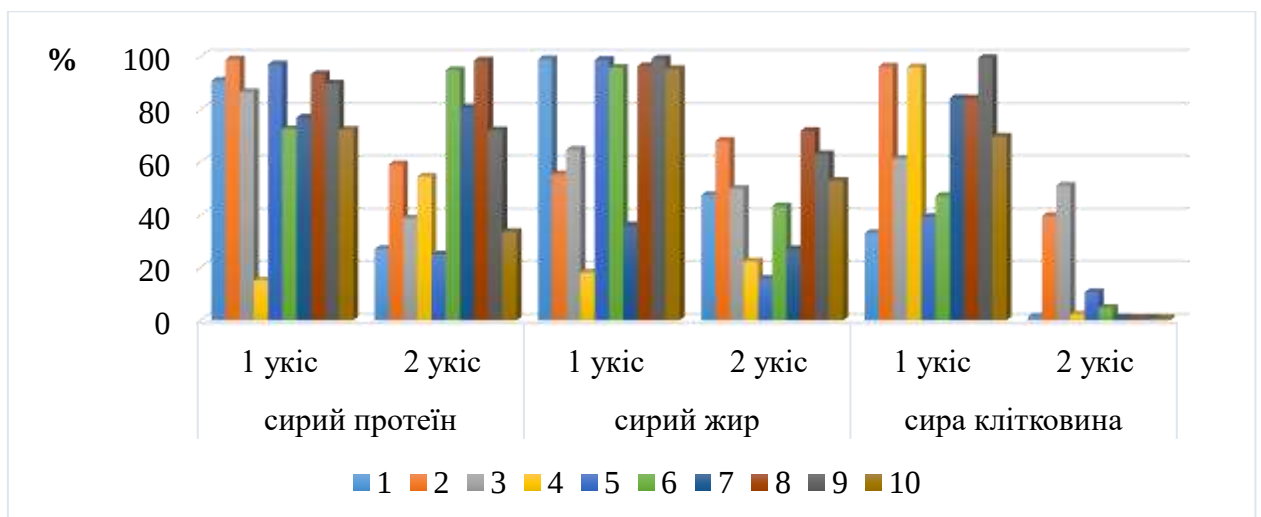
За внесення у сівозміні самих органічних добрив вміст клітковини у сухій масі був нижчим, ніж за використання мінеральних добрив, та вищим за використання вапна і становив 31,16 % в першому укосі та 27,56 % у другому.

Вміст сирого жиру у сухій масі в середньому за три роки коливався в межах від 2,43 до 3,12 % в першому укосі та від 2,24 до 2,51 % у другому укосі.

Вміст безазотистих екстрактивних речовин (БЕР) у сухій масі конюшини лучної в середньому за три роки досліджень найвищим був без застосування добрив і становив 48,98 % в першому укосі та 46,51 % у

другому. За використання органічної системи удобрення його вміст знизився до 46,68 % та 44,39 % відповідно. Частка БЕР за мінеральної системи удобрення становила 47,04 % в першому укосі та 44,63 % у другому. За застосування органо-мінеральних систем удобрення на фоні вапнування відсоток БЕР був невисоким і коливався в першому укосі в межах від 43,09 % до 44,94 %. В отаві цей показник становив 43,00 – 45,78 %.

При порівнянні вмісту органічних речовин у кормі конюшини лучної за роками використання було встановлено вплив погодних умов – визначено кореляційні зв'язки між гідротермічними коефіцієнтами та якісними показниками. Встановлено, вміст сирих органічних речовин у кормі конюшини лучної суттєво залежав від гідротермічного коефіцієнта (рис. 5.1, додаток К).



Примітка: 1 – без добрив; 2 – 1,0н CaCO_3 за Нг; 3 – органічні добрива; 4 – $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$; 5 – $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$ + 1,0н CaCO_3 за Нг; 6 – $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$ + 1,0н CaCO_3 за Нг + органічні добрива; 7 – $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$ + оптим. CaCO_3 (к.-осн.буф.) + органічні добрива; 8 – $\text{N}_{30}\text{P}_{34}\text{K}_{34}$ + 1,0н CaCO_3 за Нг + органічні добрива; 9 – $\text{N}_{105}\text{P}_{101}\text{K}_{101}$ + 1,0н CaCO_3 за Нг + органічні добрива; 10 – $\text{N}_{105}\text{P}_{101}\text{K}_{101}$ + 1,5н CaCO_3 за Нг.

Рис. 5.1 – Вплив гідротермічного коефіцієнта та вміст органічних речовин у кормі конюшини лучної, вирощеної у короткоротаційній сівоzmіні, коефіцієнт детермінації, % до сухої речовини

Частка сирого протеїну на варіанті без застосування добрив (контроль), за вапнування, органічної та органо-мінеральних систем удобрення на фоні вапнування знаходилась у сильній кореляції від ГТК, коефіцієнти кореляції становили від 0,850 (за $\text{N}_{105}\text{P}_{101}\text{K}_{101}$ + 1,5 н CaCO_3 за Нг) до 0,994 за

проведення лише вапнування в нормі 6 т/га раз у дві ротації, при цьому коефіцієнти детермінації становили 72–99 %.

Застосування мінеральної системи удобрення нівелювало вплив погодних умов у першій половині вегетації: так вміст сирого протеїну та вміст сирого жиру знаходились у слабкій кореляції від ГТК ($r = 0,250$, $d = 15$ % та $r = 0,340$, $d = 18$ %, відповідно); натомість вміст сирої клітковини знаходився у сильній залежності від ГТК ($r = 0,976$, $d = 96$ %).

Отже, вміст органічних речовин у кормі конюшини лучної, вирощеної у короткороційній сівозміні, залежить від частки бобового компоненту у травостой, удобрення та вапнування у сівозміні та погодних умов і задовольняє основні вимоги до кормів для годівлі сільськогосподарських тварин.

5.2 Вміст зольних елементів у кормі конюшини лучної, вирощеної у короткороційній сівозміні

Забезпечення належного рівня мінеральних елементів та вітамінів в раціоні є необхідною умовою не лише для досягнення високої продуктивності, а й для ефективного використання кормів. Мікроелементи відіграють важливу роль у підтриманні активності ферментів та функціонуванні вітамінів і гормонів. Вони регулюють баланс міжклітинної рідини, фізико-хімічний стан білків, а також контролюють кислотно-лужну рівновагу і осмотичний тиск.

Мікроелементний склад корму має великий вплив на лактацію у корів, процеси синтезу молока, склад і якість молочних продуктів. Високопродуктивні корови втрачають значну кількість мінералів через молоко, зокрема кальцію і фосфору, що ставить підвищені вимоги до організації годівлі для забезпечення інтенсивного молокоутворення. Балансування раціону корів з урахуванням мінералів сприяє підвищенню молокопродуктивності і робить лактаційну криву більш стабільною. Крім

того, це поліпшує мікробіологічні процеси в організмі корів, підвищує засвоєння поживних речовин з корму.

Недостатній вміст або надлишок мінералів може призвести до неповноцінного харчування тварин. Нестача фосфору і кальцію у кормах, а також неправильне їх співвідношення можуть спричинити рахіт і інші хвороби.

Мінеральний склад корму травостоїв залежить від застосованих добрив. Фосфорні добрива підвищують вміст фосфору, калію і кальцію в травах, тоді як азотні добрива підвищують калій. Введення калійних добрив може знизити вміст кальцію, магнію, натрію, а збільшити кількість хлору і кремнію в кормі.

Мікродобрива, на відміну від макродобрив, більше впливають на якість травостою, стабілізуючи співвідношення мінеральних елементів в кормі. Це важливо для збалансованого співвідношення кальцію та фосфору.

Вміст мінеральних елементів у лучному кормі залежить від виду трав, типу ґрунту та внесення добрив. Різниця у вмісті мінералів у травах пов'язана з фізіологічними особливостями рослин та їхньою здатністю накопичувати певні хімічні сполуки. Наприклад, бобові трави і різнотрав'я завжди багатші на поживні та мінеральні речовини порівняно із злаками, і це впливає на хімічний склад лучного корму.

У наших дослідженнях вміст золи та мінеральних елементів у сухій кормовій масі конюшини лучної залежав від різних систем удобрення попередніх культур у короткоротаційній сівоzmіні (табл. 5.2, додаток М).

Вміст сирої золи у першому укосі конюшини лучної на контрольному варіанті без внесення добрив становив 6,63 % до сухої маси, тоді як у другому укосі цей показник зріс до 7,77 %. Застосування 6 т/га вапна раз у дві ротації сприяло незначному підвищенню зольності до 6,88 % та 8,05 % відповідно у першому та другому укосах.

Внесення у сівоzmіні мінеральних добрив у дозі $N_{65}P_{68}K_{68}$ забезпечило підвищення вмісту золи до 6,73 % у першому укосі та 8,51 % у другому

укоші. Найвищі показники зольності спостерігались при комплексному застосуванні $N_{65}P_{68}K_{68}$ + оптим. $CaCO_3$ (к.-осн.буф.) + органічні добрива: 7,76 % у першому укосі та 8,65 % у другому укосі, що на 1,13 та 0,88 % вище порівняно з контролем.

Таблиця 5.2

Вміст золи та мінеральних елементів в кормі конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні залежно від вапнування та удобрення попередніх культур, середнє за 2022–2024 рр., % до сухої речовини

Удобрєння на 1 га сівозмінної площі	Укоси	Зола	P	K	Na
Без добрив (контроль)	1	6,63	0,24	1,84	0,01
	2	7,77	0,38	2,54	0,02
1,0н $CaCO_3$ за НГ	1	6,88	0,26	1,34	0,02
	2	8,05	0,37	2,11	0,02
Органічні добрива	1	6,68	0,27	2,25	0,02
	2	8,28	0,36	2,63	0,04
$N_{65}P_{68}K_{68}$	1	6,73	0,32	3,38	0,02
	2	8,51	0,43	3,59	0,03
$N_{65}P_{68}K_{68}$ + 1,0н $CaCO_3$ за НГ	1	6,84	0,37	3,17	0,02
	2	8,23	0,40	3,24	0,02
$N_{65}P_{68}K_{68}$ + 1,0н $CaCO_3$ за НГ + органічні добрива	1	6,64	0,32	3,26	0,02
	2	8,59	0,42	3,91	0,02
$N_{65}P_{68}K_{68}$ + оптим. $CaCO_3$ (к.- осн.буф.) + органічні добрива	1	7,76	0,34	3,83	0,03
	2	8,65	0,59	3,97	0,03
$N_{30}P_{34}K_{34}$ + 1,0н $CaCO_3$ за НГ + органічні добрива	1	6,87	0,34	2,71	0,02
	2	8,61	0,40	3,49	0,02
$N_{105}P_{101}K_{101}$ + 1,0н $CaCO_3$ за НГ + органічні добрива	1	6,92	0,32	3,65	0,02
	2	8,74	0,39	3,79	0,02
$N_{105}P_{101}K_{101}$ 1,5н $CaCO_3$ за НГ	1	6,60	0,33	2,70	0,02
	2	8,47	0,41	3,15	0,02
НІР ₀₅	1	0,59	0,01	0,01	0,001
	2	0,64	0,01	0,01	0,001

Вміст золи у кормі коливався від 6,63 до 7,76 % у першому укосі та від 7,77 до 8,74 % у другому укосі.

Аналіз вмісту фосфору свідчить про суттєвий вплив систем удобрення на накопичення цього елементу в рослинній масі конюшини лучної. Вміст фосфору у сухій масі конюшини лучної на всіх досліджуваних варіантах коливався в межах 0,24–0,37 % у першому укосі та 0,36–0,59 % у другому.

На контрольному варіанті концентрація фосфору становила 0,24 % у першому укосі та 0,38 % у другому укосі. Найвищий вміст фосфору першого укосу у сухій масі зафіксовано за внесення повної дози мінеральних добрив ($N_{65}P_{68}K_{68}$) із вапнуванням 1 т $CaCO_3$ за Нг (0,37 %). Найнижчим цей показник спостерігався у сухій масі конюшини лучної (окрім контролю) за застосування лише вапнування та за використання органічних добрив і становив відповідно 0,26 % і 0,27 %, що не суттєво відрізняється від контролю (0,24 %). У другому укосі найвищий відсоток фосфору (0,59 %) зафіксовано за застосування органо-мінеральної системи удобрення з нормою вапна, розрахованою за кислотно-основною буферністю. При цьому на цій системі удобрення у першому укосі вміст фосфору був близьким до максимального значення і становив 0,34 % проти 0,37 %.

Особливо чітко простежується вплив удобрення на вміст калію в рослинній масі конюшини лучної. На контрольному варіанті його концентрація становила 1,84 % у першому укосі та 2,54 % у другому укосі. Внесення у сівозміні мінеральних добрив у дозі $N_{65}P_{68}K_{68}$ сприяло підвищенню вмісту калію до 3,38 % та 3,59 % відповідно. Максимальний вміст калію спостерігався при застосуванні органо-мінеральної системи удобрення з дозою мінеральних добрив $N_{65}P_{68}K_{68}$, 2,5 т/га $CaCO_3$, внесеного раз у ротацію сівозміни, та 10 т на 1 га сівозмінної площі органічних добрив: 3,83 % у першому укосі та 3,97 % у другому укосі, що на 1,99 та 1,43 % вище порівняно з контролем.

Вміст натрію у рослинній масі конюшини лучної був незначним на всіх варіантах досліджу, варіюючи від 0,01 % до 0,04 %. Найвищий показник (0,04 %) зафіксовано у другому укосі на варіанті з внесенням лише органічних добрив.

Слід відзначити, що у всіх варіантах досліджу показники вмісту золи та мінеральних елементів у другому укосі конюшини лучної були вищими порівняно з першим укосом. Зокрема, вміст золи у другому укосі перевищував відповідний показник першого укосу в середньому на 1,5–1,9 %.

Статистичний аналіз отриманих даних підтвердив достовірність впливу досліджуваних факторів на мінеральний склад корму конюшини лучної (HP_{05} для золи становила 0,59 % та 0,64 %, для фосфору, калію та натрію – 0,01 %, 0,01 % та 0,001 % відповідно).

Отже, найбільш ефективною системою удобрення, що забезпечувала оптимальний мінеральний склад корму конюшини лучної, виявилось комплексне застосування $N_{65}P_{68}K_{68}$, 2,5 т/га $CaCO_3$ (внесеного раз у ротацію сівозміни) та 10 т органічних добрив на 1 га сівозмінної площі, за якого спостерігався найвищий вміст золи, фосфору та калію в обох укосах.

5.3 Поживна та енергетична цінність корму конюшини лучної, вирощеної у короткоротаційній сівозміні

Конюшина лучна є одним з найпоширеніших видів бобових, що використовуються в системах годівлі жуйних тварин. Корми з конюшини лучної мають нижчі концентрації сирого протеїну ніж більшість сортів люцерни, але вищу перетравність органічної речовини [111].

В наших дослідженнях було обчислено основні показники поживної цінності корму, основним і домінуючим компонентом якого була конюшина лучна. А саме, це – вміст кормових одиниць в 1 кг сухого корму, вміст перетравного протеїну в кормовій одиниці та протеїнове відношення. За даними досліджень встановлено, що поживність корму конюшини лучної залежала від систем удобрення і вапнування у сівозміні (табл. 5.3).

**Поживність корму конюшиного травостою, вирощеного у
короткоротаційній сівозміні залежно від удобрення попередніх культур,
середнє за 2022–2024 рр.**

Удобрення на 1га сівозмінної площі	Вміст кормових одиниць в 1кг сухого корму			Вміст перетравного протеїну, г в к.о.		
	I укіс	II укіс	серед- нє за сезон	I укіс	II укіс	серед- нє за сезон
Без добрив (контроль)	0,69	0,67	0,68	98	146	122
1,0н CaCO ₃ за Нг	0,82	0,81	0,82	93	138	115
Органічні добрива	0,81	0,79	0,80	100	137	119
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	0,82	0,80	0,81	90	131	110
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ +1,0н CaCO ₃ за Нг	0,81	0,80	0,80	108	133	120
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ +1,0н CaCO ₃ за Нг +органічні добрива	0,85	0,79	0,82	99	144	122
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ +оптим. CaCO ₃ (к.-осн.буф.) +органічні добрива	0,80	0,80	0,80	114	142	128
N ₃₀ P ₃₄ K ₃₄ +1,0н CaCO ₃ за Нг + органічні добрива	0,80	0,80	0,80	113	139	126
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ +1,0н CaCO ₃ за Нг + органічні добрива	0,81	0,80	0,80	103	136	120
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ +1,5н CaCO ₃ за Нг	0,85	0,80	0,83	102	137	119

Дослідження показали, що забезпеченість 1 кг сухого корму кормовими одиницями, в залежності від систем удобрення і вапнування, знаходилась в межах 0,68–0,83 кормових одиниць в 1 кг сухого корму. Однак, найменш забезпечений кормовими одиницями виявився корм травостою конюшини лучної на контрольній ділянці, яка не удобрювалася у сівозміні. В середньому за два укуси в 1 кг сухого корму цього травостою містилося

0,68 кормових одиниць, при чому їх вміст за укусами мало відрізнявся і становив 0,69 і 0,67 кормових одиниць, відповідно у першому і другому укусах.

Високим вмістом кормових одиниць (0,82) був забезпечений корм травостою конюшини лучної на ділянках органо-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування ($N_{65}P_{68}K_{68}$, 1,0 н $CaCO_3$ за Нг, 10 т гною на 1 га сівозмінної площі) та (0,83) за системи удобрення з підвищеними дозами мінеральних добрив та вапна ($N_{105}P_{101}K_{101}$, 1,5 н $CaCO_3$ за Нг).

Застосування різних систем удобрення та вапнування у сівозміні не суттєво впливало на вміст кормових одиниць у кормі конюшини лучної, проте забезпеченість кормової одиниці перетравним протеїном залежала від систем удобрення та вапнування і коливалася в середньому за сезон від 110 до 128 г перетравного протеїну в 1 кормовій одиниці.

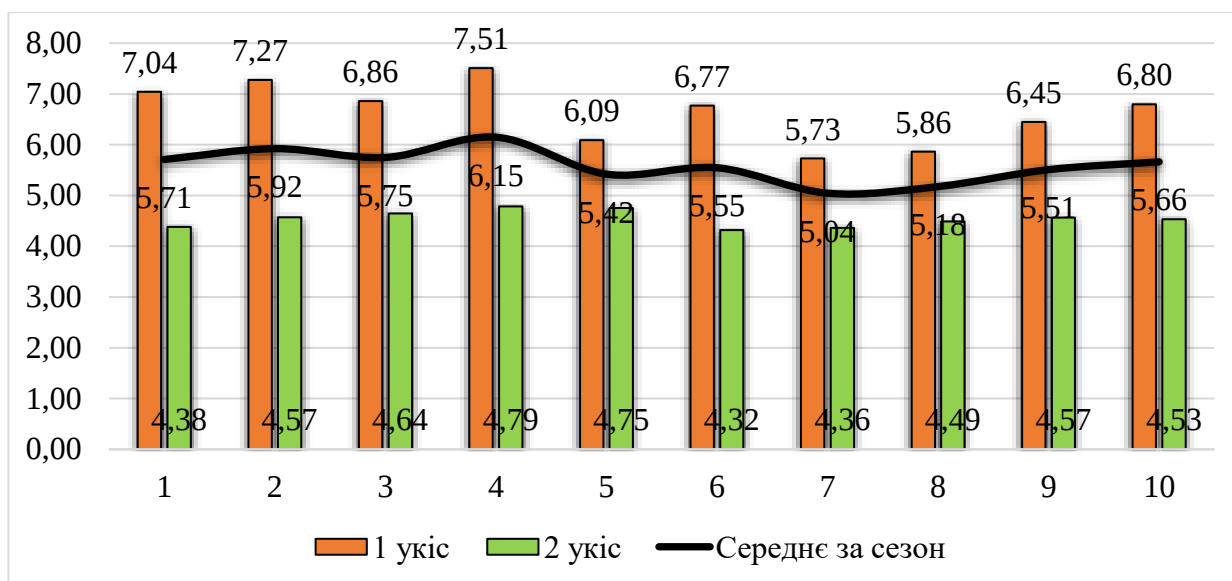
Система мінерального удобрення в дозі $N_{65}P_{68}K_{68}$ забезпечила найнижчі показники вмісту перетравного протеїну (110 г в 1 кормовій одиниці,) проте він знаходився в межах зоотехнічних норм. Корм неудобреного травостою містив 122 г перетравного протеїну, а найбільша його кількість 128 г спостерігалася у кормі, вирощеному на варіанті органо-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування, для якої норму вапна розраховували за кислотно-основною буферністю – вносили 2,5 т/га раз у ротацію.

Протеїнове співвідношення корму травостою конюшини лучної протягом періоду вегетації знаходилося в середньому в межах від 5,04 до 6,15, однак у першому укусі воно було ширшим і складало 5,73–7,51 (рис. 5.2.).

Дані досліджень показують, що корм першого укусу є більш придатним для згодовування сільськогосподарським тваринам, оскільки протеїнове співвідношення тут є в межах зоотехнічної норми.

Ключовим показником якості корму, що безпосередньо впливає на продуктивність, здоров'я тварин, ефективність використання кормів та економічну вигоду господарства є вміст обмінної енергії. Тому при

виробництві кормів важливо контролювати цей параметр, щоб забезпечити високу продуктивність тваринництва.



*Примітка: 1 – без добрив; 2 – 1,0н CaCO_3 за Нг; 3 – органічні добрива; 4 – $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$; 5 – $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68} + 1,0\text{н } \text{CaCO}_3$ за Нг; 6 – $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68} + 1,0\text{н } \text{CaCO}_3$ за Нг + органічні добрива; 7 – $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$ + оптим. CaCO_3 (к.-осн.буф.) + органічні добрива; 8 – $\text{N}_{30}\text{P}_{34}\text{K}_{34} + 1,0\text{н } \text{CaCO}_3$ за Нг + органічні добрива; 9 – $\text{N}_{105}\text{P}_{101}\text{K}_{101} + 1,0\text{н } \text{CaCO}_3$ за Нг + органічні добрива; 10 – $\text{N}_{105}\text{P}_{101}\text{K}_{101} + 1,5\text{н } \text{CaCO}_3$ за Нг.

Рис. 5.2 – Протеїнове співвідношення у кормі конюшинового травостою, вирощеного у короткоротаційній сівоzmіні, залежно від вапнування та удобрення попередніх культур, середнє за 2022–2024 рр.

У наших дослідженнях вміст обмінної енергії у кормі конюшинового травостою відрізнявся для окремих видів тварин і залежав від видів удобрення та вапнування у сівоzmіні (табл. 5.4).

Найвищий вміст обмінної енергії у кормі конюшинового травостою можна отримати при згодовуванні його коням. За використання конюшинового корму для згодовування птиці, великої рогатої худоби та овець вміст обмінної енергії, який бере участь у фізіологічних процесах цих тварин, теж буде високим. Згідно розрахунків, корм конюшинового травостою не рекомендовано згодовувати свиням, оскільки вміст обмінної енергії для цього виду тварин не перевищуватиме 0,76 МДж/кг.

За згодовування конюшинового корму великій рогатій худобі найвищим вмістом обмінної енергії (9,01 МДж/кг) характеризувався корм, одержаний з першого укосу травостою, який удобрювали у сівоzmіні мінеральними

добривами в дозі $N_{105}P_{101}K_{101}$ та вносили 9 т/га вапна раз у дві ротації. За даного удобрення в першому укосі зафіксовано найвищий вміст обмінної енергії для усіх видів тварин.

Таблиця 5.4

Вміст обмінної енергії в кормі конюшини лучної, яка бере участь у фізіологічних процесах різних видів тварин, МДж в 1 кг сухого корму

Удобрення на 1 га сівозмінної площі	Укоси	ВРХ	вівці	свині	коні	птиця
Без добрив (контроль)	1	8,60	8,69	0,73	9,59	9,12
	2	8,59	8,66	0,74	9,56	9,27
$1,0n CaCO_3$ за НГ	1	8,73	8,81	0,75	9,73	9,38
	2	8,74	8,82	0,76	9,73	9,56
Органічні добрива	1	8,88	8,95	0,75	9,86	9,24
	2	8,87	8,95	0,75	9,85	9,41
$N_{65}P_{68}K_{68}$	1	8,95	9,04	0,75	9,94	9,41
	2	8,82	8,89	0,75	9,78	9,29
$N_{65}P_{68}K_{68} + 1,0n CaCO_3$ за НГ	1	8,90	8,98	0,75	9,89	9,27
	2	8,92	8,99	0,76	9,90	9,42
$N_{65}P_{68}K_{68} + 1,0n CaCO_3$ за НГ + органічні добрива	1	8,88	8,95	0,75	9,86	9,17
	2	8,83	8,91	0,75	9,81	9,26
$N_{65}P_{68}K_{68} +$ оптим. $CaCO_3$ (к.- осн.буф.) + органічні добрива	1	8,78	8,85	0,74	9,75	9,05
	2	8,85	8,92	0,75	9,82	9,39
$N_{30}P_{34}K_{34} + 1,0n CaCO_3$ за НГ + органічні добрива	1	8,86	8,93	0,75	9,85	9,11
	2	8,85	8,93	0,75	9,82	9,39
$N_{105}P_{101}K_{101} + 1,0n CaCO_3$ за НГ + органічні добрива	1	8,87	8,95	0,75	9,85	9,23
	2	8,83	8,91	0,75	9,80	9,35
$N_{105}P_{101}K_{101} +$ $1,5n CaCO_3$ за НГ	1	9,01	9,09	0,76	10,00	9,44
	2	8,86	8,93	0,75	9,83	9,41

Отже, за вирощування конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні на ясно-сірих лісових поверхнево-оглеєних ґрунтах Західного Лісостепу можна отримати корм, придатний для вирощування коней, птиці, ВРХ та овець, та у якому забезпеченість 1 кормової одиниці перетравним протеїном становить 128 г, і в 1 кг сухого корму міститься 0,8 кормових одиниць.

Висновки до розділу:

1. Вапнування ґрунту (6 т/га CaCO_3) у сівозміні сприяє підвищенню у кормі вмісту сирого протеїну до 12,12 % у першому укосі та до 17,67 % у другому за рахунок збільшення частки конюшини лучної у травостої до 81 %, та зниженню вмісту сирої клітковини до 29,9 % в першому укосі та 26,74 % в отаві, що сприяє покращенню перетравності корму.

2. Використання органічних добрив (напівперепрілий гній) у сівозміні підвищує вміст сирого протеїну у кормі конюшини лучної до 12,91 % у першому укосі та до 17,32 % у другому.

3. Внесення мінеральних добрив ($\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$) у сівозміні призводить до зниження у конюшиновій біомасі вмісту протеїну до 11,62 % у першому укосі та 16,63 % у другому через зменшення частки конюшини у травостої до 53 %.

4. Комбінування мінерального удобрення ($\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$) з вапнуванням (6 т/га CaCO_3 раз у дві ротації) сприяє підвищенню у кормі конюшини лучної вмісту сирого протеїну до 13,88 % в першому укосі, а додавання органічних добрив (10 т/га гною) дозволяє отримати 14,07 % сирого протеїну в першому укосі та 18,13 % у другому.

5. Поєднання $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$ разом із органічними добривами та внесення $2,5 \text{ т/га CaCO}_3$ раз у ротацію забезпечує максимальний вміст сирого протеїну у кормі – 14,50 % у першому укосі та 17,95 % у другому.

6. Застосування різних систем удобрення суттєво впливає на вміст золи, фосфору та калію у сухій масі конюшини лучної. Вапнування сприяє збільшенню вмісту золи у першому укосі, а мінеральні добрива – у другому. Максимальний вміст фосфору у першому укосі (0,37 %) спостерігався за внесення мінеральних добрив ($\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$) із вапнуванням ($1,0 \text{ н CaCO}_3$ за Нг), а у другому (0,59 %) – за органо-мінеральної системи удобрення з нормою вапна, розрахованою за кислотно-основною буферністю. Найбільший вміст калію (3,83 % у першому укосі та 3,97 % у другому) відзначено за тієї ж

органомінеральної системи на фоні вапнування, що підтверджує її ефективність для покращення мінерального складу корму.

7. Вміст обмінної енергії у кормі першого укусу вищий, ніж в отаві, що вказує на те, що корми конюшинових травостоїв, вирощених у короткоротаційних сівозмінах на корм сільськогосподарським тваринам, доцільно використовувати з першого укусу.

Результати досліджень опубліковані в наукових працях:

Козак Н., Панахид Г. Комбіноване використання конюшини лучної в короткоротаційній сівозміні. Корми і кормовий білок : матеріали XV Міжнар. наук. конф. (м. Вінниця, 19-20 вересня 2023 р.). Вінниця, 2023. С. 87–89 [227].

Козак Н. І. Кормова продуктивність та поживна цінність корму конюшини лучної вирощеної у короткоротаційній сівозміні. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Пріоритетні напрями наукового забезпечення виробництва продукції тваринництва у Карпатському регіоні для подолання викликів, пов'язаних з воєнним станом» (с. Оброшине, 25 червня 2024 р.). Оброшине, 2024. С. 55–57 [220].

РОЗДІЛ 6

АГРОЕКОЛОГІЧНА, ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ВИРОЩУВАННЯ КОНЮШИНИ ЛУЧНОЇ У КОРОТКОРОТАЦІЙНІЙ СІВОЗМІНІ

6.1 Агроекологічне значення конюшини лучної за вирощування її у сівозмінах

Одержання об'єктивного прогнозу щодо функціонування агроєкосистем, їх екологічного стану, а також удосконалення процесу керування родючістю ґрунтів можливі за умови наявності всебічної інформації, включаючи і характеристику фізико-хімічних умов життєзабезпечення рослин, які все частіше обмежують їх продуктивність. Фізико-хімічні дослідження дають можливість глибше розкрити механізми взаємодії між ґрунтом, рослинами, добривами і меліорантами, а також сприяють розробці більш досконалих методів контролю і прогнозу стану ґрунтового покриву, а отже і охорони навколишнього середовища [228, 229].

Значні площі зони Західного Лісостепу займають сірі та ясно-сірі лісові ґрунти [230] з високою кислотністю ґрунтового розчину і низьким рівнем природної родючості. А вміст токсичного рухомого алюмінію у ґрунтовому складі, який створює несприятливі умови для росту та розвитку рослин і відіграє важливу роль у формуванні родючості, різко залежить від кислотності досліджуваного ґрунту. Важливим чинником покращання родючості та агроекологічного стану шляхом оптимізації кислотно-основних параметрів ясно-сірих і сірих лісових ґрунтів є використання у сівозміні конюшини лучної. Один із напрямів використання конюшини лучної є заорювання рослинної маси отави.

Проведені дослідження показали, що фізико-хімічні властивості ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту в полі конюшини лучної тісно пов'язані із дозами внесення добрив та вапна (табл.6.1).

Відмічено, що система вапнування (1,0 н CaCO_3 за Нг), порівняно з варіантом без удобрення, підвищує показник рН ґрунту до 5,10–4,90 проти 4,13–4,12 одиниць, знижує показник гідролітичної кислотності з 2,95 до 3,20 мг-екв/100 г ґрунту проти 4,76–4,62 мг-екв/100 г ґрунту, практично усуває рухомий алюміній (Al^{3+}) (2,2–1,6 проти 31,3–27,8 мг/кг) і насичує ґрунт основами (5,7–4,6 проти 3,6–2,9 мг-екв/100 г ґрунту) у шарі 0–20 см відповідно на початку і в кінці вегетації конюшини лучної, тим самим нейтралізуючи кислотність ґрунту.

Органічна система удобрення (10 т/га сівозмінної площі гною) на початку і в кінці вегетації конюшини лучної підвищує показник рН орного шару ґрунту до 4,88–4,80 одиниць, суму увібраних основ до 5,1–4,2, знижує гідролітичну кислотність до 3,64–3,58 мг-екв/100 г ґрунту, а концентрацію алюмінію (Al^{3+}) до 10,7–9,4 мг/кг ґрунту.

За мінеральної системи удобрення ($\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$) у полі конюшини лучної показники рН ґрунту, гідролітичної кислотності та суми увібраних основ є близькими до варіанту контролю (без добрив), а вміст рухомого алюмінію є вищим ніж на контролі (47,7–44,9 проти 31,3–27,8 мг/кг відповідно початок/кінець вегетації).

Система мінерального удобрення у дозі $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$ на фоні вапнування 1,0 н CaCO_3 за Нг забезпечила зниження pH_{KCl} до 4,57–4,41, гідролітичної кислотності до 3,79–3,46 мг-екв/100 г ґрунту. При цьому сума увібраних основ зросла з 4,3 до 4,9 мг-екв/100 г, а вміст алюмінію знизився до 5,3 мг/кг. Підвищення дози NPK і вапна ($\text{N}_{105}\text{P}_{101}\text{K}_{101}$ + 1,5 н CaCO_3 за Нг) зумовило покращення цих показників (рН 4,96–4,83, гідролітична кислотність 2,53–2,38, сума увібраних основ 6,2–5,7 мг-екв/100 г, вміст рухомого Al^{3+} 5,9–5,2 мг/кг) в сторону зменшення кислотності ґрунту.

Таблиця 6.1

Фізико-хімічні властивості ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту залежно від різних доз добрив і вапна у сівоzmіні під конюшиною лучною, середнє за 2022-2024 рр.

Удобрєння на 1 га сівозмінної площі	Шар ґрунту, см	рН _{KCl} , одиниць		Гідролітична кислотність (Нг)		Сума увібраних основ		Алюміній рухомий, мг/кг ґрунту		Гумус, %
				мг-екв/100 г ґрунту						
		початок вегетації	кінець вегетації	початок вегетації	кінець вегетації	початок вегетації	кінець вегетації	початок вегетації	кінець вегетації	
Без добрив (контроль)	0-20	4,13	4,12	4,76	4,62	3,6	2,9	31,3	27,8	1,48
	20-35	4,06	3,99	4,47	4,54	2,7	2,0	28,6	20,6	1,40
1,0н СаСО ₃ за Нг	0-20	5,10	4,90	2,95	3,20	5,7	4,6	2,2	1,6	1,57
	20-35	4,98	4,83	2,40	3,05	5,0	4,1	0,9	0,7	1,44
Органічні добрива (гній 10 т/га)	0-20	4,88	4,80	3,64	3,58	5,1	4,2	10,7	9,4	1,68
	20-35	4,55	4,55	3,54	3,49	4,1	3,6	8,3	8,1	1,54
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	0-20	4,18	4,08	4,72	4,73	3,6	2,9	47,7	44,9	1,58
	20-35	3,79	3,97	4,57	4,31	2,7	2,4	43,0	41,4	1,44
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ +1,0н СаСО ₃ за Нг	0-20	4,57	4,55	3,79	3,50	4,9	4,3	6,9	5,3	1,65
	20-35	4,41	4,40	3,46	3,24	3,7	3,6	4,1	3,5	1,56
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ +1,0н СаСО ₃ за Нг +органічні добрива	0-20	4,94	4,77	3,19	3,37	6,2	4,8	5,5	4,5	1,89
	20-35	4,80	4,56	2,99	3,19	5,1	4,5	3,3	2,5	1,64
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + оптим. СаСО ₃ (к.-осн.буф.) +органічні добрива	0-20	5,16	4,94	2,58	2,62	6,3	5,5	4,6	3,8	1,91
	20-35	4,99	4,82	2,41	2,54	5,6	5,1	2,9	2,4	1,65
N ₃₀ P ₃₄ K ₃₄ +1,0н СаСО ₃ за Нг +органічні добрива	0-20	4,89	4,81	3,03	3,12	5,6	4,9	4,6	3,8	1,75
	20-35	4,71	4,63	2,69	2,69	5,1	4,6	3,2	3,2	1,54
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ +1,0н СаСО ₃ за Нг +органічні добрива	0-20	4,88	4,65	3,40	3,31	5,2	4,7	7,4	5,4	1,92
	20-35	4,70	4,55	3,17	3,19	4,5	4,3	6,0	3,8	1,70
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ +1,5н СаСО ₃ за Нг	0-20	4,96	4,83	2,53	2,38	6,2	5,7	5,9	5,2	1,74
	20-35	4,85	4,76	2,30	2,21	5,3	4,9	5,1	4,4	1,46

Таким чином, застосування на ясно-сірому лісовому поверхнево-оглеєному ґрунті мінеральних добрив є ефективним на фоні вапнування. При цьому, високі дози вапна (1,5 н CaCO_3 за Нг) в умовах періодично-промивного типу водного режиму (внаслідок значного вимивання іонів кальцію) можуть мати негативний вплив на агроекологічні властивості ґрунту та охорону довкілля [231].

Позитивний вплив у пониженні кислотності ґрунту та зменшення токсичної дії рухомого Al^{3+} в полі конюшини лучної на кінець вегетації відмічено за органо-мінеральної системи удобрення на фоні вапнування 1,0 н CaCO_3 за Нг та ідентичної системи з дозою вапна, розрахованою за кислотно-основною буферністю. Однак, слід відмітити, що кислотно-основні параметри за рН-буферністю були кращими, а саме: рН 4,94 проти 4,77, гідролітична кислотність 2,62–3,3 мг-екв/100 г, сума увібраних основ 5,5–4,8 мг-екв/100 г, вміст рухомого Al^{3+} 3,8–4,5 мг/кг ґрунту відповідно. Очевидно, тут відіграла свою роль конюшина лучна в якості фітобіологічного меліоранта.

Наші дослідження засвідчили, що комбіновані системи удобрення є найбільш ефективними для нарощування вмісту гумусу. Так, у варіанті $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$ + вапно (1,0 н CaCO_3 за Нг) гумус становить – 1,65 %, що більше, ніж при самих $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$. Додавання при цьому 10 т/га гною підвищує вміст гумусу до 1,89 %, тобто на 0,4 % більше контролю. Ще вищий показник гумусу (1,91 %) отримано у варіанті з буферним вапнуванням та органікою – на рівні кращих варіантів. За зниження дози NPK ($\text{N}_{30}\text{P}_{34}\text{K}_{34}$) на фоні органіки+вапно гумус становить лише – 1,75 %, дещо менше, ніж при стандартній дозі, ймовірно через менший біомасообіг. Підвищена доза $\text{N}_{105}\text{P}_{101}\text{K}_{101}$ з органікою+вапно показала 1,92 % гумусу – це максимальний зафіксований рівень гумусу серед усіх систем удобрення. Варто відмітити, що у варіанті з високим NPK і 1,5 дозами вапна (без органіки): гумус становить лише 1,74 %, тобто менше, ніж у аналогічному варіанті з гноєм (1,92 %). Це підтверджує, що без надходження свіжої органіки навіть

сприятливий рН та мінеральне живлення не забезпечують максимального приросту гумусового фонду.

Для визначення балансу поживних речовин у ґрунті та одночасного встановлення агроекологічної ефективності вирощування сільськогосподарських культур важливим показником є нагромадження у ґрунті кореневої маси. За вирощування конюшини лучної все нагромаджене коріння залишається у ґрунті, збагачуючи його поживними елементами. Старіння кореневої системи після вирощування також сприяє збільшенню органічної речовини в ґрунті, забезпечуючи набір екосистемних послуг [20]. Встановлено, що використання конюшини лучної в якості мульчі чи заорювання є не менш ефективним заходом, ніж застосування будь яких інших органічних систем удобрення [232].

Кількість кореневої маси залежить від багатьох факторів, зокрема від ґрунту, виду вирощуваної культури, удобрення та урожайності культури. У дослідженнях литовських науковців [233] конюшина лучна нагромаджувала до 290 г/м² (2,9 т/га) сухої маси коріння. Подібні показники (230 г/м²) отримані М. Аззаролі Блекен та іншими [234]. У більш ранніх дослідженнях М. Аззаролі Блекен та інших [235] у верхньому шарі ґрунту виявлено 7,1 т/га кореневої маси. Ці ж учені зазначили, що кількість кореневої маси у їх дослідженнях не була статистично значима від різних видів удобрення. У дослідженнях У. Карбівської [236, 237] застосування фосфорних та калійних добрив сприяло нагромадженню кореневої маси і суттєво впливало на неї.

За результатами досліджень А. С. Далін, А. М. Мортенссон [238] коренева маса нагромаджує у ґрунті майже таку ж кількість азоту, як і надземна маса.

У наших дослідженнях на нагромадження кореневої маси конюшини лучної помітний вплив мали системи удобрення та вапнування у сівозміні (табл 6. 2.). Зокрема, відмічено зниження кількості коріння за підвищення доз азотного удобрення. Ці дані співпадають із дослідженнями Кобиренко Ю. та ін. [239], згідно результатів яких застосування повних мінеральних добрив

негативно впливало на наростання кореневої маси, оскільки сповільнювало дію нітрогенази, одного з основних ферментів, що забезпечують біологічну фіксацію.

Таблиця 6.2

**Нагромадження кореневої маси та поживних речовин конюшиною
лучною залежно від удобрення та вапнування у короткоротаційній
сівозміні, середнє за 2022–2024 рр.**

Удобрєння на 1 га сівозмінної площі	Кількість кореневої маси, т/га	Співвідно- шення надземної маси до підземної	Нагромадження поживних речовин кореневою масою, кг/га		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без добрив (контроль)	7,3	1 : 1,6	243	30	74
1,0н СаСО ₃ за Нг	6,6**	1 : 1,0	157*	22*	79*
Органічні добрива	7,5**	1 : 0,9	147*	37*	122*
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	5,9**	1 : 0,9	131*	32*	134*
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1,0н СаСО ₃ за Нг	4,6*	1 : 0,4	144*	28*	104*
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1н СаСО ₃ за Нг + органічні добрива	5,3*	1 : 0,5	118*	26*	138*
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + оптим. СаСО ₃ (к.-осн. буф.) + органічні добрива	5,2*	1 : 0,4	125*	29**	167*
N ₃₀ P ₃₄ K ₃₄ + 1,0н СаСО ₃ за Нг + органічні добрива	7,6**	1 : 0,7	190*	30**	120*
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + 1,0н СаСО ₃ за Нг + органічні добрива	5,0*	1 : 0,4	130*	35*	136*
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + 1,5н СаСО ₃ за Нг	4,9*	1 : 0,4	105*	22*	150*
НІР ₀₅	1,458		1,361	1,613	4,195

Примітка: * – має значимість, ** – вплив не суттєвий.

Велика кількість коріння нагромадилася на неудобреному травостої (7,3 т/га), за внесення органічних добрив (7,5 т/га) та найвищим (7,6 т/га) цей

показник був за застосування $N_{30}P_{34}K_{34}$ в поєднанні із вапнуванням та органічними добривами.

Згідно із статистичним аналізом суттєвий вплив на нагромадження кореневої маси конюшиною лучною мало застосування орґано-мінеральних систем удобрення із дозою добрив $N_{65}P_{68}K_{68}$ або $N_{105}P_{101}K_{101}$ з проведенням вапнування. Застосування окремих видів удобрення, вапнування та орґано-мінеральної системи удобрення із зниженими дозами мінеральних добрив ($N_{30}P_{34}K_{34}$) не мали суттєвого впливу на кількість коріння у верхньому шарі ґрунту. Проте статистичний аналіз вказує на цілковиту залежність нагромадження поживних речовин у кореневій масі від застосування удобрення та вапнування, як окремо, так і в поєднанні.

Коренева маса конюшини лучної на неудобреному травостої характеризувалася найвищим вмістом азоту, відповідно у ґрунті з кореневої маси залишилося 243 кг/га азоту. Найбільшу кількість фосфору в кореневій масі (37 кг/га) зафіксовано за внесення органічних добрив, а калію (167 кг/га) – за орґано-мінеральної системи удобрення ($N_{65}P_{68}K_{68}$ + 10 т/га гною) з внесенням вапнякових матеріалів в дозі 2,5 т/га кожних чотири роки.

Високим вмістом азоту (3,14%) та фосфору (0,61%) характеризувалася коренева маса конюшини лучної за удобрення в сівозміні $N_{65}P_{68}K_{68}$ в поєднанні із вапнуванням 6 т/га раз у дві ротації (додаток Н). За застосування органічних добрив вміст азоту в кореневій масі був найнижчим, відповідно за поєднання на фоні вапнування мінерального удобрення із органічним вміст азоту знизився до 2,21% і кількість накопиченого азоту у ґрунті становила лише 118 кг/га.

Конюшина лучна, як і інші бобові культури, здатна фіксувати атмосферний азот і збагачувати ним ґрунт. Тому, для встановлення балансу поживних речовин було обчислено кількість азоту, яка нагромадилася у ґрунті завдяки симбіотичній активності кореневої системи конюшини лучної. У наших дослідженнях кількість фіксованого конюшиною лучною азоту залежала від систем удобрення та вапнування сівозміни (табл. 6.3).

**Накопичення симбіотичного азоту конюшиною лучною залежно від
удобрення та вапнування у короткоротаційній сівозміні, кг/га
(середнє за 2022–2024 рр.)**

Удобрення на 1 га сівозмінної площі	1 укіс	2 укіс	Всього
Без добрив (контроль)	32	44	76
1,0н CaCO_3 за Нг	53*	75*	128
Органічні добрива	72*	83*	155
$\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$	35*	56*	91
$\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68} + 1,0\text{н } \text{CaCO}_3$ за Нг	63*	104*	167
$\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68} + 1\text{н } \text{CaCO}_3$ за Нг + органічні добрива	64*	124*	188
$\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68} + \text{оптим. } \text{CaCO}_3$ (к.-осн.буф.) + органічні добрива	68*	125*	192
$\text{N}_{30}\text{P}_{34}\text{K}_{34} + 1,0\text{н } \text{CaCO}_3$ за Нг + органічні добрива	106*	111*	217
$\text{N}_{105}\text{P}_{101}\text{K}_{101} + 1,0\text{н } \text{CaCO}_3$ за Нг + органічні добрива	41*	107*	147
$\text{N}_{105}\text{P}_{101}\text{K}_{101} + 1,5\text{н } \text{CaCO}_3$ за Нг	44*	97*	141
НІР ₀₅	1,720	5,454	

Примітка: * – має значимість, ** – вплив не суттєвий.

Кількість нагромадженого симбіотичного азоту знаходилась в сильній кореляції від удобрення (всі види та вапнування) – $r = 0,823$, а коефіцієнт детермінації становив 68 %.

Згідно кореляційного аналізу кількість симбіотичного азоту знаходилась у середній оберненій залежності від азотних добрив ($r = - 0,524$) та вапнування ($r = - 0,424$), однак залежність від органічного удобрення була пряма та сильна ($r = 0,980$). Отже, зменшення кількості азоту, отриманого з атмосфери, прямо залежить від кількості внесених азотних добрив. Це підтверджується також дослідженнями Х. Франціса [240]. За даними Д. Ніфелера та ін. [58] азотні добрива пригнічують симбіотичну активність конюшини лучної.

Найвищий показник засвоєння азоту конюшиною лучною (217 кг/га) зафіксовано за використання мінеральних добрив в дозі $N_{30}P_{34}K_{34}$ в поєднанні із органічними добривами та вапнуванням в дозі 6 т/га раз у вісім років.

Найменшу кількість засвоєного азоту зафіксовано на неудобреному варіанті – 76 кг/га. Ці дані співзвучні із дослідженнями У. Карбівської [241], у яких конюшина лучна без застосування добрив накопичувала 84 кг/га симбіотичного азоту.

У другому укосі відмічено збільшення кількості фіксованого азоту. Значне підвищення фіксованого азоту у другому укосі зафіксовано також у дослідженнях Різінгера та Герзона [242], які пояснюють це явище кращими погодніми умовами. Отже, врахування накопичення симбіотичного азоту конюшиною лучною у другому укосі є важливим елементом для підрахунку балансу поживних речовин.

Для визначення балансу було обчислено винос поживних речовин з урожаєм, який залежав від удобрення та вапнування у сівозміні та коливався за укосами використання (додаток П).

Винос поживних речовин надземною масою залежить від вмісту їх у сухій речовині та урожайності травостою. Так, найбільший винос поживних речовин (305 кг/га азоту, 29 кг/га фосфору та 467 кг/га калію) зафіксовано за повного мінерального удобрення з підвищеними дозами мінеральних добрив ($N_{105}P_{101}K_{101}$) в поєднанні із вапнуванням (6 т/га раз у вісім років) та органічними добривами. Слід відмітити, що винос поживних речовин у другому укосі був меншим в порівнянні із першим укосом. Це пояснюється нижчою урожайністю другого укосу, яка, як і у наших дослідженнях, спостерігалася у Карбівської У. М. [243] та Марцінка Т. І. і ін. [244].

У наших дослідженнях кількість нагромадженого азоту надземною масою конюшини лучної коливалася в межах 285–477 кг/га. За даними Франков-Ліндберга [245] конюшина лучна здатна накопичувати у надземній масі до 350 кг/га азоту.

Найвища кількість надходження азоту від вирощування конюшини лучної у короткоротаційній сівоzmіні при використанні її на корм (477 кг/га) відмічено за $N_{30}P_{34}K_{34}$ з 1,0 н $CaCO_3$ за Нг та органічними добривами, однак на даному травостой накопичилося лише 80 кг/га фосфору та 204 кг/га калію (табл. 6.4). Найвищий показник накопиченого фосфору відмічено за внесення $N_{105}P_{101}K_{101}$ + 1,0 н $CaCO_3$ за Нг + органічні добрива. За такої ж дози мінеральних добрив, але із збільшеною в 1,5 рази дозою вапна та без органіки, зафіксовано найвищий вміст калію – 326 кг/га.

Таблиця 6.4

**Баланс поживних речовин за використання двох укосів на корм, кг/га
(середнє за 2022–2024 рр.).**

Удобрєння на 1 га сівоzmінної площі	Надходження поживних речовин			Винос поживних речовин			Загальний баланс		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без добрив (контроль)	319	30	74	98	9	105	222	21	-31
1,0н $CaCO_3$ за Нг	285	22	79	164	13	111	121	9	-32
Органічні добрива	342	53	172	202	16	192	140	37	-20
$N_{65}P_{68}K_{68}$	286	100	202	147	16	234	139	85	-33
$N_{65}P_{68}K_{68}$ +1,0н $CaCO_3$ за Нг	416	112	222	270	25	322	146	87	-100
$N_{65}P_{68}K_{68}$ +1н $CaCO_3$ за Нг +органічні добрива	411	110	256	296	27	390	115	83	-135
$N_{65}P_{68}K_{68}$ +оптим. $CaCO_3$ (к.- осн.буф.) +органічні добрива	423	113	285	304	34	458	118	79	-173
$N_{30}P_{34}K_{34}$ +1,0н $CaCO_3$ за Нг +органічні добрива	477	80	204	285	25	325	192	55	-120
$N_{105}P_{101}K_{101}$ +1,0н $CaCO_3$ за Нг +органічні добрива	423	152	287	305	29	466	118	123	-179
$N_{105}P_{101}K_{101}$ +1,5н $CaCO_3$ за Нг	412	147	326	305	27	354	107	120	-28

Вирощування конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні без удобрення та із застосуванням будь-якого виду удобрення сприяє збагаченню ґрунту азотом та фосфором, про що свідчить позитивний баланс цих елементів. Без застосування добрив у ґрунті накопичувалося 222 кг азоту та 21 кг фосфору. Оскільки конюшина лучна містить високий вміст калію, то, відповідно, і баланс за калієм при використанні обох укосів на корм був негативним. Подібні результати із від'ємним вмістом калію у конюшині лучній отримано за результатами досліджень В. М. Польового [246] та ін. За їх даними із збільшенням рівня удобрення винос калію із урожаєм конюшини лучної збільшувався.

За використання другого укосу в якості сидерата (приорювання) нагромадження поживних речовин зросло, оскільки всі нагромаджені елементи у другому укосі залишилися у ґрунті. Відповідно зменшився винос поживних речовин. Згідно досліджень Г. Мойо та ін. [247] за використання конюшини із відчуженням її з поля кількість нагромадженого азоту у надземній масі становила 330–360 кг/га, однак за використання одного укосу в якості мульчі кількість винесеного азоту становила 113 кг/га. Ці результати досліджень співпадають із нашими, оскільки винос поживних речовин за використання другого укосу на сидерат зменшився в порівнянні із використанням двох укосів на корм (табл. 6.5).

За використання другого укосу як сидерата дозволило накопичити у ґрунті від 351 кг/га до 599 кг/га азоту. Найбільше нагромадження азоту зафіксовано за внесення $N_{30}P_{34}K_{34}$ в поєднанні із вапнуванням та органічними добривами, а за застосування лише мінеральних добрив $N_{65}P_{68}K_{68}$ кількість накопиченого азоту була найменшою і становила 351 кг/га.

Найвищі показники виносу азоту (175 кг/га) відмічено за удобрення $N_{105}P_{101}K_{101} + 1,5 \text{ н CaCO}_3$ за Нг.

Винос фосфору був невисоким і становив 4–16 кг/га, а винос калію, як і за попередньої системи використання конюшинового травостою, був найбільшим і коливався в межах від 55 до 280 кг/га.

**Баланс поживних речовин за використання першого укосу на корм, а
другого як сидерат, кг/га (середнє за 2022–2024 рр.)**

Удобрєння на 1 га сївозмїнної площї	Надходження поживних речовин			Винос поживних речовин			Загальний баланс		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без добрив (контроль)	368	35	119	49	4	60	319	30	60
1,0н CaCO ₃ за НГ	367	29	135	82	7	55	285	22	81
Органїчні добрива	432	60	248	111	9	117	322	52	131
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	351	107	284	83	9	152	268	97	132
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ +1,0н CaCO ₃ за НГ	536	123	349	150	14	195	386	109	154
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + +1,0н CaCO ₃ за НГ +органїчні добрива	553	122	433	153	14	214	400	108	219
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ +оптим. CaCO ₃ (к.- осн.буф.) +органїчні добрива	566	131	462	161	16	280	405	115	182
N ₃₀ P ₃₄ K ₃₄ +1,0н CaCO ₃ за НГ +органїчні добрива	599	90	339	163	14	190	436	76	148
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ +1,0н CaCO ₃ за НГ +органїчні добрива	565	165	479	163	16	275	402	150	204
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ +1,5н CaCO ₃ за НГ	542	159	498	175	15	183	367	144	315

Порівнюючи системи використання конюшини лучної, слід відмітити, що за використання другого укосу на сидерат різко покращився баланс поживних речовин і азоту зокрема. Так, його надходження у ґрунт збільшилося на 97–287 кг/га (рис. 6.1).



*Примітка: 1 – без добрив; 2 – 1,0н CaCO_3 за Нг; 3 – органічні добрива; 4 – $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$; 5 – $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68} + 1,0\text{н } \text{CaCO}_3$ за Нг; 6 – $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68} + 1,0\text{н } \text{CaCO}_3$ за Нг + органічні добрива; 7 – $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68} + \text{оптим. } \text{CaCO}_3$ (к.-осн.буф.) + органічні добрива; 8 – $\text{N}_{30}\text{P}_{34}\text{K}_{34} + 1,0\text{н } \text{CaCO}_3$ за Нг + органічні добрива; 9 – $\text{N}_{105}\text{P}_{101}\text{K}_{101} + 1,0\text{н } \text{CaCO}_3$ за Нг + органічні добрива; 10 – $\text{N}_{105}\text{P}_{101}\text{K}_{101} + 1,5\text{н } \text{CaCO}_3$ за Нг.

Рис. 6.1 – Баланс азоту за різних систем використання конюшинового травостою, середнє за 2022–2024 рр., кг/га

Дані балансу азоту за вирощування конюшини лучної із різними системами використання показують збільшення надходження поживних речовин із збільшенням доз удобрення. Так, без застосування добрив кількість надходження азоту в ґрунт від використання другого укосу на сидерат збільшилося лише на 97 кг/га, за використання лише вапнування – на 164 кг/га, за органічних добрив – на 182 кг/га, а за мінерального удобрення – на 128 кг/га. За поєднання різних видів удобрення надходження азоту у ґрунт зросло майже вдвічі – на 239–287 кг/га.

Використання другого укосу конюшини лучної на сидерат забезпечило позитивний баланс не лише азоту, а й фосфору і калію. Найбільшу кількість азоту у ґрунті забезпечило удобрення $\text{N}_{30}\text{P}_{34}\text{K}_{34} + 1,0\text{н } \text{CaCO}_3$ за Нг + органічні добрива, фосфору – $\text{N}_{105}\text{P}_{101}\text{K}_{101} + 1,0\text{н } \text{CaCO}_3$ за Нг + органічні добрива, а калію – $\text{N}_{105}\text{P}_{101}\text{K}_{101} + 1,5\text{н } \text{CaCO}_3$ за Нг.

Отже, вирощування конюшини лучної може бути ефективним агроекологічним заходом для підвищення родючості ґрунту та покращення балансу поживних речовин, особливо при використанні органо-мінеральних

систем удобрення та вапнування, а також при знижених дозах азотних добрив.

6.2 Енергетична ефективність вирощування конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні

В останні роки все більшої уваги набуває використання потенціалу травостоїв як альтернативного способу вироблення біоенергії [248, 249], особливо якщо їх кількість є більшою за потреби тваринництва [250]. Проведено багато досліджень для визначення біоенергетичного потенціалу трав'яних рослин з напівприродних та сіяних травостоїв [251, 252, 253, 254]. Дослідженнями Мелтса і Хайнсу [255] встановлено, що рослинна біомаса з природних лук з високим рівнем біорізноманіття та сіяних довготривалих травостоїв характеризуються високим вмістом клітковини, низьким вмістом цукру, крохмалю та жиру. Оскільки, біодеструкція сировини з високим вмістом клітковини є складним процесом, це призводить до зниження виходу біогазу. Однак, за даними Кінга та ін. [256] звичайні сіяні види трав сільськогосподарських травостоїв, такі як пажитниця багаторічна, пажитниця багатоквітка, тимофіївка лучна, грястиця збірна і конюшина лучна можуть мати високий біоенергетичний потенціал.

На витрати сукупної енергії спосіб використання травостою конюшини лучної не мав суттєвого значення, однак, види удобрення та вапнування сильно впливали на енергетичні затрати. Сукупні енергетичні затрати енергії на вирощування конюшинового травостою без використання добрив становили 4,1 ГДж/га (табл. 6.6).

Застосування всіх видів удобрення та вапнування сприяло збільшенню енергозатрат. Найбільш енергозатратним заходом було удобрення сівозмінної площі органічними добривами – затрати сукупної енергії зросли на 5,4 ГДж/га. За використання вапнякових матеріалів енергезатрати зросли на 2,9 ГДж/га, а за мінерального удобрення – на 1,7 ГДж/га.

Енергетична ефективність технологій використання конюшини лучної

Удобрення на 1 га сівозмінної площі	Витрати сукупної енергії, ГДж/га		Вихід валової енергії, ГДж/га		Коефіцієнт енергетичної ефективності технології	
	кормове викорис-тання	кормово-сидераль не викорис-тання	кормове викорис-тання	кормово-сидераль не викорис-тання	кормове викорис-тання	кормово-сидераль не викорис-тання
Без добрив	4,108	4,107	87,7	52,4	21,4	12,8
1,0н CaCO ₃ за НГ	6,958	6,957	125,2	74,7	18,0	10,7
Органічні добрива	9,468	9,467	152,2	94,8	16,1	10,0
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	5,802	5,801	130,9	85,5	22,6	14,7
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1,0н CaCO ₃ за НГ	8,652	8,651	195,5	115,4	22,6	13,3
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1н CaCO ₃ за НГ + органічні добрива	14,012	14,011	214,0	125,2	15,3	8,9
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + оптим. CaCO ₃ (к.-осн.буф.) + органічні добрива	13,537	13,536	224,3	132,3	16,6	9,8
N ₃₀ P ₃₄ K ₃₄ + 1,0н CaCO ₃ за НГ + органічні добрива	13,165	13,164	201,0	122,8	15,3	9,3
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + 1,0н CaCO ₃ за НГ + органічні добрива	15,705	15,705	238,6	142,8	15,2	9,1
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + 1,5н CaCO ₃ за НГ	17,130	17,130	214,6	128,8	12,5	7,5

Порівнюючи дози та частоту застосування вапна, встановлено, що за внесення 2,5 т/га раз у ротацію затрати були нижчими на 0,5 ГДж/га в порівнянні із внесенням 6 т/га раз у дві ротації.

Найбільш енергозатратною системою удобрення (витрати сукупної енергії 17,1 ГДж/га) виявилось внесення $N_{105}P_{101}K_{101}$ в поєднанні із 9 т/га вапна раз у дві ротації.

Вихід валової енергії з конюшиного травостою коливався в межах від 52,4 до 214,6 ГДж/га і залежав як від удобрення з вапнуванням, так і від способу використання травостою. За використання зеленої маси обох укосів на корм вихід валової енергії був значно вищим і становив 87,7–214,6 ГДж/га, а за використання другого укосу на сидерат вихід валової енергії становив 52,4–128,8 ГДж/га.

За порівняння застосування лише одного виду удобрення встановлено, що найвищий вихід валової енергії забезпечують органічні добрива – 152,2 ГДж/га за кормового використання та 94,8 ГДж/га за кормово-сидерального. Поєднання різних видів удобрення та вапнування сприяло підвищенню виходу валової енергії. Найвищі показники (238,9 ГДж/га за кормового використання та 142,8 за кормово-сидерального) отримано за поєднання мінеральних добрив в дозі $N_{105}P_{101}K_{101}$ з органічними добривами та внесенням 6 т/га раз у дві ротації. Слід відмітити, що високі показники валової енергії (224,3 та 132,3 ГДж/га відповідно) забезпечило застосування $N_{65}P_{68}K_{68}$ разом із органічними добривами та внесенням вапна в дозі 2,5 т/га раз у ротацію.

Для визначення енергоефективності вирощування конюшини лучної було визначено коефіцієнт енергетичної ефективності. Враховуючи те, що при вирощуванні конюшини лучної немає побічної продукції, то можемо використовувати універсальний показник EROEI, який визначається як відношення виробленої енергії до витраченої енергії [257], за методикою українських науковців [184, 181, 182] цей показник називається як коефіцієнт енергетичної ефективності технології.

За даними Тарарико Ю. О. [258], якщо енергетичний коефіцієнт (відношення виробленої енергії до загальних витрат антропогенної енергії) менше 2 – ефективність дуже низька, 2–4 – ефективність низька, 4–6 –

ефективність середня, 6–8 – ефективність висока та більше 8 – дуже висока. Використовуючи цю шкалу та аналізуючи отримані дані, можна стверджувати, що усі досліджувані технології мають високу ефективність, оскільки за кормового використання коефіцієнт енергетичної ефективності коливався в межах 16,1–21,4 а за кормово-сидерального – 7,5–12,8.

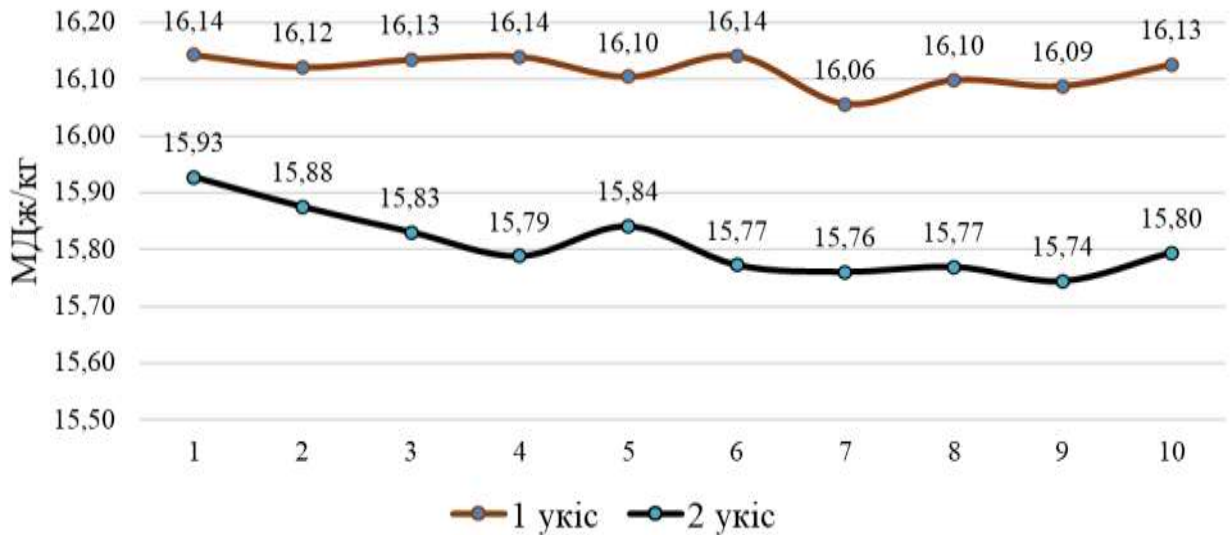
Найменші коефіцієнти енергетичної ефективності зафіксовано за внесення мінеральних добрив в дозі $N_{105}P_{101}K_{101}$ в поєднанні із вапнуванням в дозі 9 т/га раз у дві ротації, що зумовлено великими затратами на дану технологію. Найвищі показники енергетичної ефективності відмічено за застосування лише мінеральних добрив: коефіцієнт енергетичної ефективності за кормового використання становив 22,6, а за кормово-сидерального – 14,4, що перевищило навіть неудобрений травостій, затрати на який були мінімальними.

За порівняння технологій, які забезпечили високі показники урожайності і включали в себе всі види удобрення, найбільш енергетично-ефективною виявилась система удобрення сівозмінної площі, в якій поєднали мінеральні добрива в дозі $N_{65}P_{68}K_{68}$ з органічними та проводили вапнування в дозі 2,5 т/га раз у ротацію – коефіцієнт енергетичної ефективності становив 16,6 за кормового використання та 9,8 за кормово-сидерального.

Останнім часом все більше постає питання альтернативного використання біомаси, отриманої з травостоїв. Тому було вираховано теплотворну здатність конюшини лучної. Теоретичні розрахунки показали, що урожай першого укосу характеризується вищою теплотворною здатністю в порівнянні із другим укосом і становить 16,06–16,14 МДж/кг (рис. 6.2).

Вища теплотворна здатність урожаю першого укосу пояснюється нижчим вмістом зольних елементів у біомасі. Це підтверджено також дослідженнями В. М. Сінченка [185]. Найвищим цей показник (16,4 МДж/кг) був у біомасі, яка вирощувалася або без удобрення, або за використання мінеральних добрив в дозі $N_{65}P_{68}K_{68}$, або за поєднання цієї ж дози мінеральних добрив із вапнуванням та органічними добривами.

У другому укосі вміст сирової золи був значно вищим, що обумовило зниження теплотворної здатності біомаси. Найвищим цей показник (15,93 МДж/кг) був у біомасі конюшини лучної, отриманої без застосування будь якого виду удобрення та вапнування.



*Примітка: 1 – без добрив; 2 – 1,0н CaCO_3 за Нг; 3 – органічні добрива; 4 – $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$; 5 – $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$ + 1,0н CaCO_3 за Нг; 6 – $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$ + 1,0н CaCO_3 за Нг + органічні добрива; 7 – $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$ + оптим. CaCO_3 (к.-осн.буф.) + органічні добрива; 8 – $\text{N}_{30}\text{P}_{34}\text{K}_{34}$ + 1,0н CaCO_3 за Нг + органічні добрива; 9 – $\text{N}_{105}\text{P}_{101}\text{K}_{101}$ + 1,0н CaCO_3 за Нг + органічні добрива; 10 – $\text{N}_{105}\text{P}_{101}\text{K}_{101}$ + 1,5н CaCO_3 за Нг.

Рис. 6.2 – Теплотворна здатність урожаю конюшини лучної за використання її біомаси в якості твердого біопалива, МДж/кг

Отже, оптимізація систем удобрення і вапнування у короткоротаційній сівозміні дозволяє не лише підвищити енергоефективність технологій вирощування конюшини лучної, але й забезпечити збереження енергетичних ресурсів та стабільність агроecosистем у довгостроковій перспективі.

6.3 Економічна ефективність вирощування конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні

Ринок агропромислової продукції відіграє дедалі важливішу роль у розвитку сільського господарства. Умови ринкової економіки й посилення товарно-грошових відносин сприяють трансформації аграрного сектору в напрямку приватної власності на землю та засоби виробництва, що, у свою

чергу, стимулює підвищення ефективності товарного виробництва. Однак, нинішня економічна ситуація в аграрному секторі, а також кризові явища у тваринництві, значною мірою зумовлені незадовільним станом кормовиробництва, яке не завжди отримує належну увагу з боку виробників та науковців. У контексті цього завдання впровадження сучасних технологій для збільшення обсягів виробництва і покращення якості кормів набуває особливої актуальності.

З метою підвищення ефективності поверхневого покращення лук потрібно застосовувати комплекс науково обґрунтованих прийомів, адаптованих до складу трав, географічних умов та ресурсного забезпечення господарств. Рекомендації щодо технологій, що підтвердили свою ефективність у виробничих умовах, представлені в низці наукових публікацій і рекомендацій. Втім, у зв'язку з постійними змінами на ринку матеріально-технічних і трудових ресурсів, показники ефективності потребують регулярного оновлення.

У наших дослідженнях економічну оцінку вирощування конюшини лучної в короткоротаційній сівозміні виконано з урахуванням повної механізації процесів. Витрати на основні ресурси (насіння, добрива, паливо) розраховано за розробленими технологічними картами і поточними оптовими цінами станом на 1 листопада 2024 р., 1 т кормових одиниць конюшини лучної прирівнювали до вартості 1 т фуражного зерна вівса (7 600 грн).

Аналіз даних щодо економічної ефективності вирощування конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні при кормовому способі використання залежно від варіантів удобрення попередніх культур свідчить про значний вплив систем удобрення та вапнування на основні економічні показники технології вирощування конюшини лучної (табл. 6.7).

Варіант без внесення добрив характеризується найнижчою вартістю врожаю (24 054 грн/га) та найвищою собівартістю 1 т кормових одиниць (2 465 грн). Внесення вапна у дозі 1,0 н CaCO_3 за Нг сприяло підвищенню

вартості врожаю до 41 275 грн/га при одночасному зниженні собівартості продукції до 1 582 грн/т к.од.

Таблиця 6.7

**Економічна ефективність вирощування конюшини лучної у
короткоротаційній сівозміні залежно від удобрення попередніх культур
за кормового способу використання, середнє за 2022-2024 рр.**

Удобрення 1 га сівозмінної площі	Вартість урожаю, грн/га	Сукупні витрати, грн/га	Собівар- тість 1 т к. од., грн	Умовно чистий дохід, грн/га	Окупність 1 грн затрат, грн
Без добрив(контроль)	24054	7800,8	2465	16253	3,08
1,0н CaCO ₃ за Нг	41275	8592,6	1582	32682	4,80
Органічні добрива	49232	13357,5	2062	35875	3,69
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	42901	10864,6	1925	32036	3,95
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1,0н CaCO ₃ за Нг	63252	11656,3	1401	51596	5,43
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1н CaCO ₃ за Нг + органічні добрива	71296	17213,0	1835	54083	4,14
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ +оптим. CaCO ₃ (к.- осн.буф.) +органічні добрива	75544	17081,1	1718	58463	4,42
N ₃₀ P ₃₄ K ₃₄ + 1,0н CaCO ₃ за Нг +органічні добрива	64585	15681,1	1845	48904	4,12
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ +1,0н CaCO ₃ за Нг +органічні добрива	77111	20276,8	1998	56834	3,80
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ +1,5н CaCO ₃ за Нг	71942	20672,7	2184	51269	3,48

Найвищі показники економічної ефективності спостерігалися у варіантах комплексного застосування мінеральних, органічних добрив та вапнування. Так, за мінерального удобрення із вапнуванням отримано найвищу окупність витрат (5,43 грн на 1 грн затрат) при відносно невисоких сукупних витратах (11 656,3 грн/га) та собівартості продукції (1 401 грн/т к.од.). Максимальний умовно чистий дохід (58 463 грн/га) отримано при

застосуванні органо-мінеральної системи удобрення із внесенням на 1 га сівозмінної площі $N_{65}P_{68}K_{68}$, 2,5 т/га вапна раз у ротацію (норма розрахована за кислотно-основною буферністю) та 10 т/га органіки. Цей варіант також демонстрував високу окупність витрат (4,42 грн) при вартості врожаю 75 544 грн/га.

Порівняно з кормовим способом використання, кормово-сидеральний спосіб характеризується нижчими показниками економічної ефективності. Це пояснюється тим, що при сидерації другого укосу його вартість не враховується у формуванні товарної продукції, проте витрати на вирощування включаються у загальні виробничі затрати.

У варіанті без добрив при кормово-сидеральному використанні отримано найнижчу вартість врожаю (14 482 грн/га) та найвищу собівартість продукції (3 949 грн/т к.од.) (табл. 6.8). Внесення вапна покращує економічні показники: вартість врожаю зростає до 24 862 грн/га (+71,7% порівняно з контролем), собівартість продукції знижується до 2 542 грн/т к.од. (-35,6 %), умовно чистий дохід збільшується до 17 175 грн/га (+126,4 %), а окупність витрат підвищується до 3,23 грн (+53,8 %). Найвищі показники економічної ефективності при цьому способі використання спостерігалися у варіанті мінерального удобрення із вапнуванням, де окупність 1 грн затрат становила 3,49 грн, а умовно чистий дохід – 26 772 грн/га при собівартості продукції 2 305 грн/т к.од.

Варіант зі зниженою дозою мінеральних добрив забезпечує вартість врожаю 39 570 грн/га при сукупних витратах 14 775,6 грн/га. Собівартість продукції становить 2959 грн/т к.од., умовно чистий дохід – 24 794 грн/га, а окупність витрат – 2,68 грн.

Порівняння економічних показників за двома способами використання демонструє суттєву різницю в ефективності. При кормовому способі використання вартість врожаю в середньому на 66,2 % вища, ніж при кормово-сидеральному способі. При кормово-сидеральному способі використання собівартість 1 т кормових одиниць в середньому на 55,6 %

вища, ніж при кормовому способі. При кормовому способі використання умовно чистий дохід в середньому у 2,1 рази вищий, ніж при кормово-сидеральному способі. Окупність витрат при кормовому способі використання в середньому на 59,8 % вища, ніж при кормово-сидеральному способі.

Таблиця 6.8

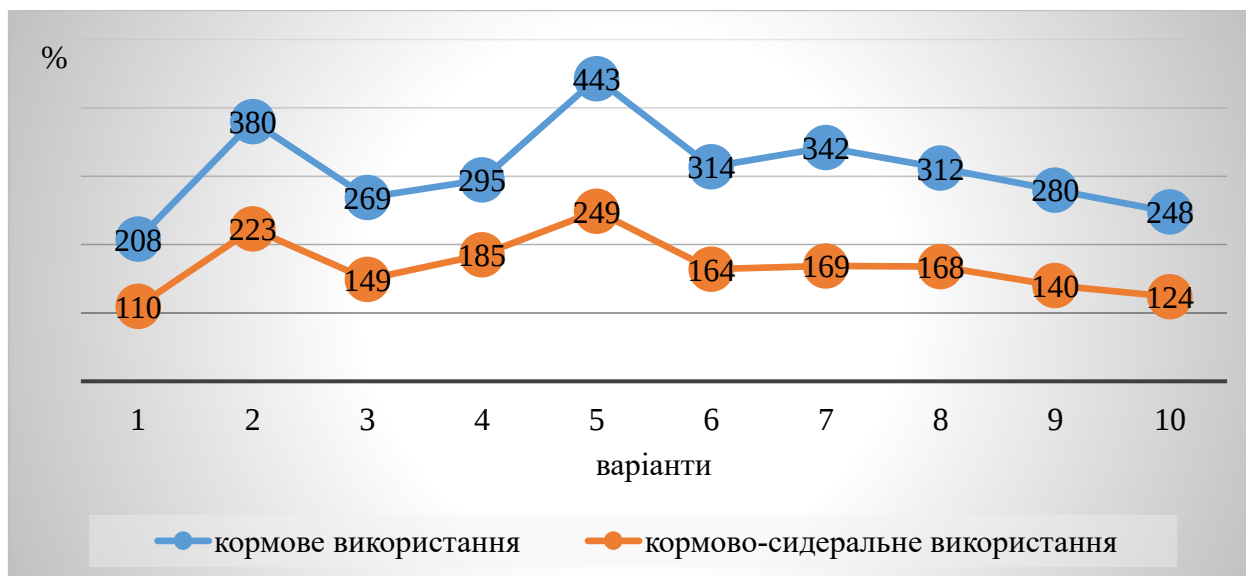
**Економічна ефективність вирощування конюшини лучної у
короткоротаційній сівозміні залежно від удобрення попередніх культур
за кормово-сидерального способу використання, середнє за 2022-2024 рр.**

Удобрєння 1 га сівозмінної площі	Вартість урожаю, грн/га	Сукупні витрати, грн/га	Собівар- тість 1 т к. од., грн	Умовно чистий дохід, грн/га	Окуп- ність 1 грн затрат, грн
Без добрив (контроль)	14482	6895,2	3949	7586	2,10
1,0н CaCO ₃ за Нг	24862	7687,0	2542	17175	3,23
Органічні добрива	30964	12451,9	3211	18512	2,49
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	28336	9959,0	2840	18377	2,85
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1,0н CaCO ₃ за Нг	37523	10750,8	2305	26772	3,49
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1,0н CaCO ₃ за Нг + органічні добрива	43013	16307,5	2993	26706	2,64
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ +оптим. CaCO ₃ (к.-осн. буф.) +органічні добрива	43472	16175,5	2828	27296	2,69
N ₃₀ P ₃₄ K ₃₄ + 1,0н CaCO ₃ за Нг + органічні добрива	39570	14775,6	2959	24794	2,68
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + 1,0н CaCO ₃ за Нг + органічні добрива	46403	19371,3	3276	27032	2,40
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + 1,5н CaCO ₃ за Нг	44328	19767,1	3497	24561	2,24

Рівні рентабельності при кормовому способі використання суттєво вищі, ніж при кормово-сидеральному для всіх варіантів удобрення, що підтверджує економічні переваги кормового способу використання.

Найвищий рівень рентабельності при кормовому та кормово-сидеральному способі використання спостерігається у варіанті мінеральної системи удобрення з вапнуванням, що відповідає найвищим окупностям витрат за відповідних систем використання.

Найнижчі рівні рентабельності при обох способах використання спостерігаються без застосування добрив (208 % за кормового використання та 110 % за кормово-сидерального) (рис. 6.3).



*Примітка: 1 – без добрив; 2 – 1,0н CaCO_3 за Нг; 3 – органічні добрива; 4 – $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$; 5 – $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$ + 1,0н CaCO_3 за Нг; 6 – $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$ + 1,0н CaCO_3 за Нг + органічні добрива; 7 – $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$ + оптим. CaCO_3 (к.-осн.буф.) + органічні добрива; 8 – $\text{N}_{30}\text{P}_{34}\text{K}_{34}$ + 1,0н CaCO_3 за Нг + органічні добрива; 9 – $\text{N}_{105}\text{P}_{101}\text{K}_{101}$ + 1,0н CaCO_3 за Нг + органічні добрива; 10 – $\text{N}_{105}\text{P}_{101}\text{K}_{101}$ + 1,5н CaCO_3 за Нг.

Рис. 6.3 – Рівні рентабельності технологій вирощування конюшини лучної у короткоротаційній сівоzmіні залежно від удобрення попередніх культур та способу використання, %.

Найвищі показники рентабельності при кормовому способі використання отримано у варіантах $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$ + 1,0 н CaCO_3 за Нг та $\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$ + оптимальна доза CaCO_3 + органічні добрива. При кормово-сидеральному способі використання рентабельність для всіх варіантів удобрення та вапнування була нижчою, що обумовлено економічною специфікою цього способу, коли частина біомаси не реалізується як товарна продукція.

Впроваджено у виробництво технологію вирощування конюшини лучної на кормові та кормово-сидеральні цілі, на що є відповідні акти (додаток Р, додаток С).

Висновки до розділу

1. Вирощування конюшини лучної в короткоротаційній сівозміні має значний потенціал для збагачення ґрунту азотом, фосфором і калієм, особливо завдяки симбіотичній азотфіксації та накопиченню кореневої маси. Застосування органічних та органо-мінеральних добрив у поєднанні з вапнуванням сприяє підвищенню симбіотичної активності конюшини лучної, сприяючи засвоєнню до 217 кг/га атмосферного азоту, водночас вміст калію у ґрунті часто залишається недостатнім через значний його винос з урожаєм.

2. Використання другого укосу як сидерату дозволяє зберегти поживні речовини у ґрунті, що позитивно впливає на його родючість. Однак, надмірне застосування азотних добрив знижує біологічну азотфіксацію, що свідчить про необхідність оптимізації доз мінеральних добрив.

3. Найвища енергоефективність вирощування конюшини лучної в короткоротаційній сівозміні досягається при застосуванні комбінованих систем удобрення, що включають органічні та мінеральні добрива разом із вапнуванням. Поєднання органічних і мінеральних добрив з вапнуванням у дозі 2,5 т/га раз на ротацію забезпечує коефіцієнт енергетичної ефективності на рівні 16,6 за кормового використання та 9,8 за кормово-сидерального при виході валової енергії 224,3 ГДж/га, та врожайності сухої маси 11,9 т/га.

4. Найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності спостерігається при використанні помірних доз мінеральних добрив ($N_{65}P_{68}K_{68}$) і становить 22,6 та 13,3 в залежності від способу використання. Використання конюшини лучної як зеленого добрива знижує вихід валової енергії, однак сприяє збереженню і покращенню родючості ґрунтів, що важливо для забезпечення стійкого розвитку агроєкосистем.

5. За кормового способу використання конюшини лучної найвищий умовно-чистий дохід (58 463 грн/га) дозволяє отримати застосування органо-мінеральної системи удобрення із внесенням $N_{65}P_{68}K_{68}$, 10 т/га гною та 2,5 т/га вапна раз у ротацію (доза розрахована за кислотно-основною буферністю), при цьому окупність однієї гривні затрат становить 4,42 грн, а собівартість продукції – 2 993 грн/га.

6. Кормово-сидеральний спосіб використання конюшини лучної характеризується нижчими показниками економічної ефективності порівняно з кормовим, проте має агрономічне значення для підвищення родючості ґрунту та забезпечення сталості агроєкосистеми.

7. Підвищені дози мінеральних добрив ($N_{105}P_{101}K_{101}$) та вапна (1,5 н $CaCO_3$ за Нг) без використання органічних добрив не забезпечують адекватного зростання економічної ефективності як при кормовому, так і при кормово-сидеральному способах використання, що вказує на економічну недоцільність застосування надмірних доз агрохімікатів.

8. Періодичне внесення вапна у нормі 1,0 н $CaCO_3$ за Нг навіть без додаткового удобрення значно покращує економічні показники вирощування конюшини лучної, що підтверджує важливість регулювання кислотності ґрунту для бобових культур.

Результати досліджень опубліковані в наукових працях:

1. Olifir Yu., Habryel A., Havryshko O., Partyka T., Konyk H., Kozak N. The influence of long-term anthropogenic load on the migration of mobile aluminum compounds, physical and chemical properties of Albic Stagnic Luvisol. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2023. Vol. LXVI, No 2. P. 85–93 [259].

2. Olifir Y., Habryel A., Partyka T., Havryshko O., Kozak N., Lykhochvor V. The content of mobile aluminium compounds depending on the long-term use of various fertilizing and liming systems of Albic Pantostagnic Luvisol. *Agronomy Research*. 2023. 21(2). P. 869–882 [224].

3. Olifir Yu. M., Habryel A. Y., Partyka T. V., Havryshko O. S., Konyk G. S., Kozak N. I., Lykhochvor V.V. An acid-base buffering model to describe pH buffering capacity of an acid Albic Stagnic Luvisol under long-term agricultural land use and management. *Agricultural Science and Practice*. 2022. Vol. 9, No. 3. 18–28 [260].

4. Оліфір Ю. М., Габриєль А. Й., Гавришко О. С., Партика Т. В., Козак Н. І. Динаміка окисно-відновного потенціалу під кукурудзою і ячменем ярим за тривалих антропогенних навантажень ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту. *Агронаука і практика*, Вип. 2, Ч. 3, 2023. С. 4–10 [261].

6. Оліфір Ю. М., Габриєль А. Й., Гавришко О. С., Партика Т. В., Козак Н. І. Фракційний та груповий склад гумусу ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту за тривалих агрогенних навантажень. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2023. Вип. 74 (2). С.96–106 [262].

7. Оліфір Ю., Габриєль А., Гавришко О., Партика Т., Козак Н. Управління родючістю та біопродуктивністю ґрунтів. *Аграрна наука – виробництво: агрономія: Посібник* / За науковою редакцією д. с.-г. н. Стасіва О. Оброшине: Видавництво Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН, 2023. 452 с. ISBN 978-617-95252-5-4 [263].

8. Оліфір Ю. М., Партика Т. В., Козак Н. І., Габриєль А. Й., Гавришко О. С. Особливості функціонування кислотно-основної буферності ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту залежно від доз меліоранту. *Агронаука і практика*. 2022. Вип. 1, Ч. 3. С. 4–9 [264].

9. Партика Т. В., Оліфір Ю. М., Габриєль А. Й., Гавришко О. С., Козак Н. І. Вплив антропогенного навантаження на ферментативну активність ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту. *Агронаука і практика*. 2022. Вип. 1, Ч. 4. С. 28–33 [265].

10. Козак Н. Агроекологічне значення конюшини лучної за вирощування її у сівоzmінах. *Екологічна безпека та збалансоване природокористування в*

агропромисловому виробництві : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (Київ, 6-7 липня 2023 р.). Київ, 2023. С. 216–219 [266].

11. Козак Н. І., Оліфір Ю. М., Панахид Г. Я., Коник Г. С. Баланс поживних речовин за вирощування конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні. Актуальні проблеми агропромислового виробництва України: стратегії стійкості сільськогосподарського сектору під час війни та у післявоєнний період : матеріали XIII Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених (с. Оброшине, 19 листопада 2024 р.). Львів-Оброшине, 2024. С. 45–46 [267].

12. Козак Н. І., Панахид Г. Я., Оліфір Ю. М., Стасів О. Ф. Економічна ефективність вирощування конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні. Актуальні проблеми агропромислового виробництва України: стратегії стійкості сільськогосподарського сектору під час війни та у післявоєнний період : матеріали XIII Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених (с. Оброшине, 19 листопада 2024 р.). Львів-Оброшине, 2024. С. 47–49 [268].

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

З метою отримання 11,4 т/га сухої маси, 8,7 т/га кормових одиниць на ясно-сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтах в умовах Західного Лісостепу доцільно вирощувати конюшину лучну у короткоротаційних сівозмінах за висіву її під покрив ячменю ярого, застосування на 1 га сівозмінної площі 2,5 т/га вапна раз у чотири роки, 10 т гною, $N_{65}P_{68}K_{68}$ та двохукісного використання на корм.

Для підвищення родючості ясно-сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтів та отримання 7,3 т/га сухої маси та 5,9 т/га кормових одиниць доцільно вирощувати конюшину лучну у короткоротаційних сівозмінах за висіву її під покрив ячменю ярого; вносити $N_{105}P_{101}K_{101}$, 6 т/га вапна раз у вісім років та 10 т гною на 1 га сівозмінної площі; використовувати перший укіс на корм, другий – на сидерат.

ВИСНОВКИ

1. У дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення та нове вирішення наукової задачі, що полягає у виявленні закономірностей формування кормової та енергетичної продуктивності конюшини лучної за застосування вапнування, органічної, мінеральної і органо-мінеральної систем удобрення та теоретичне обґрунтування оптимального способу використання конюшини лучної, вирощеної у короткоротаційній сівоzmіні в умовах Західного Лісостепу.

2. Органо-мінеральна система удобрення з обов'язковим включенням вапнування забезпечує збереження частки конюшини лучної у першому укосі на рівні 81–84%, при цьому її відсоток знаходиться у сильній кореляції із застосуванням органічних добрив ($r = 0,967$) та середній залежності із використанням вапна ($r = 0,685$), яке забезпечує найвищий відсоток листя у травостої (26 % у першому і 21 % у другому укосах).

3. Максимальна продуктивність (12,6 т/га сухої маси, 10,15 т/га кормових одиниць та 1,18 т/га перетравного протеїну) досягається за органо-мінеральної системи удобрення короткоротаційної сівоzmіні з внесенням на сівоzmінну площу підвищених доз мінеральних добрив ($N_{105}P_{101}K_{101}$), 10 т/га гною та 6 т/га вапна раз у дві ротації. Встановлено сильну кореляцію між виходом сухої речовини та органо-мінеральною системою удобрення на фоні вапнування ($r = 0,892$).

4. Внесення вапна, доза якого розрахована за кислотно-основною буферністю, має перевагу порівняно із традиційним розрахунком за гідролітичною кислотністю: за такого підходу вихід кормових одиниць був на 0,56 т/га вищим, а вихід перетравного протеїну – на 0,11 т/га вищим.

5. Продуктивність конюшини лучної у першому укосі значно переважає другий укіс: у першому укосі формується 59–66% сухої речовини, а вихід кормових одиниць в 1,5–1,9 рази вищий порівняно з другим укосом. Другий укіс характеризується меншою щільністю травостою, проте вищою часткою

бобового компоненту (93–97%) внаслідок випадання несіяних злакових трав і різнотрав'я.

6. Вапнування сприяє підвищенню вмісту сирого протеїну у кормі конюшини лучної до 12,12 % у першому укосі та 17,67 % у другому укосі за рахунок збільшення частки конюшини лучної у травостой. Максимальний вміст сирого протеїну (14,50 % у першому укосі та 17,95 % у другому) забезпечує поєднання органічних добрив, $N_{65}P_{68}K_{68}$ із 2,5 т/га $CaCO_3$, внесеного раз у ротацію. Внесення мінеральних добрив без вапнування знижує вміст протеїну через зменшення частки конюшини у травостой.

7. Застосування органічних та органо-мінеральних систем удобрення у поєднанні з вапнуванням сприяє підвищенню симбіотичної активності конюшини лучної та засвоєнню до 217 кг/га атмосферного азоту. Використання другого укосу як сидерату дозволяє зберегти поживні речовини у ґрунті, проте надмірне застосування азотних добрив знижує біологічну азотфіксацію.

8. Органо-мінеральна система удобрення сівозміни ($N_{65}P_{68}K_{68}$ + 10 т/га гною) на фоні $CaCO_3$, розрахованого за рН-буферністю (2,5 т/га раз у ротацію), сприяє оптимізації кислотно-основних параметрів ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту, забезпечуючи рівень pH_{KCl} в полі конюшини лучної на рівні 4,94–5,16, Нг – 2,58–2,62 мг-екв/100 г ґрунту, суми увібраних основ – 5,5–6,3 мг-екв/100 г ґрунту та рухомого Al^{3+} на рівні 4,6–3,8 мг/кг ґрунту, підвищуючи при цьому вміст гумусу з 1,48 % (контроль – без добрив) до 1,91 %.

9. Поєднання органічних і мінеральних добрив з вапнуванням у дозі 2,5 т/га раз у ротацію забезпечує коефіцієнт енергетичної ефективності на рівні 16,6 за кормового використання та 9,8 за кормово-сидерального при виході валової енергії 224,3 ГДж/га.

10. За кормового способу використання найвищий умовно чистий дохід (58 463 грн/га) забезпечує органо-мінеральна система удобрення на фоні вапнування ($N_{65}P_{68}K_{68}$, 10 т гною, 2,5 т вапна – доза розрахована за кислотно-

основною буферністю – на 1 га сівозмінної площі) з окупністю однієї гривні затрат 4,42 грн. Кормово-сидеральний спосіб використання характеризується нижчою економічною ефективністю, проте має агроекологічне значення для підвищення родючості ґрунту.

11. Підвищені дози мінеральних добрив у короткоротаційній сівозміні ($N_{105}P_{101}K_{101}$) в поєднанні із 10 т/га органічних добрив та 6 т/га вапна раз у дві ротації обумовлюють підвищення собівартості 1 т кормових одиниць до 1998 грн/га за кормового використання та до 3276 грн/га за кормово-сидерального, однак дана система удобрення забезпечує накопичення у ґрунті з рослинними рештками 402 кг/га азоту, 150 кг/га фосфору та 204 кг/га калію, що дозволяє використовувати конюшину лучну в якості фітобіологічного меліоранта.

12. Оптимальною системою удобрення конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні на ясно-сірих лісових поверхнево оглеєних ґрунтах є органо-мінеральна система з внесенням на 1 га сівозмінної площі $N_{65}P_{68}K_{68}$, 10 т/га гною та 2,5 т/га вапна, доза якого розрахована за кислотно-основною буферністю. Така система забезпечує високу частку бобового компоненту у травостой (81 %), оптимальний баланс стебел і листя у структурі рослин, максимальну продуктивність, якість корму, енергетичну та економічну ефективність при мінімізації екологічних ризиків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Про затвердження Порядку використання у 2008 році коштів, передбачених у державному бюджеті для фінансування заходів із захисту, відтворення та підвищення родючості ґрунтів : Постанова Каб. Міністрів України від 28.06.2008 р. № 257 : станом на 15 лют. 2025 р. URL: https://zakononline.com.ua/documents/show/287209__287274 (дата звернення: 05.02.2025).
2. United Nations. World population prospects 2019: Highlights. Department of Economic and Social Affairs, population division, ST/ESA/SER.A/423. 2019.
3. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nation). The resource outlook to 2050: By how much do land, water and crop yields need to increase by 2050? Expert meeting on how to feed the world in 2050. 2009. URL: <https://www.fsnnetwork.org/resource-outlook-2050-how-much-do-land-water-and-crop-yields-need-increase-2050> (date of access: 20.02.2025).
4. Permanent agricultural grassland in Europe. EUROSTAT. Statistic Explained. ISSN 2443-8219. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Permanent_agricultural_grassland_in_Europe#Permanent_agricultural_grassland_at_EU_level (date of access: 20.02.2025).
5. FAO. FAOSTAT Agri-environmental Indicators, Land Use. 2018. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/EL> (date of access: 20.02.2025).
6. Suter M., Huguenin-Elie O., Lüscher A. Multispecies for multifunctions: combining four complementary species enhances multifunctionality of sown grassland. Scientific Reports. 2021. № 11. Article number: 3835. URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-021-82162-y> (date of access: 20.02.2025).
7. Sanderson M. A. Stability of production and plant species diversity in managed grasslands: A retrospective study. *Basic and Applied Ecology*. 2010. № 11. P. 216–224.
8. Komainda M., Isselstein J. Effects of functional traits of perennial ryegrass cultivars on forage quality in mixtures and pure stands. *The Journal of Agricultural Science*. 2020. № 158. P. 173–184.

9. Milk yield and urinary-nitrogen excretion of dairy cows grazing forb pasture mixtures designed to reduce nitrogen leaching / R. H. Bryant et al. *Livestock Science*. 2018. № 209. P. 46–53.

10. Beneficial effects of multi-species mixtures on N₂O emissions from intensively managed grassland swards / S. Cummins et al. *Science of the Total Environment*. 2021. № 792. P. 148163. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148163> (date of access: 20.02.2025).

11. Apparent Red Clover Nitrogen Credit to Corn: Evaluating Cover Crop Introduction / L. E. Gentry et al. *Agronomy Journal*. 2013. № 105 (6). P. 1658–1664. URL: <https://doi.org/10.2134/agronj2013.0089> (date of access: 20.02.2025).

12.. Increasing crop diversity in wheat rotations increases yields but decreases soil health / I. V. Agomoh et al. *Soil & Water Management & Conservation*. 2020. № 84 (1). P. 170–181. URL: <https://doi.org/10.1002/saj2.20000> (date of access: 20.02.2025).

13. Crop Rotation, Red Clover and Cropping History Influences Microbial Amino Sugars of a Clay Loam Soil / B. Zhang et al. *Soil Biology & Biochemistry*. 2014. № 78 (3). P. 818–824. URL: <https://doi.org/10.2136/sssaj2013.03.0098> (date of access: 20.02.2025).

14. Annual crop statistics - Handbook Page 1 / 200 Document Version 2023 dated 01/02/2023. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/Annexes/apro_cp_esms_an1.pdf (date of access: 20.02.2025).

15. Vânia C. S. Robust biological nitrogen fixation in a model grass–bacterial association. *The Plant Journal*. 2015. Vol. 81. P. 907–919.

16. Herben T. Long-term time series of legume cycles in a semi-natural montane grassland: evidence for nitrogen-driven grass dynamics? *Functional Ecology*. 2017. Vol. 31. P. 1430–1440.

17. Коваленко В. П. Оптимізація удобрення і його роль у формуванні продуктивності фітомаси сортів конюшини лучної. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*.

2017. № 1. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2017_1_14 (дата звернення: 15.03.2018).

18. Potential of legume-based grassland-livestock systems in Europe: a review / A. Lüscher et al. *Grass and Forage Science*. 2014. Vol. 69. P. 206–228. URL: <https://doi.org/10.1111/gfs.12124> (date of access: 20.02.2025).

19. Genome assembly and annotation for red clover (*Trifolium pratense*; Fabaceae) / J. Ištváněk et al. *American Journal of Botany*. 2014. Vol. 101, Is. 2. P. 327–337. URL: <https://doi.org/10.3732/ajb.1300340> (date of access: 20.02.2025).

20. The use of red clover (*Trifolium pratense*) in soil fertility-building: A Review / P. McKenna et al. *Field Crops Research*. 2018. Vol. 221. P. 38–49. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.02.006> (date of access: 20.02.2025).

21. Discovering candidate SNPs for resilience breeding of red clover / J. Osterman et al. *Front. Plant Sci.* 2022. Vol. 13. URL: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.997860> (date of access: 20.02.2025).

22. Heslop A. D., Jahufe Z., Hofmann R. W. Responses to water stress extremes in diverse red clover germplasm accessions. *Front. Plant Sci.* 2023. Vol. 14. URL: <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1195058> (date of access: 20.02.2025).

23. Trnka M. Climate change and impact on European grasslands: proceedings of the 16th symposium of the European Grassland Federation. *Grassland Farming and Land Management Systems in Mountainous Regions* (Gumpenstein, Austria, 2011). Gumpenstein, 2011. P. 39–51.

24. Swiss agriculture in a changing climate: grassland production and its economic value / P. Calanca et al. *The coupling of climate and economic dynamics*. 2005. Vol. 22. P. 341–353.

25. Alkemade R., Bakkenes M., Eickhout B. Towards a general relationship between climate change and biodiversity: an example for plant species in Europe. *Regional Environmental Change*. 2011. Vol. 11. P. 143–150.

26. Hopkins A., Del Prado A. Implications of climate change for grassland in Europe: impacts, adaptations and mitigation options: a review. *Grass and Forage Science*. 2007. Vol. 62. P. 118–126.

27. Anthropogenic climate change has slowed global agricultural productivity growth / A. Ortiz-Bobea et al. *Nat. Climate Change*. 2021. Vol. 11 (4). P. 306–312. URL: <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01000-1> (date of access: 20.02.2025).

28. Improving resilience of northern field crop systems using inter-seeded red clover: A review / A. C. M. Gaudin et al. *Agronomy*. 2013. Vol. 3. P. 148–180. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy> (date of access: 20.02.2025).

29. Забарна Т. А. Вплив сіяних травостоїв конюшини лучної на нагромадження кореневої маси та зміну фізико-хімічних показників родючості ґрунту. *Polish journal of science*. 2020. № 26. P. 3–8.

30. Trükmann K. Quantifizierung der Stabilisierungseffekte von Pflanzenwurzeln als Möglichkeit zur Reduzierung der mechanischen Bodendeformationen in Grünland : doctoral thesis. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 2011. URL: http://eldiss.uni-kiel.de/macau/receive/dissertation_diss_00006942 (last accessed: 23.07.2018).

31. Assessment of red clover (*Trifolium pratense* L.) productivity in environmental stress / M. Tucak et al. *Poljoprivreda*. 2016. № 22 (2). P. 3–9. URL: <https://doi.org/10.18047/poljo.22.2.1> (date of access: 20.02.2025).

32. Nitrogen status of functionally different forage species explains resistance to severe drought and post-drought overcompensation / D. Hofer et al. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2017. № 236. P. 312–322. URL: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.11.022> (date of access: 20.02.2025).

33. Stevenson K., Zhou M., Smith R. Screening for waterlogging tolerance in strawberry clover and other perennial legumes. In: 18th Australian Society of Agronomy Conference, 'Doing More with Less'. Ballarat, Vic. (Eds O'Leary G. J., Armstrong R. D., Hafner L.), 2017. URL: <http://www.agronomyaustraliaproceedings.org/> (date of access: 20.02.2025).

34. Isselstein J., Kayser M. Functions of grasslands and their potential in delivering ecosystem services. *Grassland Science in Europe*. 2014. Vol. 19. P. 199–214.
35. Huyghe C., De Vlieghe A., Golinski P. European grasslands overview: Temperate region. *Grassland Science in Europe*. 2014. Vol. 19. P. 29–40.
36. Адаптивні енергоощадні технології вирощування багаторічних бобових трав на корм в умовах Лісостепу правобережного / Г. П. Квітко та ін. *Корми і кормовиробництво*. 2010. Вип. 66. С. 78–82.
37. Протопіш І. Г., Квітко Г. П., Гетман Н. Я. Багаторічні бобові трави – безальтернативний попередник пшениці озимої в умовах Правобережного Лісостепу. *Корми і кормовиробництво*. 2012. Вип. 72. С. 34–39.
38. Fate of nitrogen in agriculture and environment: Agronomic, eco-physiological and molecular approaches to improve nitrogen use efficiency / M. Anas et al. *Biological Research*. 2020. № 16(1). P. 47. URL: <https://doi.org/10.1186/s40659-020-00312-4> (date of access: 20.02.2025).
39. Chojnacka K., Moustakas K., Witek-Krowiak A. Bio-based fertilizers: A practical approach towards circular economy. *Bioresource Technology*. 2020. № 295. P. 122223. URL: <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2019> (date of access: 20.02.2025).
40. Effect of slurry application techniques on nitrous oxide emission from temperate grassland under varying soil and climatic conditions / J. K. Nyameasem et al. *Grass and Forage Science*. URL: <https://doi.org/10.1111/gfs.12612> (date of access: 20.02.2025).
41. Pirhofer-Walzl K. Nitrogen transfer from forage legumes to nine neighbouring plants in a multi-species grassland. *Plant Soil*. 2012. Vol. 350. P. 71–84. URL: <https://doi.org/10.1007/s11104-011-0882-z> (date of access: 20.02.2025).
42. N₂-fixation and residual N effect of four legume species and four companion grass species / J. Rasmussen et al. *Eur. J. Agron*. 2012. Vol. 36. P. 66–74. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2011.09.003> (date of access: 20.02.2025).

43. Finn J. A. Ecosystem function enhanced by combining four functional types of plant species in intensively managed grassland mixtures: a 3-year continental-scale field experiment. *J. Appl. Ecol.* 2013. Vol. 50. P. 365–375. URL: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12041> (date of access: 20.02.2025).

44. Aguilera E., Lassaletta L., Sanz-Cobena A. The potential of organic fertilizers and water management to reduce N₂O emissions in Mediterranean climate cropping systems. A review. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2013. № 164. P. 32–52.

45. Carter M. S., Sorensen P., Petersen S. O. Effects of green manure storage and incorporation methods on nitrogen release and N₂O emissions after soil application. *Biology and Fertility of Soils*. 2014. Vol. 50. P. 1233–1246.

46. Short communication: A survey of grass-clover ley management and creation of a near infra-red reflectance spectroscopy equation to predict clover concentration / A. L. Thomson et al. *Animal Feed Science and Technology*. 2018. № 245. P. 48–53.

47. Preissel S., Reckling M., Schläfke N. Magnitude and farm-economic value of grain legume pre-crop benefits in Europe: A review. *Field Crops Research*. 2015. Vol. 175. P. 64–79.

48. Use of legume green manures as nitrogen sources for corn production / M. Liebman et al. *Renewable Agriculture And Food Systems*. 2012. № 27 (3). P. 180–191. URL: <https://doi.org/10.1017/S1742170511000299> (date of access: 20.02.2025).

49. Energy use efficiency, GHG emissions, and cost-effectiveness of organic and sustainable fertilization / E. Sarauskis et al. *Energy*. 2019. № 172. P. 1151–1160. URL: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.02.067> (date of access: 20.02.2025).

50. Del Prado A. Synergies between mitigation and adaptation to climate change in grassland based farming systems. *Grassland Science in Europe*. 2014. Vol. 19. P. 61–74.

51. Strategies for high nitrogen production and fertilizer value of plant-based fertilizers / M. Lynge et al. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 2022. № 186 (1). P. 105–115.

52. Råberg T., Carlsson G., Jensen E. S. Nitrogen balance in a stockless organic cropping system with different strategies for internal N cycling via residual biomass. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 2018. № 112(2). P. 165–178.

53. Lucerne (*Medicago sativa*) or grass-clover as cut-and-carry fertilizers in organic agriculture. In: Á. Helgadóttir & A. Hopkins (Eds.) / G. J. Van der Burgt et al. *The role of grasslands in a green future: Threats and perspectives in less favoured areas*. Proceedings of the 17th Symposium of the European Grassland Federation, Akureyri, Iceland, 23–26 June 2013. Borgarnes, Iceland, 2013. P. 123–125.

54. Utilization of nitrogen in legume-based mobile green manures stored as compost or silage. In: A. K. Løes, M. Askegaard, V. Langer, K. Partanen, S. Pehme, I. A. Rasmussen, E. Salomon, P. Sørensen, K. Ullvén, & M. Wivstad (Eds.) / Sørensen P., Kristensen E., Odokonyero K., Petersen S. O. *Organic farming systems as a driver for change*. NJF Report, Bredsten, Denmark, 2013. P. 157–158.

55. Schipanski M. E., Drinkwater L. E. Nitrogen fixation of red clover interseeded with winter cereals across a management-induced fertility gradient. *Nutr. Cycling Agroecosyst.* 2011. Vol. 90. P. 105–119. URL: <https://doi.org/10.1007/s10705-010-9415-z> (date of access: 20.02.2025).

56. Replacing animal manure with plant-based fertiliser in organic blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) production / M. Hefner et al. *Scientia Horticulturae*. 2021. № 285. P. 110168. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110168> (date of access: 20.02.2025).

57. Кормові культури: селекція та технологія вирощування: Монографія / За наук. редакцією д.с.-г.н. Панахид Г. / [Г. Панахид, Л. Байструк-Глодан, О. Перегрим, Г. Коник, Л. Янсе, М. Галан, Ю. Лісова, Н. Рудавська, У.

Ільчиняк, Л. Бугрин, Т. Марцінко, Н. Карасевич]. Оброшине: Видавництво Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН, 2022. 212 с.

58. Grass–legume mixtures can yield more nitrogen than legume pure stands due to mutual stimulation of nitrogen uptake from symbiotic and non-symbiotic sources / D. Nyfeler et al. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2011. № 140 (1–2). P. 155–163. URL: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.11.022> (date of access: 20.02.2025).

59. Application of nitrogen fixing systems in soil management. FAO solis bulletin. Roma FAO. 1982. № 3. 188 p.

60. Red clover varieties show nitrogen fixing advantage during the early stages of seedling development / M. S. Thilakarathna et al. *Can. J. Plant Science*. 2017. № 98. P. 517–526. URL: <https://doi.org/10.1139/cjps-2017-0071> (date of access: 20.02.2025).

61. Comparisons of biological nitrogen fixation in association with white clover (*Trifolium repens* L.) under four fertiliser nitrogen inputs as measured using two ¹⁵N techniques / W. Burchill et al. *Plant Soil*. 2014. № 385 (1–2). P. 287–302. URL: <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2199-1> (date of access: 20.02.2025).

62. Кургак В. Г., Горкуша С. П. Значення сортів і сортосумішок багаторічних бобових трав у підвищенні продуктивності сіяних лук. *Збірник наукових праць ННЦ "Інститут землеробства"*. 1997. Вип. 1. С. 26–28.

63. Давидюк М. Ф., Белаш В. А., Кочик Г. М. Створення високопродуктивних сінокосів за ресурсоощадною технологією. *Корми і кормовиробництво*. 2001. Вип. 47. С. 207–210.

64. Макаренко П. С., Деркач В. С. Роль верхових і низових злакових трав при створенні травостоїв пасовищного і укісного використання. *Корми і кормовиробництво*. 2004. Вип. 54. С. 61–65.

65. Макаренко П. С. Створення високопродуктивних агрофітоценозів на осушених луках із засоленими фрунтами. *Вісник аграрної науки*. 2003. Спец. випуск. С. 11–15.

66. Nyfeler D. Strong mixture effects among four species in fertilized agricultural grassland led to persistent and consistent transgressive overyielding. *Journal of Applied Ecology*. 2017. Vol. *Applied Ecology in Agricultural Systems*. P. 683–691.

67. Hofer D. Yield of temperate forage grassland species is either largely resistant or resilient to experimental summer drought. *Journal of Applied Ecology*. 2016. Vol. 53. P. 1023–1034.

68. Png G. K. Greater root phosphatase activity in nitrogen-fixing rhizobial but not actinorhizal plants with declining phosphorus availability. *Journal of Ecology*. 2017. Vol. 105. P. 1246–1255.

69. Malisch C. S. Multifunctional benefits of sainfoin mixtures: Effects of partner species, sowing density and cutting regime. *Grass and Forage Science*. 2017. Vol. 72. P. 794–805.

70. AHDB. Beef and sheep BRP manual: Managing clover for better returns. Agriculture and Horticulture Development Board – Better returns program, Warwickshire, UK, 2016. URL: <http://beefandlamb.ahdb.org.uk/wp-content/uploads/2016/07/BRP-Managing-clover-manual-4-150716.pdf> (date of access: 20.02.2025).

71. Improved persistence of red clover (*Trifolium pratense* L.) increases the protein supplied by red clover/grass swards grown over four harvest years / A. H. Marshall et al. *Eur. J. Agron.* 2017. № 89. P. 38–45. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.06.006> (date of access: 20.02.2025).

72. Голуб В., Голуб С. Фітоценотична стійкість і фотосинтетична продуктивність агроценозів *Triticosecale* за різних систем удобрення. *Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки*. Розділ І. Ботаніка. 2017. Вип. 7. С. 72–80.

73. The influence of AKM Growth Regulator on Photosynthetic Activity of Oilseed Flax Plants in the Conditions of Insufficient Humidification of the Southern Stepp of Ukraine. In: Modern Development Paths of agricultural production / Eremenko O., Kalenska S., Pokoptseva L., Todorova L. Editor V.

Nadykto. 2019. P. 703–807. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-14918-5_78 (date of access: 20.02.2025).

74. Темрієнко О. О. Фотосинтетична та насіннева продуктивність посівів сої залежно від технологічних прийомів вирощування в умовах Лісостепу Правобережного. *Таврійський науковий вісник*. 2018. № 100, Т. 2. С. 75–85.

75. Фізіологія рослин / За редакцією професора М. М. Макрушина [М. М. Макрушин, Є. М. Макрушина, Н. В. Петерсон, М. М. Мельников] Вінниця: Нова Книга, 2006. 416 с.

76. Польовий А. М., Божко Л. Ю., Вольвач О. В. Основи агрометеорології: Підручник. Одеса: ТЕС, 2012. 250 с.

77. Вегетаційні індекси для повного аналізу рослинності. Ears observing system. Сільське господарство. Блог. URL: <https://eos.com/uk/blog/vehetatsiini-indeksy/> (дата звернення: 20.02.2025).

78. Шувар А. М., Рудавська Н. М., Беген Л. Л. Формування асиміляційної поверхні бінарних посівів зернових і зернобобових культур. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. Вип. 67 (II). С. 240–252.

79. Виговський І. В. Структура врожаю злаково-бобового травостою залежно від складу травосумішки, удобрення і стимулятора росту. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С. З. Гжицького*. 2015. Том 17, № 1 (61), Частина 3. С. 29–33.

80. Стоцька С. В. Концентрація хлорофілу в листках рослин конюшини лучної залежно від впливу агротехнічних прийомів вирощування в умовах Полісся Центрального. *Вісник ЖНАЕУ*. 2017. № 2 (61), т. 1. С. 72–77.

81. Коваленко В. П. Оптимізація удобрення і його роль у формування продуктивності фітомаси сортів конюшини лучної. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2017. № 1(65). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidy/article/view/8118/7760> (дата звернення: 20.02.2025).

82. Коваленко В. П. Формування площі листової поверхні та урожайність багаторічних трав у залежності від його складу та рівня мінерального живлення. *Науковий вісник НУБіП України. Серія «Агрономія»*. 2015. Вип. 210, Ч. 1. С. 58–63.

83. Surface Mulching with Red Clover in White Cabbage Production. Nitrogen Uptake, Ammonia Losses and the Residual Fertility Effect in Ryegrass / B. Båth et al. *Biological Agriculture & Horticulture*. 2006. № 23(3). P. 287–304. URL: <https://doi.org/10.1080/01448765.2006.9755330> (date of access: 20.02.2025).

84. Contributions of Different Perennial Grass Species and Their Roots' Characteristics to Soil Organic Carbon Accumulation / A. Skersiene, A. Slepetiene, V. Stukonis, E. Norkeviciene *Sustainability*. 2024. Vol. 16. P. 6037. URL: <https://doi.org/10.3390/su16146037> (date of access: 20.02.2025).

85. Azzaroli Bleken M., Francischinelli Rittl T., Nadeem Sh. Low N₂O emissions induced by root-derived residues compared to aboveground residues of red clover or grass mixed into soil. *Soil and Tillage Research*. 2025. Vol. 245. P. 106309. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gcb.14054> (date of access: 20.02.2025).

86. Roots and other residues from leys with or without red clover: Quality and effects on N₂O emission factors in a partly frozen soil following autumn ploughing / M. Azzaroli Bleken et al. *Science of The Total Environment*. 2022. Vol. 831. P. 154582. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154582> (date of access: 20.02.2025).

87. Карбівська У. М. Накопичення кореневої маси бобових трав та її вплив на поживний режим дерново-підзолистого ґрунту. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. Вип. 67 (I). С. 84–97.

88. Karbivska U. Accumulation of root mass and symbiotic nitrogen on legume-cereal grass mixtures. *Scientific Horizons*. 2020. № 05 (90). P. 29–35. URL: <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-90-5-29-35> (date of access: 20.02.2025).

89. Dahlin A. S., Mårtensson A. M. Cutting regime determines allocation of fixed nitrogen in white clover. *Biol Fertil Soils*. 2008. № 45. P. 199–204. URL: <https://doi.org/10.1007/s00374-008-0328-9> (date of access: 20.02.2025).

90. Sullivan M. L., Quesenberry K. H. Clover red (*Trifolium pratense*). *Methods Mol Biol*. 2015. № 1223. P. 237–254.

91. Red Clover Derived Isoflavones: Metabolism and Physiological Effects in Cattle and Sheep and their Concentration in Milk Produced for Human Consumption / J. Taponen et al. *Recent Advances in Polyphenol Research*, Volume 2. 2010. URL: <https://doi.org/10.1002/9781444323375.ch9> (date of access: 20.02.2025).

92. Revision of the currently authorised maximum copper content in complete feed. EFSA Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed (FEEDAP). *EFSA Journal*. 2016. № 14 (8). P. e04563. URL: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2016.4563> (date of access: 20.02.2025).

93. Phillips C. J. C., James N. L., Murray-Evans J. P. Effect of forage supplements on the incidence of bloat in dairy cows grazing high clover pastures. *Vetrecord*. 1996. № 139 (7). P. 162–165. URL: <https://doi.org/10.1136/vr.139.7.162> (date of access: 20.02.2025).

94. Horsted K., Hammershøj M., Allesen-Holm B. H. Effect of grass–clover forage and whole-wheat feeding on the sensory quality of eggs. *Science of Food and Agriculture*. 2010. № 90 (2). P. 343–348. URL: <https://doi.org/10.1002/jsfa.3825> (date of access: 20.02.2025).

95. Stødkilde L., Ambye-Jensen M., Jensen S. K. Biorefined grass-clover protein composition and effect on organic broiler performance and meat fatty acid profile. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2020. № 104 (6). P. 1757–1767. URL: <https://doi.org/10.1111/jpn.13406> (date of access: 20.02.2025).

96. Turan F., Akyurt I. Effects of red clover extract on growth performance and body composition of African catfish *Clarias gariepinus*. *Fisheries Science*. 2025. № 71 (3). P. 618–620. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1444-2906.2005.01006.x> (date of access: 20.02.2025).

97. Finneran E. Economic modelling of an integrated grazed and conserved perennial ryegrass forage production system. *Grass and Forage Science*. 2012. Vol. 67. P. 162–176.
98. Hopkins A., Wilkins R. J. Temperate grassland: Key developments in the last century and future perspectives. *The Journal of Agricultural Science*. 2006. Vol. 144. P. 503–523.
99. Huyghe C. Grasslands and herbivore production in Europe and effects of common policies. Versailles: Quae, 2014. 320 p.
100. Oenema O., de Klein C., Alfaroc M. Intensification of grassland and forage use: Driving forces and constraints. *Crop and Pasture Science*. 2014. Vol. 65. P. 524–537.
101. Peeters A. Importance, evolution, environmental impact and future challenges of grasslands and grassland-based systems in Europe. *Grassland Science*. 2009. Vol. 55. P. 113–125.
102. Jørgensen U., Jensen S. K., Ambye-Jensen M. Coupling the benefits of grassland crops and green biorefining to produce protein, materials and services for the green transition. *Grass and Forage Science*. 2022. № 77 (4). Special Issue: Topics from the General Meeting of the European Grassland Federation held in 2022. P. 295–306. URL: <https://doi.org/10.1111/gfs.12594> (date of access: 20.02.2025).
103. Elgersm A. Grazing increases the unsaturated fatty acid concentration of milk from grass-fed cows: A review of the contributing factors, challenges and future perspectives. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2015. Vol. 117. P. 1345–1369.
104. Hornton P. K. Livestock production: recent trends, future prospects. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2010. Vol. 365. P. 2853–2867.
105. Virto I. Soil degradation and soil quality in Western Europe: Current situation and future perspectives. *Sustainability*. 2015. Vol. 7(1). P. 313–365.

106. A review of the use of chicory, plantain, red clover and white clover in a sward mix for increased sheep and beef production / L. M. Cranston et al. *Journal of New Zealand Grasslands*. 2015. Vol. 77. P. 89-94.

107. Approaches to optimizing nitrogen fertilization in a winter wheat–red clover (*Trifolium pratense* L.) relay cropping system / A. C. M. Gaudin et al. *Field Crops Research*. 2014. Vol. 155. P. 192-201. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.09.005> (date of access: 20.02.2025).

108. Стоцька С. В., Мойсієнко В. В., Панчишин В. З. Вплив елементів технології вирощування конюшини лучної на поживність листостеблової маси. *Агробіологія*. 2018. № 1. С. 215–224.

109. Забарна Т. А. Формування продуктивності конюшини лучної залежно від факторів інтенсифікації. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 21. С. 95–108.

110. Лагуш Н. І. Вплив тривалого застосування добрив у зерно-просапній сівоzmіні на агрохімічні властивості ґрунту та продуктивність конюшини лучної. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2019. № 2. С. 25–28. URL: <https://doi.org/10.31395/2310-0478-2019-2-25-28> (дата звернення: 20.02.2025).

111. A two-year comparison on nutritive value and yield of eight lucerne cultivars and one red clover cultivar / D. O. Sousa et al. *Grass And Forage Science*. 2020. № 75 (1). P. 76–85. URL: <https://doi.org/10.1111/gfs.12459> (date of access: 20.02.2025).

112. Forage legumes for grazing and conserving in ruminant production systems / P. Phelan et al. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2015. № 34(1–3). P. 281–326. URL: <https://doi.org/10.1080/07352689.2014.898455> (date of access: 20.02.2025).

113. Red clover varieties of Mattenkleee type have higher production, protein yield and persistence than Ackerklee types in grass–clover mixtures / N. J. Hoekstra et al. *Grass and Forage Science*. 2018. № 73 (2). P. 297–308. URL: <https://doi.org/10.1111/gfs.1230> (date of access: 20.02.2025).

114. Yield, Forage Nutritive Value, and Preference of Legumes under Horse Grazing / D. N. Catalano et al. *Agronomy journal*. 2019. № 111 (3). P. 1312–1322. URL: <https://doi.org/10.2134/agronj2018.07.0442> (date of access: 20.02.2025).

115. Dewhurst R. J. Milk production from silage: Comparison of grass, legume and maize silages and their mixtures. In: K. Kuoppala, M. Rinne, & A. Vanhatalo (Eds.), *Proceedings of the XVI International Silage Conference*. MTT Agrifood Research Finland, University of Helsinki, 2012. P. 134–135.

116. Special topics-Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options / A. N. Hristov et al. *Journal of Animal Science*. 2013. № 91(11). P. 5045–5069. URL: <https://doi.org/10.2527/jas.2013-6583> (date of access: 20.02.2025).

117., Potential use of forage-legume intercropping technologies to adapt to climate-change impacts on mixed crop-livestock systems in Africa: A review / A. Hassen et al. *Regional Environmental Change*. 2017. № 17(6). P. 1713–1724. URL: <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1131-7> (date of access: 20.02.2025).

118. DEFRA. Farm Practices Survey: Basic Payment Scheme and greening - England. National Statistics. 2015.

119. Optimizing yield and flower resources for pollination in intensively managed multi-species grasslands / W. Cong et al. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2020. № 302. P. 107062. URL: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107062> (date of access: 20.02.2025).

120. Legume Crops Phylogeny and Genetic Diversity for Science and Breeding / P. Smýkal et al. *CRC Crit. Rev. Plant Sci*. 2015. № 34(1-3). P. 43–104.

121. Improved solubility of proteins from white and red clover – inhibition of redox enzymes / B. Amer et al. *Food Science and Technology*. 2021. № 56 (1). P. 302–311. URL: <https://doi.org/10.1111/ijfs.14632> (date of access: 20.02.2025).

122. The characterization of isoflavone content in the croatian red clover collection / M. Tucak et al. *Poljoprivreda*. 2019. № 25(1). P. 1–11. URL: <https://doi.org/10.18047/poljo.25.1.1> (date of access: 20.02.2025).

123. Agricultural sustainability and intensive production practices / D. Tilman et al. *Nature*. 2002. № 418. P. 671–677. URL: <https://doi.org/10.1038/nature01014> (date of access: 20.02.2025).
124. Mandil C. Biofuels for transport an international perspective. International Energy Agency, 2004. P. 25–47.
125. European Union. Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council. OJ140, 2009. P. 16–62.
126. Rotational grass/clover for biogas integrated with grain production – A life cycle perspective / P. Tidåker et al. *Agricultural Systems*. 2014. Vol. 129. P. 133–141.
127. Faba beans for biorefinery feedstock or feed? Greenhouse gas and energy balances of different applications / H. Karlsson et al. *Agricultural Systems*. 2015. Vol. 141. P. 138–148.
128. Comparing energy crops for biogas production – Yields, energy input and costs in cultivation using digestate and mineral fertilisation / C. Gisséna et al. *Biomass and Bioenergy*. 2014. Vol. 64. P. 199–210.
129. Wachendorf M., Soussana J. T. Perspectives of energy production from grassland biomass for atmospheric greenhouse gas mitigation. *Grassland Science in Europe*. 2012. Vol. 17. P. 425–435.
130. Herrmann C. Biomass from landscape management of grassland used for biogas production: Effects of harvest date and silage additives on feedstock quality and methane yield. *Grass and Forage Science*. 2014. Vol. 69. P. 549–566.
131. Khalsa J. Effects of species richness and functional groups on chemical constituents relevant for methane yields from anaerobic digestion: Results from a grassland diversity experiment. *Grass and Forage Science*. 2012. Vol. 69. P. 49–63.
132. Melts I., Heinsoo K., Ivask M. Herbage production and chemical characteristics for bioenergy production by plant functional groups from semi-natural grasslands. *Biomass and Bioenergy*. 2014. Vol. 67. P. 160–166.

133. Tilvikiene V., Slepetiene A., Kadziulien Z. Effects of 5 years of digestate application on biomass production and quality of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.). *Grass and Forage Science*. 2018. № 73. P. 206–217.
134. Van Meerbeek K. Energy potential for combustion and anaerobic digestion of biomass from low-input high-diversity systems in conservation areas. *Global Change Biology Bioenergy*. 2015. Vol. 7. P. 888–898.
135. Prochnow A. Bioenergy from permanent grassland – A review: 1. *Biogas. Bioresour. Technol.* 2009. № 100. P. 4931–4944. URL: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.05.070> (date of access: 20.02.2025).
136. Massé D. Methane yield from switchgrass and reed canarygrass grown in Eastern Canada. *Bioresour. Technol.* 2011. № 102. P. 10286–10292. URL: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.08.087> (date of access: 20.02.2025).
137. Forbs enhance productivity of unfertilised grass-clover leys and support low-carbon bioenergy / W.-F. Cong et al. *Scientific Reports*. 2017. № 7. P. 1422. URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-01632-4> (date of access: 20.02.2025).
138. Biogas potential of green biomass after protein extraction in an organic biorefinery concept for feed, fuel and fertilizer production / M. Santamaria-Fernandez et al. *Renewable Energy*. 2018. № 129. P. 769-775. Special Issue. Part B. URL: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.03.012> (date of access: 20.02.2025).
- 139., Demonstration-scale protein recovery by lactic acid fermentation from grass clover – a single case of the production of protein concentrate and press cake silage for animal feeding trials / M. Santamaria-Fernandez et al. *Biofuels, Bioproducts & Biorefining*. 2019. № 13 (3). P. 502–513.
140. Potential Nutrient Recovery in a Green Biorefinery for Production of Feed, Fuel and Fertilizer for Organic Farming / M. Santamaria-Fernandez et al. *Waste and Biomass Valorization*. 2020. № 11(11). P. 5901–5911. URL: <https://doi.org/10.1007/s12649-019-00842-3> (date of access: 20.02.2025).
141. Дроник Г. В., Пастух А. М., Морозова І. І. Вплив антропогенних факторів на родючість ґрунту, продуктивність орних земель, лук та пасовищ

у передгір'ї і гірській зоні Чернівецької області. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2009. Вип. 51. С. 42–51.

142. Lidthe W., Murzinsky J. Kształtowanie się plonów białka w mieszkach trawniasto-koniszynowych uprawianych jako użytki przemienne. *Optimalizacja produkcji białka roślinnego*. 1983. S. 253–261.

143. Forage yield of a grass-clover mixture on an acid soil in the third year after soil liming / D. Tomic et al. *Journal Of Central European Agriculture*. 2019. № 19 (2). P. 482–489. URL: <https://doi.org/10.5513/JCEA01/19.2.2149> (date of access: 20.02.2025).

144. Conyers M., Dang Y. P., Kirkegaard J. Strategic tillage within conservation agriculture. In: J. Pratley, Sr. & J. Kirkegaard, Sr. (Eds.), *Australian agriculture in 2020: From conservation to automation. Agronomy Australia*, 2019. P. 107–115.

145. Goulding K. W. T. Soil acidification and the importance of liming agricultural soils with particular reference to the United Kingdom. *Soil Use and Management*. 2016. Vol. 32. P. 134–142.

146. Carbon dioxide emission and humus status of Albic Stagnic Luvisol under different fertilization regimes / Y. M. Olifir et al. *Biosystems Diversity*. 2020. № 28 (3). P. 320–328. URL: <https://doi.org/10.15421/012040> (date of access: 20.02.2025).

147. Caddel J. L., Zhang H., Wise K. Responses of Alfalfa, Red Clover, and White Clover to Soil pH and Lime Treatments. *Forage & Grazinglands*. 2004. № 2 (1). P. 1-8. URL: <https://doi.org/10.1094/FG-2004-1028-01-RS> (date of access: 20.02.2025).

148. Kabata-Pendias A., Mukherjee A. B. Trace elements from soil to human. Springer Verlag, Berlin, 2007. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-540-32714-1> (date of access: 20.02.2025).

149. Immobilization and phytoavailability of cadmium in variable charge soils. III. Effect of biosolid compost addition / N. S. Bolan et al. *Plant Soil*. 2003.

№ 256. P. 231–241. URL: <https://doi.org/10.1023/A:1026288021059> (date of access: 20.02.2025).

150. Cadmium Uptake by Ryegrass and Ryegrass–Clover Mixtures under Different Liming Rates / E. Benyas et al. *Trace Element in the Environment*. 2018. № 47 (5). P. 1249–1257. URL: <https://doi.org/10.2134/jeq2018.01.0015> (date of access: 20.02.2025).

151. Legume Cover Crops Reduce Poultry Litter Application Requirements in Organic Systems / V. J. Ackroyd et al. *Agronomy Journal*. 2019. № 111 (5). P. 2361–2369.

152. Role of soil phosphorus on legume production. In: R. S. Meena, A. Das, G. S. Yadav, & R. Lal (Eds.) / T. Mitran et al. *Legumes for soil health and sustainable management*. Springer, 2018. P. 487–510. ISBN: 978-981-13-0252-7.

153. Integration of red clover into agricultural systems to address contemporary challenges / N. Kozak et al. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2024. Вип. 75(2). С. 7–19.

154. Swiss agriculture in a changing climate: grassland production and its economic value / P. Calanca, J. Fuhrer, A. Haurie, L. Viguiet. *The coupling of climate and economic dynamics*. 2005. Vol. 22. P. 341–353.

155. Alkemade R., Bakkenes M., Eickhout B. Towards a general relationship between climate change and biodiversity: an example for plant species in Europe. *Regional Environmental Change*. 2011. Vol. 11. P. 143–150.

156. Hopkins A., Del Prado A. Implications of climate change for grassland in Europe: impacts, adaptations and mitigation options: a review. *Grass and Forage Science*. 2007. Vol. 62. P. 118–126.

157. Knapp A. K., Ciais P., Smith M. D. Reconciling inconsistencies in precipitation–productivity relationships: implications for climate change. *New Phytologist*. 2017. Vol. 214. P. 41–47.

158. Porter J. R., Semenov M. A. Crop responses to climatic variation. *Philosophical Transactions of the Royal Society*. 2005. Vol. 360. P. 2021–2035 (B: Biological Sciences).

159. De Boeck H. J. Biomass production in experimental grasslands of different species richness during three years of climate warming. *Biogeosciences*. 2008. Vol. 5. P. 585–594.
160. Soussana J. F., Lüscher A. Temperate grasslands and global atmospheric change: a review. *Grass and Forage Science*. 2007. Vol. 62. P. 127–134.
161. Jentsch A., Kreyling J., Beierkuhnlein C. A new generation of climate-change experiments: events, not trends. *Frontiers In Ecology And The Environment*. 2007. Vol. 5. P. 365–374.
162. Parmesan C. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*. 2006. Vol. 37. P. 637–669.
163. Bellard C. Impacts of climate change on future biodiversity. *Ecology Letters*. 2012. Vol. 15. P. 365–377.
164. Oliver T. H., Morecroft M. D. Interactions between climate change and land use change on biodiversity: attribution problems, risks, and opportunities. *Advanced Review*. 2014. Vol. 5. P. 317–335.
165. Thuiller W. Climate change threats to plant diversity in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2005. Vol. 102. P. 8245–8250.
166. Гуменюк А. І. Ґрунти Львівщини та їх раціональне використання : рекомендації по інтенсифікації сільського господарства Львівщини. Львів : Каменяр, 1965. С. 17–37.
167. Назаренко І. І., Польчина В. А., Нікорич В. А. Ґрунтознавство : підручник. Чернівці : Книги ХХІ, 2004. 400 с.
168. Бабич А. О., Кулик М. Ф., Макаренко П. С. Методика проведення дослідів з кормовиробництва і годівлі тварин. Київ : Аграрна наука, 1998. 80 с.
169. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ : ЗАТ "Нічлава", 2003. 320 с.

170. Productivity and Topsoil Quality of Young and Old Permanent Grassland: An On-Farm Comparison / G. Iepema et al. *Sustainability*. 2020. № 12. P. 2600. URL: <https://doi.org/10.3390/su12072600> (date of access: 20.02.2025).

171. Plant–Soil Feedbacks in a Diverse Grassland: Soil Remembers, but Not Too Much / E. Kuřáková et al. *Journal of Ecology*. 2023. № 111. P. 1203–1217. URL: <https://doi.org/10.1111/1365-2745.14067> (date of access: 20.02.2025).

172. Вудмаска В. Ю., Прилуцький Б. П. Визначення поживності і якості кормів у господарстві. Київ : Урожай, 1975. 136 с.

173. Практикум з годівлі сільськогосподарських тварин / І. І. Ібатулін та ін. Київ : Вища освіта, 2003. 432 с.

174. Практикум з годівлі сільськогосподарських тварин: навчальний посібник/[Ібатулін І.І., Мельник Ю.Ф., Отченашко В.В., та ін.]; під ред. академіка НААН України І.І. Ібатуліна. – К.: 2015. – 422 с.

175. Oenema O., Kros H., de Vries W. Approaches and uncertainties in nutrient budgets: implications for nutrient management and environmental policies. *Eur. J. Agron.* 2003. № 20 (1-2). P. 3–16. URL: [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(03\)00067-4](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(03)00067-4) (date of access: 20.02.2025).

176. An empirical model for quantification of symbiotic nitrogen fixation in grass-clover mixtures / H. Høgh-Jensen et al. *Agricultural Systems*. 2004. № 82. P. 181–194. URL: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2003.12.003> (date of access: 20.02.2025).

177. Писаренко В. М., Писаренко П. В. Органічні добрива на захисті родючості ґрунту. Полтава : [б.в.], 2022. 156 с.

178. Grass–legume mixtures can yield more nitrogen than legume pure stands due to mutual stimulation of nitrogen uptake from symbiotic and non-symbiotic sources / D. Nyfeler et al. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2011. Vol. 140, Issues 1–2. P. 155–163.

179. Influence of inorganic nitrogen on nitrogen fixation by legumes as revealed by ¹⁵N / C. McAuliffe et al. *Agronomy Journal*. 1958. № 50. P. 334–337. URL:

<https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2134/agronj1958.00021962005000060014x> (date of access: 20.02.2025).

180. Effects of legumes and fertiliser on nitrogen balance and nitrate leaching from intact leys and after tilling for subsequent crop / D. Nyfeler et al. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2024. Vol. 360. P. 108776. URL: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108776> (date of access: 20.02.2025).

181. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ : Урожай, 1988. 205 с.

182. Даниленко А. С., Стахів О. А. Методика енергетичної оцінки ефективності аграрного природокористування на осушених землях. Рівне : РДТУ, 2000. 76 с.

183. Ключ С. В. Оцінка енергоефективності вирощування зернових культур для виробництва біопалива. *Енергосбережение*. 2012. № 3 (33).

184. Гарькавий А. Д., Спірін А. В. Конкурентоспроможність технологій і машин : навч. посіб. Вінниця : ВДАУ Тірас, 2003. 68 с.

185. Енергетична верба: технологія вирощування та використання / За загальною редакцією В. М. Сінченка. Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. 340 с.

186. Статистичний аналіз результатів польових дослідів у землеробстві / В. О. Ушкаренко та ін. Херсон : Айлант, 2013. 378 с.

187. Sward Species Diversity Impacts on Pasture Productivity and Botanical Composition Under Grazing Systems / A. Jezequel et al. *Grass and forage science*. 2024. Vol. 79 (4). P. 651–665. URL: <https://doi.org/10.1111/gfs.12700> (date of access: 20.02.2025).

188. Створення та використання лучних фітоценозів / Г. Панахид, Г. Коник, Д. Мізерник, М. Ярмолюк. Львів : Сполом, 2017. 342 с.

189. Пилипів Н. І. Структура врожаю сіяного бобово-злакового травостою залежно від видового складу та удобрення. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2022. Вип. 71 (2). С. 142–156.

190. Панахид Г. Я., Коник Г. С., Котяш У. О. Вміст органічних речовин у кормі різнотравно-злакового лучного агрофітоценозу тривалого використання. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2019. Вип. 65. С. 103–114.
191. Estimation of extractable protein in botanical fractions of legume and grass species / Z. Solati et al. *Grass and Forage Science*. 2018. № 73(2). P. 572–581. URL: <https://doi.org/10.1111/gfs.12325> (date of access: 20.02.2025).
192. Голуб В., Голуб С. Фітоценотична стійкість і фотосинтетична продуктивність агроценозів Triticosecale за різних систем удобрення. *Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки*. Розділ І. Ботаніка. 2017. Вип. 7. С. 72–80.
193. Simkin A. J., López-Calcano P. E., C. A. Raines. Feeding the world: improving photosynthetic efficiency for sustainable crop production. *Journal of Experimental Botany*. 2019. Vol. 70 (4). P. 1119–1140.
194. Темрієнко О. О. Фотосинтетична та насіннєва продуктивність посівів сої залежно від технологічних прийомів вирощування в умовах Лісостепу Правобережного. *Таврійський науковий вісник*. 2018. № 100, Т. 2. С. 75–85.
195. Панахид Г. Я., Козак Н. І., Сендецький В. М. Залежність продукційних процесів конюшини лучної від технологічних елементів. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2022. Вип. 71 (2). С. 39–51.
196. Козак Н. І. Продуктивність травостою конюшини лучної залежно від системи удобрення у короткоротаційній сівоzmіні. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2024. Вип. 76 (1). С. 72–84.
197. Козак Н. І. Ботанічний склад конюшини лучної за вирощування у короткоротаційній сівоzmіні. *Лучні агрофітоценози: інноваційні аспекти раціонального використання в умовах євроінтеграції* : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., с. Оброшине, 5 червня 2024 р. / ІСГ Карпатського регіону НААН. Оброшине, 2024. С. 27–29.

198. Козак Н. І. Щільність травостою конюшини лучної в короткоротаційній сівозміні. XII Всеукраїнська науково-практична конференція молодих вчених *«Актуальні проблеми агропромислового виробництва України: виклики і шляхи розвитку в умовах війни і повоєнної відбудови»*, Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН (с. Оброшине Львівського району Львівської області). 23 листопада 2023 р. С. 42–44.

199. Томашівський З. М., Коник Г. С. Наукові основи системи землеробства в західному регіоні України : монографія. Львів : СПОЛОМ, 2020. 284 с.

200. Вплив різних систем удобрення на продуктивність короткоротаційної сівозміни на ясно-сірому лісовому ґрунті / Т. В. Партика та ін. Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених *«Актуальні проблеми агропромислового виробництва України»* (с. Оброшине, 18 листопада 2021 р.). Львів-Оброшине : [Б. в.], 2021. С. 22–24.

201. Мащак Я. І., Тригуба І. Л. Продуктивність злаковобобових травосумішок залежно від удобрення та їх складу в умовах західного Лісостепу України. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2009. Вип. 51. Ч. 1. С. 119–126.

202. Ярмолюк М. Т., Котяш У. О., Демчишин Н. Б. Екобіологічні й агротехнічні основи створення та використання трав'янистих фітоценозів : монографія. Львів : [Б. в.], 2010. 232 с.

203. Мащак Я. І., Мізерник Д. І. Урожайність вироджених травостоїв залежно від всіяних видів і норм бобових багаторічних трав. *Вісник аграрної науки*. 2013. № 9. С. 16–19.

204. Бугрин Л. М. Продуктивний потенціал лучних фітоценозів як джерело трав'яних кормів для скотарства Карпатського регіону. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. Вип. 67 (I). С. 9–24. URL

205. Eriksen J., Askegaard M., Søegaard K. Complementary effects of red clover inclusion in ryegrass–white clover swards for grazing and cutting. *Grass and*

Forage Science. 2012. Vol. 69, Issue 2. P. 241–250. URL: <https://doi.org/10.1111/gfs.12025> (date of access: 20.02.2025).

206. Векленко Ю. А., Ковтун К. П., Безвугляк Л. І. Вплив способів сівби та просторового розміщення компонентів на формування бінарних люцерно-злакових травостоїв в умовах Лісостепу правобережного. *Корми і кормовиробництво*. 2015. № 81. С. 171–177.

207. Sindic C. M., Riday H. Using image object recognition to increase biomass in red clover (*Trifolium pratense* L.) breeding. *Crop Science*. 2020. Vol. 60. P. 1770–1781. URL: <https://doi.org/10.1002/csc2.20028> (date of access: 20.02.2025).

208. Zanutto S. Biochemical changes after cold acclimation in Nordic red clover (*Trifolium pratense* L.) accessions with contrasting levels of freezing tolerance. *Physiologia Plantarum*. 2023. Vol. 175, Issue 4. e13953. URL: <https://doi.org/10.1111/ppl.13953> (date of access: 20.02.2025).

209. Clavin D. Red clover for silage: management impacts on herbage yield, nutritive value, ensilability and persistence, and relativity to perennial ryegrass. *Grass and Forage Science*. 2016. Vol. 72. Issue 3. P. 414–431. URL: <https://doi.org/10.1111/gfs.12249> (date of access: 20.02.2025).

210. Марцінко Т. І. Формування сіяних лучних фітоценозів Передкарпаття залежно від удобрення. *Вісник аграрної науки*. 2023. № 3. С. 35–39.

211. Lüscher A. Potential of legume-based grassland–livestock systems in Europe: a review. *Grass and Forage Science*. 2014. Vol. 69. P. 206–228. URL: <https://doi.org/10.1111/gfs.12124> (date of access: 20.02.2025).

212. Lee M. R. F. Forage polyphenol oxidase and ruminant livestock nutrition. *Frontiers in Plant Science*. 2014. Vol. 5. P. 1–9. URL: <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00694> (date of access: 20.02.2025).

213. Hart E. H. The effects of PPO activity on the proteome of ingested red clover and implications for improving the nutrition of grazing cattle. *Journal of*

Proteomics. 2016. Vol. 141. P. 67–76. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2016.04.023> (date of access: 20.02.2025).

214. Fychan R., Sanderson R., Marley C. L. Effects of harvesting red clover/ryegrass at different stage of maturity on forage yield and quality. *Grassland Science in Europe*. 2016. Vol. 21 : The multiple roles of grassland in the European bioeconomy. P. 323–325.

215. Дзюбайло А. Г., Марцінко Т. І., Головчук М. І. Формування продуктивності бобово-злакових травосумішей залежно від удобрення. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. Вип. 67 (І). С. 39–53.

216. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Никітіна О. В. Агрохімія калію. Київ : [Б. в.], 2021. 264 с.

217. Rawat J., Sanwal P., Saxena J. Potassium and Its Role in Sustainable Agriculture. In: Meena V., Maurya B., Verma J., Meena R. (eds) Potassium Solubilizing Microorganisms for Sustainable Agriculture. Springer, New Delhi, 2016. P. 235–253. URL: https://doi.org/10.1007/978-81-322-2776-2_17 (date of access: 20.02.2025).

218. Козак Н. І., Панахид Г. Я. Енергетична ефективність вирощування конюшини лучної у короткоротаційній сівоzmіні. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2024. Вип. 76 (2). С.62–71.

219. Козак Н. І. Формування продуктивності конюшини лучної в короткоротаційній сівоzmіні в умовах Західного Лісостепу. *Актуальні проблеми агропромислового виробництва України: продовольча безпека в умовах воєнного часу і повоєнної відбудови країни* : матеріали XI Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених (с. Оброшине, 10 листопада 2022 р.). Львів-Оброшине, 2022. С. 54–56.

220. Козак Н. І. Кормова продуктивність та поживна цінність корму конюшини лучної вирощеної у короткоротаційній сівоzmіні. *Пріоритетні напрями наукового забезпечення виробництва продукції тваринництва у Карпатському регіоні для подолання викликів, пов'язаних з воєнним станом* :

матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (с. Оброшине, 25 червня 2024 р.). Оброшине, 2024. С. 55–57.

221. Козак Н. І. Уміст легкогідролізного азоту та врожайність конюшини лучної в короткоротаційній сівоzmіні. *Реалії імплементації Нитратної Директиви ЄС* : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. Охорона ґрунтів (м. Київ, 04 грудня 2024 р.). Київ, 2024. С. 42–43.

222. Annual crop statistics - Handbook Page 1 / 200 Document Version 2023 dated 01/02/2023. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/Annexes/apro_cp_esms_an1.pdf (date of access: 22.08.2024).

223. Журавель С. В., Кравчук М. М., Кропивницький Р. Б. Органічні добрива : навчальний посібник. Житомир : Вид-во Поліського ун-ту, 2020. 200 с.

224. Вплив вапнування та мінерального удобрення на кислотність ґрунтів у різних агрокліматичних зонах / О. В. Валецька та ін. *Вісник НУБГП*. 2024. Т. 3, № 107. С. 45–58. URL: <https://doi.org/10.31713/vs320244> (дата звернення: 20.02.2025).

225. The content of mobile aluminium compounds depending on the long-term use of various fertilizing and liming systems of Albic Pantostagnic Luvisol / Y. Olifir et al. *Agronomy Research*. 2023. № 21(2). P. 869–882.

226. The dynamics of mobile iron compounds and redox potential of Albic Pantostagnic Luvisol depending on long-term various fertilisation / Y. Olifir et al. *Soil Science Annual*. 2024. № 75(4). P. 195939.

227. Козак Н., Панахид Г. Комбіноване використання конюшини лучної в короткоротаційній сівоzmіні. Матеріали XV Міжнародної наукової конференції «*Корми і кормовий білок*» (м. Вінниця, 19–20 вересня 2023 р.). Вінниця, 2023. С. 87–89.

228. Надточій П. П., Трембіцький В. А. Кислотно-основна буферність і проблема вапнування кислих ґрунтів Полісся: актуальні питання

агроекології. *Вісник Державного агроекологічного університету*. 2003. № 2. С. 2–17.

229. Антропогенний вплив на морфологічні ознаки профілю і фізико-хімічні показники ясно-сірого лісового поверхнево-оглеєного ґрунту за різного використання / Ткаченко М. А. та ін. *Землеробство*. 2017. Вип. 4. С. 15–28.

230. Ткаченко М. А., Борис Н. Є. Оптимізація живлення сільськогосподарських культур за фізико-хімічної деградації кислих ґрунтів. *Вісник аграрної науки*. 2021. Т. 99. № 1. С. 15–22.

231. Цапко Ю., Десятник К., Огородня А. Меліорація кислих ґрунтів – сучасні погляди та шляхи розвитку. *Агрохімія та ґрунтознавство*. 2018. Т. 87. С. 11–15.

232. Surface Mulching with Red Clover in White Cabbage Production. Nitrogen Uptake, Ammonia Losses and the Residual Fertility Effect in Ryegrass / B. Båth et al. *Biological Agriculture & Horticulture*. 2006. № 23(3). P. 287–304. URL: <https://doi.org/10.1080/01448765.2006.9755330> (date of access: 20.02.2025).

233. Contributions of Different Perennial Grass Species and Their Roots' Characteristics to Soil Organic Carbon Accumulation / A. Skersiene et al. *Sustainability*. 2024. Vol. 16. P. 6037. URL: <https://doi.org/10.3390/su16146037> (date of access: 20.02.2025).

234. Azzaroli Bleken M., Francischinelli Rittl T., Nadeem Sh. Low N₂O emissions induced by root-derived residues compared to aboveground residues of red clover or grass mixed into soil. *Soil and Tillage Research*. 2025. Vol. 245. P. 106309. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gcb.14054> (date of access: 20.02.2025).

235. Roots and other residues from leys with or without red clover: Quality and effects on N₂O emission factors in a partly frozen soil following autumn ploughing / M. Azzaroli Bleken et al. *Science of The Total Environment*. 2022. Vol. 831. P. 154582. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154582>.

236. Карбівська У. М. Накопичення кореневої маси бобових трав та її вплив на поживний режим дерново-підзолистого ґрунту. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. Вип. 67 (I). С. 84–97.

237. Karbivska U. Accumulation of root mass and symbiotic nitrogen on legume-cereal grass mixtures. *Scientific Horizons*. 2020. № 05 (90). P. 29–35. URL: <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-90-5-29-35> (date of access: 20.02.2025).

238. Dahlin A. S., Mårtensson A. M. Cutting regime determines allocation of fixed nitrogen in white clover. *Biol Fertil Soils*. 2008. № 45. P. 199–204. URL: <https://doi.org/10.1007/s00374-008-0328-9> (date of access: 20.02.2025).

239. Нагромадження кореневої маси відновленого травостою залежно від всіяних видів трав та удобрення / Ю. О. Кобиренко та ін. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2015. Вип. 58 (I). С. 166–172.

240. Francis H. Nitrogen benefits when interseeding red clover into corn. University of Wisconsin-Madison. 2020. URL: https://agroecology.wisc.edu/wp-content/uploads/sites/75/2020/12/Francis_Thesis_Final.pdf (date of access: 20.02.2025).

241. Карбіська У. Симбіотична фіксація бобово-злакових травосумішок. *Вісник ЛНУП. Розділ 3. Рослинництво*. С. 72–76.

242. Riesinger P., Herzon I. Symbiotic nitrogen fixation in organically managed red clover-grass leys under farming conditions. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science*. 2010. № 60(6). P. 517–528. URL: <https://doi.org/10.1080/09064710903233870> (date of access: 20.02.2025).

243. Карбівська У. М. Урожайність культур та баланс основних елементів живлення темно-сірого ґрунту за вирощування бобово-злакових травосумішок. *Молодий вчений*. 2019. № 10(74). С. 392–397.

244. Марцінко Т. І., Карасевич Н. В., Бегей С. С. Вплив способів удобрення та режимів використання на формування бобово-злакового травостою. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2023. Вип. 73 (2). С. 63–75.

245. Frankow-Lindberg B. Red clover in cropping systems. Legumes in cropping systems. 2017. P. 157–167. URL: <https://doi.org/10.1079/9781780644981.0157> (date of access: 20.02.2025).

246. Польовий В. М., Ященко Л. А. Баланс калію за різного рівня удобрення у традиційній сівозміні західного Полісся. *Вісник НУБГП*. 2022. Вип. 4 (100). С. 197–208.

247. Influences of two-year red clover-grass ley management on nitrogen economy and following wheat performance. H. Moyo et al. / *Biological Agriculture & Horticulture*. 2016. Vol. 32 (2). P. 98–109.

248. Hadders G., Olsson R. Harvest of grass for combustion in late summer and in spring. *Biomass and Bioenergy*. 1997. Vol. 12. P. 171–175.

249 Kryzeviciene A. Perennial grasses as energy crops in Lithuania. *Grassland Science in Europe*. 2005. Vol. 10. P. 178–181.

250. Wachendorf M., Soussana J. T. Perspectives of energy production from grassland biomass for atmospheric greenhouse gas mitigation. *Grassland Science in Europe*. 2012. Vol. 17. P. 425–435.

251. Herrmann C. Biomass from landscape management of grassland used for biogas production: Effects of harvest date and silage additives on feedstock quality and methane yield. *Grass and Forage Science*. 2014. Vol. 69. P. 549–566.

252. Melts I., Heinsoo K., Ivask M. Herbage production and chemical characteristics for bioenergy production by plant functional groups from semi-natural grasslands. *Biomass and Bioenergy*. 2014. Vol. 67. P. 160–166.

253. Tilvikienė V., Slepetienė A., Kadziulienė Z. Effects of 5 years of digestate application on biomass production and quality of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.). *Grass and Forage Science*. 2018. № 73. P. 206–217.

254. Van Meerbeek K. Energy potential for combustion and anaerobic digestion of biomass from low-input high-diversity systems in conservation areas. *Global Change Biology Bioenergy*. 2015. Vol. 7. P. 888–898.

255. Melts I., Heinsoo K. Seasonal dynamics of bioenergy characteristics in grassland functional groups. *Grass and Forage Science*. 2015. Vol. 70. P. 49–63.

256. King C. Yield and chemical composition of five common grassland species in response to nitrogen fertiliser application and phenological growth stage. *Soil and Plant Science*. 2012. Vol. 62. P. 644–658.

257. Ключ С. В. Оцінка енергоефективності вирощування зернових культур для виробництва біопалива. *Енергосбережение*. 2012. № 3 (33). С. 14–16.

258. Тараріко Ю. О. Енергозберігаючі агроєкосистеми. Оцінка та раціональне використання агроресурсного потенціалу України. Київ : ДІА, 2011. 575 с.

259. The influence of long-term anthropogenic load on the migration of mobile aluminum compounds, physical and chemical properties of Albic Stagnic Luvisol / Yu. Olifir et al. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2023. Vol. LXVI, No2. P. 85–93.

260. An acid-base buffering model to describe pH buffering capacity of an acid Albic Stagnic Luvisol under long-term agricultural land use and management / Yu. M. Olifir et al. *Agricultural Science and Practice*. 2022. Vol. 9, No. 3. 18–28.

261. Динаміка окисно-відновного потенціалу під кукурудзою і ячменем ярим за тривалих антропогенних навантажень ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту / Ю. М. Оліфір та ін. *Агронаука і практика*. Вип. 2, Ч. 3, 2023. С. 4–10.

262. Фракційний та груповий склад гумусу ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту за тривалих агрогенних навантажень / Ю. М. Оліфір та ін. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2023. Вип. 74 (2). С.96–106.

263. Управління родючістю та біопродуктивністю ґрунтів / *Аграрна наука – виробництво : агрономія : посібник* / Ю. Оліфір та ін. За науковою редакцією д. с.-г. н. Стасіва О. Оброшине: Видавництво Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН, 2023. 452 с. ISBN 978-617-95252-5-4.

264. Особливості функціонування кислотно-основної буферності ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту залежно від доз меліоранту / Ю. М. Оліфір та ін. *Агронаука і практика*. 2022. Вип. 1, Ч. 3. С. 4–9.

265. Вплив антропогенного навантаження на ферментативну активність ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту / Т. В. Партика та ін. *Агронаука і практика*. 2022. Вип. 1, Ч. 4. С. 28–33.

266. Козак Н. Агроекологічне значення конюшини лучної за вирощування її у сівозмінах. *Екологічна безпека та збалансоване природокористування в агропромисловому виробництві* : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (Київ, 6-7 липня 2023 р.). Київ, 2023. С. 216–219.

267. Баланс поживних речовин за вирощування конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні / Н. І. Козак, Ю. М. Оліфір, Г. Я. Панахид, Г. С. Коник. *Актуальні проблеми агропромислового виробництва України: стратегії стійкості сільськогосподарського сектору під час війни та у післявоєнний період* : матеріали XIII Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених (с. Оброшине, 19 листопада 2024 р.). Львів-Оброшине, 2024. С. 45–46.

268. Економічна ефективність вирощування конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні / Н. І. Козак, Г. Я. Панахид, Ю. М. Оліфір, О. Ф. Стасів *Актуальні проблеми агропромислового виробництва України: стратегії стійкості сільськогосподарського сектору під час війни та у післявоєнний період* : матеріали XIII Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених (с. Оброшине, 19 листопада 2024 р.). Львів-Оброшине, 2024. С. 47–49.

ДОДАТКИ



НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ

АТЕСТАТ № 29

на стаціонарний польовий дослід Інститут сільськогосподарського
(назва установи)

господарства Карпатського регіону

Вплив довготривалого застосування органічних, мінеральних і вапнякових добрив у сівозміні на родючість ясно-сірих лісових поверхнево оглєсних ґрунтів, урожай та якість сільськогосподарських культур, 1965 р.

(повна назва досліду, рік закінчення)

Основні завдання:

- вивчити вплив різних норм органічних, мінеральних та вапняних добрив на родючість ясно-сірого лісового поверхнево оглєсного ґрунту, врожай та якість сільськогосподарських культур;
- систематизувати фізико-хімічні показники ґрунту, їх зміни під впливом різних агротехнологій та встановити закономірності зв'язку цих показників з урожаєм та якістю продукції основних сільськогосподарських культур;
- вивчити вплив тривалого використання різних систем удобрення й вапнування на трансформацію ґрунтового стану, мікробіологічні властивості та інтенсивність виділення діоксиду вуглецю з ґрунту

Керівники досліду:

Гуменюк А. І. (1965-1971 рр.), Козак Е. І. (1971-1990 рр.), Просович К. І. (1990-1997 рр.),
Габриєль А. П. (1997-2014 рр.)

(П. І. Б.)

Президент

(Галзало Я. М.)

(П. І. Б.)

(підпис)

Дата: ... 2014 р.



Додаток Б

Метеорологічні показники 2022 – 2024 рр. за даними

Гідрометеорологічного посту ІСГ Карпатського регіону НААН (пункт спостереження Оброшине)

Показ- ники	Рік дослі- жень	Місяць												За вегета- ційний період	За зимовий період	Разом (вегетаційний період + зимовий)
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII			
Опади, мм	2021									73,2	8	28,8	87,7			
	2022	52,3	25,3	17,3	82	24,3	31,3	85,8	72,5	130,1	35	40,9	76,8	426	219,4	645,4
	2023	49,7	41	60,8	84,2	20,3	106,3	134	74,7	68,2	75,1	86	64,8	487,7	304,2	791,9
	2024	73,1	50,8	66,9	44,9	12,8	119,1	68,1	77,5					322,4	416,7	739,1
	норма	40	43	44	51	85	93	102	82	55	57	48	48	468	280	748
Темпера- тура, °C	2021									13,3	8,4	4,8	-1,6			
	2022	-0,7	1,8	2,6	6,7	13,9	19,7	19,5	20,3	12,2	10,9	4,2	0,5	15,4	2,6	9,0
	2023	2,2	0,4	4,9	4,9	13,8	17,1	20	21,2	17,7	11,7	4,1	1,3	15,8	3,9	9,8
	2024	-1	6	5,7	11,7	16	19,8	21,6	20,9					15,0	4,6	9,8
	норма	-4,6	-3,7	0,5	7,4	12,9	16,3	17,5	16,9	13,1	8	2,4	-1,8	14,0	-1,3	6,4

Додаток В

Ботанічний склад конюшинового травостою залежно від вапнування та удобрення, % до сухої маси

Удобрєння на 1га сівозмінної площі	Злаки						Бобові						Різнотрав'я					
	I укіс			II укіс			I укіс			II укіс			I укіс			II укіс		
	2022	2023	2024	2022	2023	2024	2022	2023	2024	2022	2023	2024	2022	2023	2024	2022	2023	2024
Без добрив	64	5	14	4	7	4	30	80	85	91	92	96	6	15	1	5	1	0
1,0н CaCO ₃ за НГ	17	6	17	6	7	1	80	82	82	93	90	99	3	11	1	1	2	0
Органічні добрива	27	3	18	4	9	3	69	95	81	96	91	97	4	2	1	0	0	0
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	53	40	10	1	14	2	47	59	89	99	86	98	1	1	1	0	0	0
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ +1,0н CaCO ₃ за НГ	40	16	7	1	9	2	59	83	92	99	91	98	1	2	1	0	0	0
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1,0н CaCO ₃ за НГ + органічні добрива	32	20	4	6	11	1	65	74	95	94	89	99	2	6	1	0	0	0
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ +оптим. CaCO ₃ (к.-осн.буф.) +органічні добрива	24	10	5	7	12	2	63	86	94	92	88	98	13	4	1	0	0	0
N ₃₀ P ₃₄ K ₃₄ + 1,0н CaCO ₃ за НГ + органічні добрива	35	8	5	8	10	1	58	84	95	92	90	99	7	7	1	0	0	0
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + 1,0н CaCO ₃ за НГ + органічні добрива	38	37	4	4	10	1	62	61	95	96	89	99	0	2	1	0	0	0
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ +1,5н CaCO ₃ за НГ	34	9	2	3	3	0	64	90	98	94	97	100	2	1	1	2	0	0
НІР ₀₅	15,7	10,9	9,0	5,4	6,4	2,0	16,8	11,4	6,0	30,7	30,5	30,6	5,6	7,0	1,1	3,4	2,4	0,2

Додаток Д
Щільність конюшинового травостою залежно від вапнування та удобрення, шт./м²

Удобрєння на 1га сївозмїнної площї	Злаки						Бобовї						Рїзнотрав'я					
	I укїс			II укїс			I укїс			II укїс			I укїс			II укїс		
	2022	2023	2024	2022	2023	2024	2022	2023	2024	2022	2023	2024	2022	2023	2024	2022	2023	2024
Без добрив	1467	169	283	75	320	237	163	359	397	151	287	364	108	33	20	60	8	0
1,0н CaCO ₃ за НГ	381	161	249	147	269	136	375	395	333	251	351	417	65	39	17	17	13	0
Органїчні добрива	778	129	433	209	155	199	259	497	378	264	298	456	114	8	35	0	0	0
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	1876	462	241	25	614	80	235	230	436	159	244	409	5	1	27	0	3	0
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ +1,0н CaCO ₃ за НГ	1091	409	240	103	367	111	315	271	589	299	405	533	22	53	17	1	0	2
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1,0н CaCO ₃ за НГ + органїчні добрива	689	393	107	337	493	76	239	214	474	239	285	459	81	37	44	0	0	0
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ +оптим. CaCO ₃ (к.-осн.буф.) +органїчні добрива	767	237	168	410	627	145	202	268	510	208	225	487	223	44	32	10	3	0
N ₃₀ P ₃₄ K ₃₄ + 1,0н CaCO ₃ за НГ + органїчні добрива	1398	230	200	338	341	109	380	374	527	286	253	612	70	40	29	0	0	0
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + 1,0н CaCO ₃ за НГ + органїчні добрива	1064	817	193	242	388	106	287	229	562	218	213	395	1	31	31	0	1	4
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ +1,5н CaCO ₃ за НГ	836	178	73	187	253	55	357	231	691	240	319	605	13	25	14	8	5	0
НІР ₀₅	96,3	32,1	26,1	21,2	28,7	18,6	24,4	23,9	14,1	8,3	14,1	8,8	1,8	3,9	4,3	0,4	1,9	0,6

Додаток Е

**Структура конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні залежно від вапнування
та удобрення попередніх культур, %**

Удобрення на 1га сівозмінної площі	Листя						Стебла						Суцвіття					
	І укіс			ІІ укіс			І укіс			ІІ укіс			І укіс			ІІ укіс		
	2022	2023	2024	2022	2023	2024	2022	2023	2024	2022	2023	2024	2022	2023	2024	2022	2023	2024
Без добрив	25	25	29	19	16	23	64	64	65	51	63	63	11	11	6	30	20	14
1,0н CaCO ₃ за Нг	24	25	28	19	20	24	68	67	66	49	51	67	8	8	7	33	29	9
Органічні добрива	24	23	25	18	16	22	70	72	70	46	73	64	6	5	5	36	11	14
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	25	20	26	15	14	23	64	68	68	56	64	64	11	12	6	28	22	14
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1,0н CaCO ₃ за Нг	25	22	24	17	15	19	68	71	71	58	70	69	7	7	4	24	15	12
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1,0н CaCO ₃ за Нг + органічні добрива	24	23	26	17	16	22	67	72	70	55	69	67	9	5	4	28	14	11
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ +оптим. CaCO ₃ (к.-осн.буф.) +органічні добрива	18	21	24	18	16	23	74	73	72	51	71	69	8	6	4	31	13	8
N ₃₀ P ₃₄ K ₃₄ + 1,0н CaCO ₃ за Нг + органічні добрива	26	19	27	19	19	21	66	73	70	55	71	69	8	7	3	26	10	9
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + 1,0н CaCO ₃ за Нг + органічні добрива	21	22	23	17	16	24	71	70	73	63	72	65	7	9	4	20	12	11
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + 1,5н CaCO ₃ за Нг	22	23	25	17	19	23	68	72	71	53	69	63	10	5	4	30	12	14
НІР ₀₅	6,4	6,4	4,6	4,0	3,7	3,2	7,1	6,5	5,2	5,9	10,4	4,5	5,6	6,0	1,5	7,2	8,5	3,7

Додаток Ж

**Надходження сухого корму конюшини лучної у короткоротаційній
сівозміні залежно від вапнування та удобрення попередніх культур,
середнє за 2022-2024 рр.**

Удобрєння на 1га сївозмїнної площї	Вихїд сухої маси			
	I укїс		II укїс	
	%	т/га	%	т/га
Без добрив	60	2,8	40	1,9
1,0н CaCO ₃ за Нг	59	4,0	41	2,7
Органїчні добрива	62	5,0	38	3,0
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	65	4,5	35	2,4
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1,0н CaCO ₃ за Нг	59	6,1	41	4,2
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1,0н CaCO ₃ за Нг + органїчні добрива	58	6,6	42	4,7
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + оптим. CaCO ₃ (к.-осн.буф.) + органїчні добрива	59	7,0	41	4,9
N ₃₀ P ₃₄ K ₃₄ + 1,0н CaCO ₃ за Нг+ органїчні добрива	62	6,5	38	4,1
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + 1,0н CaCO ₃ за Нг+ органїчні добрива	60	7,5	40	5,1
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + 1,5н CaCO ₃ за Нг	60	6,8	40	4,5
НІР ₀₅		0,350		0,230
НІР ₀₁		0,470		0,300
Частка впливу фактору удобрення, %		99		99

Додаток 3.1

Вміст доступних форм поживних елементів у ясно-сірому лісовому поверхнево-оглеєного ґрунті під конюшиною лучною залежно від різних доз добрив і вапна у сівоzmіні, 2022-2024 рр., початок вегетації

Удобрєння на 1 га сївозмїнної площї	Шар ґрунту, см	Азот легкогїдролїзований, мг/кг			Фосфор рухомий, мг/кг			Калїй обмїнний, мг/кг		
		2022	2023	2024	2022	2023	2024	2022	2023	2024
Без добрив	0-20	96,8	98,4	93,8	35,5	37,5	38,0	43,3	48,7	49,4
	20-35	89,8	88,2	86	34,5	33,0	35,2	33,1	34,6	33,8
1,0н CaCO ₃ за Нг	0-20	101,4	102,2	98,8	41,5	40,0	40,7	49,3	49,1	48,4
	20-35	90,2	93,8	92,4	38	37,5	39,0	43,0	39,7	40,8
Органїчні добрива	0-20	104,4	105	100,8	50,0	52,5	51,3	51,8	57,6	76,7
	20-35	100,2	101	95,6	43,5	49,5	46,5	45,4	47,1	44,2
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	0-20	107,6	110,6	101,2	158	167,5	180,5	113,7	111,6	114,2
	20-35	96,2	95,2	97,8	142,5	155	154,0	108,3	106,9	109,9
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1,0н CaCO ₃ за Нг	0-20	105,4	106,8	103,6	169	171	187,0	122,2	126,9	120,4
	20-35	98	96,6	100,8	141	148,5	141,0	118,1	110,5	93,9
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1,0н CaCO ₃ за Нг +органїчні добрива	0-20	113	112,4	110,5	165	172,5	174,0	161,3	195,6	191,7
	20-35	99,2	100,8	98	147,5	150	139,0	137,4	169,2	147,8
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + оптим. CaCO ₃ (к.-осн.буф.) + органїчні добрива	0-20	114,5	113,7	111,2	162,5	165	158,0	160,0	178,6	158,9
	20-35	100,2	100,8	100,5	146,5	144	139,5	127,7	150,4	131,5
N ₃₀ P ₃₄ K ₃₄ + 1,0н CaCO ₃ за Нг +органїчні добрива	0-20	109,6	106,4	109,2	160,5	164	159,0	128,5	146,3	124,2
	20-35	97,2	96,6	102,2	128,5	130,5	126,0	115,6	119,9	105,7
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + 1,0н CaCO ₃ за Нг +органїчні добрива	0-20	113	114,2	113,5	188,5	193	210,5	192,7	217,4	158,9
	20-35	100,2	100,8	103,2	168	178	157,0	157,0	163,3	143,5
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + 1,5н CaCO ₃ за Нг	0-20	111,8	109,8	105,2	191	195,5	220,0	153,6	158,6	140,4
	20-35	99,8	98,4	98,8	172,5	176	165,5	117,5	121,0	105,3

Додаток 3.2

Вміст доступних форм поживних елементів у ясно-сірому лісовому поверхнево-оглеєного ґрунті під конюшиною лучною залежно від різних доз добрив і вапна у сівоzmіні, 2022-2024 рр., кінець вегетації

Удобрєння на 1 га сївозмїнної площї	Шар ґрунту, см	Азот легкогїдролїзований, мг/кг			Фосфор рухомий, мг/кг			Калїй обмїнний, мг/кг		
		2022	2023	2024	2022	2023	2024	2022	2023	2024
Без добрив	0-20	88,2	85,2	84,2	30,5	32,5	31,6	37,3	39,4	35,5
	20-35	86	80,2	79,3	29	24	30	32,2	34,0	31,4
1,0н CaCO ₃ за Нг	0-20	92,6	90,8	91,2	34	39,5	36,5	44,2	41,0	45,5
	20-35	88,6	88,2	90	32	36	35	35,3	30,0	32,3
Органїчні добрива	0-20	95,8	98,1	96,8	42	47	45,5	49,5	48,2	50,6
	20-35	92,6	93,8	91,2	40,5	43,1	38	43,3	40,8	42,5
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	0-20	98	95,2	95,8	142,5	133,5	160	105,0	106,1	95,9
	20-35	92	92,4	90	112,5	126	130	98,6	89,9	91,8
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ +1,0н CaCO ₃ за Нг	0-20	102,2	100,4	102,8	149,5	156,5	166	109,7	111,7	112,0
	20-35	92,4	96,8	94,2	116	130,0	149	92,4	97,1	93,1
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ +1,0н CaCO ₃ за Нг +органїчні добрива	0-20	102,1	103,6	95,8	130	156,5	161	149,2	166,9	128,8
	20-35	95,2	98	91,2	127	130,5	150	130,8	145,7	116,1
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ +1,0н CaCO ₃ (к.-осн.буф.) +органїчні добрива	0-20	109,6	105,1	104	143	145,5	153	138,3	152,8	154,3
	20-35	93,4	98,8	92,8	135	136,5	132,5	120,7	135,7	122,3
N ₃₀ P ₃₄ K ₃₄ +1,0н CaCO ₃ за Нг +органїчні добрива	0-20	103,6	100,8	96,8	127	128,5	139	113,8	117,5	106,0
	20-35	94,8	96,6	94,2	107	115	118,5	90,3	97,5	94,6
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ +1,0н CaCO ₃ за Нг +органїчні добрива	0-20	108,8	109,2	106,8	172,5	178	186	175,3	155,1	138,5
	20-35	101	102,2	100,2	154	160	152	149,3	152,8	118,4
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ +1,5н CaCO ₃ за Нг	0-20	103,8	105,2	104,1	178	193	194	130,6	128,2	125,9
	20-35	96,6	98,8	95,6	142,5	156,5	152	98,9	92,8	98,1

Додаток К

Вміст органічних речовин у кормі конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні залежно від вапнування та удобрення попередніх культур

Удобрєння на 1 га сівозмінної площі	Укоси	Сирі речовини									БЕР		
		протеїн			клітковина			жир					
		2022	2023	2024	2022	2023	2024	2022	2023	2024	2022	2023	2024
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Без добрив	1	10,22	11,86	10,05	31,93	29,56	30,69	2,90	3,30	2,65	48,97	48,35	49,64
	2	16,73	15,85	14,41	28,88	27,12	27,12	2,02	2,73	2,30	45,94	46,17	47,43
1,0н CaCO ₃ за НГ	1	11,61	14,36	10,40	29,95	29,73	30,01	2,10	3,09	2,42	49,66	45,86	50,19
	2	19,34	19,05	14,63	27,69	25,74	26,79	2,05	3,09	2,26	43,99	43,70	47,53
Органічні добрива	1	11,30	16,31	11,11	30,91	30,94	31,63	2,38	2,85	2,49	48,38	43,33	48,34
	2	19,37	18,07	14,52	27,97	26,54	28,16	2,03	2,95	2,37	44,21	42,60	46,38
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	1	10,96	11,92	11,99	31,27	32,18	31,02	3,10	3,34	2,92	48,48	45,68	46,96
	2	16,73	16,70	16,45	30,03	27,45	26,51	1,57	2,81	2,35	44,57	44,47	44,85
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1,0н CaCO ₃ за НГ	1	14,18	14,58	12,87	30,28	30,42	30,80	2,44	3,15	2,14	45,90	45,36	47,37
	2	18,25	17,06	15,29	29,40	28,11	27,12	1,89	2,80	2,53	43,43	43,45	45,99
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1,0н CaCO ₃ за НГ + органічні добрива	1	14,29	14,26	13,67	31,05	31,35	32,67	2,70	3,08	2,17	44,63	44,87	45,33
	2	18,32	19,50	16,56	29,54	27,67	26,73	2,01	2,63	2,29	42,55	41,37	45,08

Продовження додатку К

N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + оптим. CaCO ₃ (к.- осн.буф.) +органічні добрива	1	14,25	14,50	14,76	30,80	30,44	31,96	2,08	2,78	2,43	45,08	44,80	42,83
	2	18,27	18,58	17,00	28,46	26,43	26,13	2,01	2,57	2,33	43,98	43,16	45,15
N ₃₀ P ₃₄ K ₃₄ + 1,0н CaCO ₃ за Нг + органічні добрива	1	13,20	14,90	14,80	31,10	30,55	32,89	2,53	3,39	1,40	45,88	41,89	41,52
	2	17,65	19,27	15,95	28,68	26,84	26,35	2,10	2,98	2,24	45,02	42,91	49,42
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + 1,0н CaCO ₃ за Нг + органічні добрива	1	12,75	14,25	12,60	31,10	31,27	31,02	2,54	3,76	1,98	46,91	41,51	44,51
	2	17,51	17,58	16,72	29,62	26,90	26,13	1,96	3,28	2,30	43,71	45,61	47,93
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ 1,5н CaCO ₃ за Нг	1	15,83	16,30	11,22	30,14	30,08	31,41	2,54	3,34	2,35	44,20	41,26	45,13
	2	18,19	17,65	16,50	28,90	26,48	26,40	1,94	2,90	2,27	43,95	46,45	48,56
НІР ₀₅	1	1,24	1,32	1,18	2,2	2,3	2,1	0,8	0,7	0,9	0,35	0,36	0,35
	2	1,26	1,28	1,17	2,0	2,1	2,2	0,9	0,8	0,8	0,36	0,34	0,33

Додаток Л

**Вплив гідротермічного коефіцієнта та вміст органічних речовин у кормі конюшини лучної вирощеної у
короткоротаційній сівозміні**

Удобрєння на 1 га сівозмінної площі	сирий протеїн				сирий жир				сира клітковина			
	1 укіс		2 укіс		1 укіс		2 укіс		1 укіс		2 укіс	
	г	d, %	г	d, %	г	d, %	г	d, %	г	d, %	г	d, %
Без добрив	0,953	91	0,52	27	1	99	0,688	47	-0,574	33	-0,115	1
1,0н СаСО ₃ за Нг	0,994	99	0,769	59	0,743	55	0,825	68	-0,981	96	-0,628	40
Органічні добрива	0,930	87	0,621	39	0,804	65	0,706	50	-0,782	61	-0,955	51
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	0,250	15	0,738	55	0,34	18	0,472	22	0,979	96	0,144	2
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ +1,0н СаСО ₃ за Нг	0,989	97	0,499	25	0,993	99	0,397	16	-0,625	39	0,326	11
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ +1,0н СаСО ₃ за Нг +органічні добрива	0,852	73	0,973	95	0,978	96	0,657	43	-0,686	47	0,217	5
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ +оптим. СаСО ₃ (к.-осн.буф.) +органічні добрива	0,876	77	0,897	81	0,599	36	0,519	27	-0,917	84	0,004	1
N ₃₀ P ₃₄ K ₃₄ +1,0н СаСО ₃ за Нг + органічні добрива	0,966	93	0,992	98	0,982	96	0,847	72	-0,916	84	0,087	1
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ +1,0н СаСО ₃ за Нг+ органічні добрива	0,948	90	0,849	72	0,995	99	0,793	63	0,997	99	0,096	1
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ +1,5н СаСО ₃ за Нг	0,850	72	0,579	34	0,976	95	0,727	53	-0,834	70	-0,086	1

Додаток М

Вміст мінеральних речовин у кормі конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні залежно від вапнування та удобрення попередніх культур

Удобрення на 1 га сівозмінної площі	Укo- си	зола			фосфор			калій			натрій		
		2022	2023	2024	2022	2023	2024	2022	2023	2024	2022	2023	2024
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Без добрив	1	5,99	6,93	6,97	0,24	0,23	0,25	2,79	1,51	1,23	0,01	0,02	0,01
	2	6,43	8,14	8,75	0,33	0,42	0,4	1,59	3,25	2,77	0,02	0,02	0,02
1,0н CaCO ₃ за Нг	1	6,69	6,96	6,99	0,24	0,26	0,27	1,41	1,36	1,24	0,01	0,02	0,02
	2	6,93	8,42	8,8	0,34	0,39	0,38	1,7	2,54	2,1	0,02	0,03	0,02
Органічні добрива	1	7,03	6,57	6,44	0,25	0,26	0,29	2,58	2,07	2,11	0,02	0,03	0,02
	2	6,42	9,85	8,58	0,31	0,4	0,38	1,71	3,28	2,9	0,06	0,03	0,02
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	1	6,2	6,89	7,11	0,33	0,29	0,34	3,5	3,23	3,41	0,01	0,03	0,02
	2	7,1	8,58	9,85	0,34	0,47	0,49	2,88	3,97	3,92	0,03	0,03	0,02
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1,0н CaCO ₃ за Нг	1	7,2	6,49	6,82	0,38	0,31	0,41	3,4	2,99	3,12	0,01	0,02	0,02
	2	7,03	8,58	9,08	0,36	0,42	0,43	2,71	3,29	3,73	0,02	0,02	0,02
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1,0н CaCO ₃ за Нг + органічні добрива	1	7,33	6,44	6,16	0,33	0,31	0,32	2,66	3,79	3,32	0,02	0,02	0,02
	2	7,59	8,83	9,35	0,35	0,45	0,47	3,02	4,51	4,2	0,03	0,02	0,02

Продовження додатку М

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ +оптим. CaCO ₃ (к.-осн.буф.) +органічні добрива	1	7,79	7,48	8,02	0,35	0,33	0,35	4,22	3,78	3,5	0,02	0,03	0,03
	2	7,29	9,27	9,39	0,37	0,75	0,64	2,5	4,81	4,61	0,03	0,03	0,03
N ₃₀ P ₃₄ K ₃₄ +1,0н CaCO ₃ за Нг +органічні добрива	1	6,55	8,00	6,05	0,29	0,36	0,38	1,93	3,93	2,28	0,01	0,03	0,02
	2	6,71	9,21	9,9	0,34	0,42	0,43	2,23	4,26	3,97	0,02	0,02	0,02
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ +1,0н CaCO ₃ за Нг +органічні добрива	1	7,21	6,63	6,93	0,29	0,34	0,32	3,56	3,72	3,66	0,01	0,03	0,02
	2	7,29	9,02	9,9	0,36	0,42	0,4	3,02	4,54	3,82	0,02	0,02	0,02
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ +1,5н CaCO ₃ за Нг	1	7,02	6,52	6,27	0,34	0,31	0,35	2,71	2,66	2,73	0,02	0,01	0,02
	2	7,05	8,86	9,5	0,4	0,43	0,4	2,71	3,28	3,47	0,03	0,02	0,02

Додаток Н

**Вміст поживних речовин у кореневій масі конюшини лучної залежно від
удобрення та вапнування у короткоротаційній сівозміні,
% (середнє за 2022-2024 рр.)**

Удобрення на 1 га сівозмінної площі	Вміст у сухій речовині, %		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без добрив	3,31	0,41	1,01
1,0н СаСО ₃ за Нг	2,40	0,34	1,20
Органічні добрива	1,97	0,50	1,64
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	2,22	0,55	2,27
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1,0н СаСО ₃ за Нг	3,14	0,61	2,27
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1н СаСО ₃ за Нг + органічні добрива	2,21	0,48	2,59
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + оптим. СаСО ₃ (к.-осн. буф.) + органічні добрива	2,42	0,56	3,22
N ₃₀ P ₃₄ K ₃₄ + 1,0н СаСО ₃ за Нг + органічні добрива	2,49	0,39	1,58
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + 1,0н СаСО ₃ за Нг + органічні добрива	2,59	0,7	2,71
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + 1,5н СаСО ₃ за Нг	2,15	0,45	3,06

Додаток П

Винос поживних речовин з урожаєм, кг/га (середнє за 2022–2024 рр.).

Удобрення на 1 га сівозмінної площі	1 укіс			2 укіс			Всього		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без добрив	49	4	60	49	5	45	98	9	105
1,0н CaCO ₃ за Нг	82	7	55	82	7	56	164	14	111
Органічні добрива	111	9	117	91	7	76	202	16	193
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	83	9	152	64	6	82	147	15	234
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1,0н CaCO ₃ за Нг	150	14	195	120	11	127	270	25	322
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + 1н CaCO ₃ за Нг + органічні добрива	153	14	214	142	13	177	295	27	391
N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ +оптим. CaCO ₃ (к.- осн.буф.) +органічні добрива	161	16	280	143	18	178	304	34	458
N ₃₀ P ₃₄ K ₃₄ + 1,0н CaCO ₃ за Нг +органічні добрива	163	14	190	122	11	134	285	25	324
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ +1,0н CaCO ₃ за Нг +органічні добрива	163	16	275	142	13	192	305	29	467
N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ +1,5н CaCO ₃ за Нг	175	15	183	130	12	171	305	27	354

Додаток Р

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Директор
ДП "ДГ" "Оброшине"

Андрій МЕРЦАЛО

18.10/2024 р.

АКТ

про впровадження наукової розробки

1. Назва науково-дослідної установи – Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН.
2. Назва розробки – Удосконалені елементи технології вирощування конюшини лучної в короткоротаційній сівозміні: 0121U100314
3. Оригіатор розробки – Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, відділ агрохімії та ґрунтознавства.
4. Автор закінченої НДР – Козак Н. І., аспірантка, старший науковий співробітник відділу агрохімії та ґрунтознавства.
5. Місце впровадження наукової розробки – Державне підприємство дослідне господарство "Оброшине" Львівського району Львівської області.
6. Обсяг впровадження – 15,0 га.
7. Строки використання наукової розробки – 2024 р.
8. Складові та особливості розробки: вирощування конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні за висіву її під покрив ячменю ярого з внесенням на гектар сівозмінної площі 10 т гною, однієї норми мінеральних добрив ($N_{65}P_{68}K_{68}$) на фоні дози вапна розрахованої за кислотно-основною буферністю (2,5 т/га $CaCO_3$); використання на корм.
9. Отримані результати: продуктивність конюшини лучної у 2024 р. склала 11,4 т/га сухої маси, 8,7 т/га кормових одиниць та 1,14 т/га перетравного протеїну. Економічний ефект впровадження розробки + 7000 грн/га порівняно із застосуванням лише мінеральних добрив.

Про що стверджуємо:

Головний бухгалтер

ДП "ДГ" "Оброшине"

Юлія Кравчук

Старший наук. співробітник відділу
агрохімії та ґрунтознавства
ІСГКР НААН

Надія КОЗАК

Додаток С



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Голова

ФГ «ГРЕММАКС»


 Руслан ОНИШКЕВИЧ
 15. 10. 2024 р.

АКТ
про впровадження наукової розробки

1. Назва науково-дослідної установи – Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН.
2. Назва розробки – Удосконалені елементи технології вирощування конюшини лучної в короткоротаційній сівозміні: 0121U100314
3. Оригінатор розробки - Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, відділ агрохімії та ґрунтознавства.
4. Автор закінченої НДР – Козак Н. І., аспірантка, старший науковий співробітник відділу агрохімії та ґрунтознавства.
5. Місце впровадження наукової розробки – Фермерське господарство «ГРЕММАКС» с. Хитрейки Львівського району Львівської області.
6. Обсяг впровадження – 10,0 га.
7. Строки використання наукової розробки – 2024 р.
8. Складові та особливості розробки: вирощування конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні за висіву її під покрив ячменю ярого з внесенням на гектар сівозмінної площі 10 т ґною, півтори норми мінеральних добрив ($N_{105}P_{101}K_{101}$) на фоні дози вапна, розрахованої за гідролітичною кислотністю ($6,0 \text{ т/га CaCO}_3$), використання першого укосу на корм, другого на сидерат.
9. Отримані результати: продуктивність першого укосу конюшини лучної у 2024 р. склала 7,3 т/га сухої маси 5,9 т/га кормових одиниць, за заорювання зеленої маси другого укосу у ґрунт за рахунок симбіотичного азоту та органічної речовини надійшло 390 кг/га азоту, 135 кг/га фосфору та 195 кг/га калію. Економічний ефект впровадження розробки + 5200 грн/га порівняно із застосуванням лише мінеральних добрив.

Про що стверджуємо:

Голова ФГ «ГРЕММАКС»

 Старший наук. співробітник відділу
 агрохімії та ґрунтознавства
 ІСГ Карпатського регіону НААН


 Руслан ОНИШКЕВИЧ


 Надія КОЗАК

Додаток Т

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в наукових виданнях,

включених до переліку фахових видань України

1. Панахид Г. Я., **Козак Н. І.**, Сендецький В. М. Залежність продукційних процесів конюшини лучної від технологічних елементів. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2022. Вип. 71 (2). С. 39–51.
2. **Kozak N.**, Stasiv O., Konyk H., Panakhyd N., Panakhyd H. Integration of red clover into agricultural systems To address contemporary challenges. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2024. Вип. 75(2). С.7–19.
3. **Козак Н. І.** Продуктивність травостою конюшини лучної залежно від системи удобрення у короткоротаційній сівозміні. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2024. Вип. 76 (1). С. 26–35.
4. **Козак Н. І.**, Панахид Г. Я. Енергетична ефективність вирощування конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2024. Вип. 76 (2). С.62–71.
5. Оліфір Ю. М., Габриель А. Й., Гавришко О. С., Партика Т. В., **Козак Н. І.** Динаміка окисно-відновного потенціалу під кукурудзою і ячменем ярим за тривалих антропогенних навантажень ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту. *Агронаука і практика*, Вип. 2, Ч. 3, 2023. С. 4–10.
6. Оліфір Ю. М., Габриель А. Й., Гавришко О. С., Партика Т. В., **Козак Н. І.** Фракційний та груповий склад гумусу ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту за тривалих агрогенних навантажень. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2023. Вип. 74 (2). С.96–106.

Статті у наукометричних базах даних

Scopus i Web of Science

7. Olifir Yu., Habryel A., Havryshko O., Partyka T., Konyk H., **Kozak N.** The influence of long-term anthropogenic load on the migration of mobile aluminum compounds, physical and chemical properties of Albic Stagnic Luvisol. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2023. Vol. LXVI, No2. P. 85–93.

8. Olifir Y., Habryel A., Partyka T., Havryshko O., **Kozak N.**, Lykhochvor V. The content of mobile aluminium compounds depending on the long-term use of various fertilizing and liming systems of Albic Pantostagnic Luvisol. *Agronomy Research*. 2023. 21(2). P. 869–882.

9. Olifir Yu. M., Habryel A. Y., Partyka T. V., Havryshko O. S., Konyk G. S., **Kozak N. I.**, Lykhochvor V.V. An acid-base buffering model to describe pH buffering capacity of an acid Albic Stagnic Luvisol under long-term agricultural land use and management. *Agricultural Science and Practice*. 2022. Vol. 9, No. 3. P. 18–28.

Посібник

10. Оліфір Ю., Габриєль А., Гавришко О., Партика Т., **Козак Н.** Управління родючістю та біопродуктивністю ґрунтів. *Аграрна наука – виробництво : агрономія : посібник* / За науковою редакцією д. с.-г. н. Стасіва О. Оброшине: Видавництво Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН, 2023. С. 88–129. ISBN 978-617-95252-5-4.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

11. Оліфір Ю. М., Партика Т. В., **Козак Н. І.**, Габриєль А. Й., Гавришко О. С. Особливості функціонування кислотно-основної буферності ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту залежно від доз меліоранту. *Агронаука і практика*. 2022. Вип. 1, Ч. 3. С. 4–9.

12. Партика Т. В., Оліфір Ю. М., Габриєль А. Й., Гавришко О. С., **Козак Н. І.** Вплив антропогенного навантаження на ферментативну

активність ясно-сірого лісового поверхнево оглеєного ґрунту. *Агронаука і практика*. 2022. Вип. 1, Ч. 4. С. 28–33.

13. **Козак Н. І.** Формування продуктивності конюшини лучної в короткоротаційній сівозміні в умовах Західного Лісостепу. Актуальні проблеми агропромислового виробництва України: продовольча безпека в умовах воєнного часу і повоєнної відбудови країни : матеріали XI Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених (с. Оброшине, 10 листопада 2022 р.). Львів-Оброшине, 2022. С. 54–56.

14. **Козак Н.,** Панахид Г. Комбіноване використання конюшини лучної в короткоротаційній сівозміні. Корми і кормовий білок : матеріали XV Міжнар. наук. конф. (м. Вінниця, 19-20 вересня 2023 р.). Вінниця, 2023. С. 87–89.

15. **Козак Н.** Агроекологічне значення конюшини лучної за вирощування її у сівозмінах. Екологічна безпека та збалансоване природокористування в агропромисловому виробництві : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (Київ, 6-7 липня 2023 р.). Київ, 2023. С. 216–219.

16. **Козак Н. І.** Щільність травостою конюшини лучної в короткоротаційній сівозміні. *Актуальні проблеми агропромислового виробництва України: виклики і шляхи розвитку в умовах війни і повоєнної відбудови* : матеріали XII Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених (с. Оброшине, 23 листопада 2023 р.). Львів-Оброшине, 2023. С. 48–49.

17. **Козак Н. І.** Ботанічний склад конюшини лучної за вирощування у короткоротаційній сівозміні. *Лучні агрофітоценози: інноваційні аспекти раціонального використання в мовах євроінтеграції* : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. (с. Оброшине, 5 червня 2024 р.). Оброшине, 2024. С. 42–44.

18. **Козак Н. І.** Кормова продуктивність та поживна цінність корму конюшини лучної вирощеної у короткоротаційній сівозміні. Пріоритетні напрями наукового забезпечення виробництва продукції тваринництва у Карпатському регіоні для подолання викликів, пов'язаних з воєнним станом :

матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (с. Оброшине, 25 червня 2024 р.). Оброшине, 2024. С. 55–57.

19. **Козак Н. І.**, Оліфір Ю. М., Панахид Г. Я., Коник Г. С. Баланс поживних речовин за вирощування конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні. Актуальні проблеми агропромислового виробництва України: стратегії стійкості сільськогосподарського сектору під час війни та у післявоєнний період : матеріали XIII Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених (с. Оброшине, 19 листопада 2024 р.). Львів-Оброшине, 2024. С. 45–46.

20. **Козак Н. І.**, Панахид Г. Я., Оліфір Ю. М., Стасів О. Ф. Економічна ефективність вирощування конюшини лучної у короткоротаційній сівозміні. Актуальні проблеми агропромислового виробництва України: стратегії стійкості сільськогосподарського сектору під час війни та у післявоєнний період : матеріали XIII Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених (с. Оброшине, 19 листопада 2024 р.). Львів-Оброшине, 2024. С. 47–49.

21. **Козак Н. І.** Уміст легкогідролізного азоту та врожайність конюшини лучної в короткоротаційній сівозміні. Реалії імплементації Нітратної Директиви ЄС : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. Охорона ґрунтів (м. Київ, 04 грудня 2024 р.). Київ, 2024. С. 42–43.