

УДК 633.2

В.М. Горенський*, В.Д. Бугайов

Продуктивність люцерни (*Medicago L.*) в екологічному сортовипробуванні

Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН України, Вінниця, Україна

*E-mail: gorenskij.vitalij@ukr.net

UDC 633.2

V.M. Gorensky*, V.D. Buhayov

Productivity of Alfalfa (*Medicago L.*) in an Ecological Variety Trial

Institute of Feeds and Agriculture of Agriculture of Podillia of NAAS of Ukraine, Vinnytsia, Ukraine

*E-mail: gorenskij.vitalij@ukr.net

Реферат: Проведено оцінку шести сортів люцерни у екологічному сортовипробуванні виявлено підвищену кормову продуктивність сортів Синюха, Радослава, Antane та Birute порівняно з іншими. Особливо слід відзначити сорти Радослава (12,99 т/га) та Birute (12,67 т/га). За два роки використання за насінневою продуктивністю виділились сорти Радослава (0,477 т/га) та Antane (0,502 т/га +8% або 0,038 т/га до стандарту Синюха та 5% або 0,025 т/га до стандарту Радослава). Підвищеним вмістом протеїну характеризувались сорти Синюха (19,13%), Радослава (19,29%), Malvina (19,89) та Antane (19,05), а найменший результат виявлено у сорту Birute, лише 16,24 %. У сортів Синюха, Радослава, Antane збір білка склав 2,14, 2,51 та 2,22 т/га відповідно. Тим часом у сорту Birute, за відносно високої кормової продуктивності (12,67 т/га) збір білка становив лише 2,06 т/га.

Ключові слова: *Medicago L.*, продуктивність, збір сухої речовини, урожай насіння, кислотність ґрунту

Abstract: Six alfalfa cultivars were evaluated in an environmental trial. Increased fodder productivity was revealed in 'Syniukha', 'Radoslava', 'Antane', and 'Birute' compared to others. 'Radoslava' (12.99 t/ha) and 'Birute' (12.67 t/ha) should be particularly noted. Over two years of use, 'Radoslava' (0.477 t/ha) and 'Antane' (0.502 t/ha; +8% or 0.038 t/ha to the check cultivar 'Synyukha' and 5% or 0.025 t/ha to the check cultivar 'Radoslava') stood out in terms of seed productivity. 'Syniukha' (19.13%), 'Radoslava' (19.29%), 'Malvina' (19.89%), and 'Antane' (19.05%) were characterized by an increased protein content, while the lowest protein content was found in 'Birute' (only 16.24%). In 'Syniukha', 'Radoslava', and 'Antane', the protein yield amounted to 2.14, 2.51, and 2.22 t/ha, respectively. Meanwhile, in 'Birute', despite a relatively high fodder productivity (12.67 t/ha), the protein yield was only 2.06 t/ha.

Key words: *Medicago L.*, productivity, dry matter yield, seed yield, soil acidity.

Вступ

Актуальність проведення досліджень з визначення кормової та насінневої продуктивності люцерни в екологічному сортовипробуванні обумовлена необхідністю виділення високопродуктивних сортів адаптованих до певних ґрунтово-кліматичних умов з метою подальшого використання в селекційному процесі та виробництві.

Introduction

The relevance of research to determine the fodder and seed productivity of alfalfa in environmental trials is determined by the need to identify high-yielding cultivars adapted to specific pedo-climatic conditions for further use in breeding and production.

Люцерна (*Medicago L.*) є найбільш широко культивованою кормовою бобовою культурою у світі та вирощується у понад 80 країнах. Площа посівів становить 30-40 мільйонів гектарів із загальним річним виробництвом близько 450 млн. т. Як багаторічна бобова рослина люцерна може зберігати свою продуктивність впродовж 3-7 років (Tedesco et al., 2022), вона має сильно розвинену (зазвичай стрижневу) кореневу систему, яка здатна проникати в ґрунт на глибину 4-6 м, що дозволяє ефективно використовувати вологу з більш глибоких запасів (Carlini et al., 2024); збагачує ґрунт азотом, що дозволяє зменшити норми внесення мінеральних добрив на 30-70 % (Desta et al., 2026); поліпшує його структуру й родючість (Chen et al., 2022) ; запобігає ерозійним процесам (Qin et al., 2025); активно використовується як кормова культура (Mielmann, 2013).

Рослини люцерни добре відростають на достатньо широкому спектрі ґрунтів з рН 5,5-8,5 за інокуляції штамми відповідних азотфіксувальних мікроорганізмів, проте найбільш оптимальними є добре дреновані суглинки з рН 6,5-7,5 (Zhang et al., 2024) . Кислі, перезволожені та важкі глинисті ґрунти сильно знижують продуктивність люцерни (Du et al., 2025), що пов'язують з активністю алюмінію та обмеженням доступності фосфору (Öztürk et al., 2022), припиненням азотфіксації або сильним її обмеженням (Mendoza-Soto et al., 2015). Негативний вплив підвищеної кислотності ґрунту в першу чергу відображується на насінній продуктивності люцерни, суттєво зменшуючи її (Ferreira et al., 2012). Значна частина (більше 24 %) ґрунтів в Україні є кислими. Зокрема в зоні Полісся їх 48,4%, у Житомирській, Вінницькій, Чернігівській та Закарпатській областях від 57 до 66% (Romanova et al., 2023). У світі площа таких ґрунтів становить близько 50% (Liatukienė, Skuodienė, 2024). Таким чином, підбір сортів найбільш адаптованих до конкретних ґрунтово-кліматичних умов є одним із основних чинників, що дозволяє максимально реалізувати потенціал насінневої та кормової продуктивності люцерни (Tkachyk et al., 2015; Shi et al., 2017; Lakić et al., 2022).

Метою роботи була оцінка кормової, насінневої продуктивності та хімічного складу сухої речовини люцерни посівної в розсаднику екологічного сортовипробування.

Алфалфа (*Medicago L.*) is the most widely cultivated fodder legume in the world and is grown in over 80 countries. Its acreage is 30–40 million hectares, with a total annual production of about 450 million tons. As a perennial legume, alfalfa can maintain its productivity for 3–7 years (Tedesco et al., 2022). It has a highly developed (usually taproot) root system capable of penetrating the soil to a depth of 4–6 m, which allows plants to effectively use moisture from deeper reserves (Carlini et al., 2024); it enriches the soil with nitrogen, allowing for a reduction in mineral fertilizer application doses by 30–70% (Desta et al., 2026), improves soil structure and fertility (Chen et al., 2022), prevents erosion (Qin et al., 2025); and is extensively used as a forage crop (Mielmann, 2013).

Alfalfa plants grow well on a fairly wide range of soils with a pH of 5.5–8.5 when inoculated with strains of appropriate nitrogen-fixing microorganisms; however, well-drained loams with a pH of 6.5–7.5 are the most optimal soil types (Zhang et al., 2024). Acidic, waterlogged, and heavy clay soils significantly reduce alfalfa performance (Du et al., 2025), which is associated with aluminum activity and limited phosphorus availability (Öztürk et al., 2022), as well as the cessation or severe limitation of nitrogen fixation (Mendoza-Soto et al., 2015). The negative impact of increased soil acidity is primarily reflected in the seed productivity of alfalfa, significantly reducing it (Ferreira et al., 2012). A significant portion (over 24%) of the soils in Ukraine are acidic. Specifically, in the Ukrainian Polissia (mixed forest zone), they account for 48.4%, and in the Zhytomyrska, Vinnytska, Chernihivska, and Zakarpatska Oblasts, from 57 to 66% (Romanova et al., 2023). Globally, the area of such soils is about 50% (Liatukienė, Skuodienė, 2024). Thus, the selection of cultivars most adapted to specific pedo-climatic conditions is one of the main factors allowing for the maximum realization of the seed and forage productivity potentials of alfalfa (Tkachyk et al., 2015; Shi et al., 2017; Lakić et al., 2022).

The purpose of this study was to assess the fodder and seed productivity of alfalfa and to determine the chemical composition of alfalfa dry matter of, in an environmental trial nursery.

Методика

Дослідження проводили у 2021–2023 рр. на полях Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН. Ґрунти – сірі опідзолені з показником рН сольової витяжки 5,2–5,3 та гідролітичною кислотністю 2,1–2,4 мг/екв. на 100 г ґрунту. Як матеріал для досліджень використано шість колекційних зразків люцери посівної та мінливої: стандарт Синюха (UJ0700134), стандарт Радослава (UJ0700798), Родена (UJ0700800) (Україна) та Malvina (UJ0700641), Antane (UJ0700669), Birute (UJ0700670) (Литва). Закладання селекційних розсадників проводили в 2021 р. літнім безпокритим способом сівби ширококорядно (45 см) для обліку насінневої продуктивності та суцільно (15 см) для обліку кормової. Площа облікової ділянки 24 м² повторність дворазова. Польові дослідження, обліки, спостереження та вимірювання проводили згідно з рекомендаціями (Andriushchenko et al., 2004; Tkachyk et al., 2022) (Liatukienė, Skuodienė, 2018; Xu et al., 2025). Гідротермічні умови за роки проведення досліджень характеризувалися неоднорідними розподілом опадів та температурним режимом порівняно з середньобагаторічними значеннями (рис. 1).

Methods

The study was conducted on the fields of the Institute of Feeds and Agriculture of Podillia of NAAS in 2021–2023. The soils are gray podzolic with a salt extract pH of 5.2–5.3 and a hydrolytic acidity of 2.1–2.4 meq per 100 g of soil. Six collection accessions of alfalfa (*Medicago sativa* L. and *Medicago varia* Martyn) were investigated: the check cultivar 'Syniukha' (UJ0700134), the check cultivar 'Radoslava' (UJ0700798), 'Rodena' (UJ0700800) (Ukraine), 'Malvina' (UJ0700641), 'Antane' (UJ0700669), and 'Birute' (UJ0700670) (Lithuania). The breeding nurseries were established in 2021 using a summer coverless sowing method: wide-row (45 cm) for seed productivity recording and continuous (15 cm) for fodder productivity recording. The plot area was 24 m² with two replications. The field observations, assessments, records, and measurements were carried out in compliance with the guidelines (Andriushchenko et al., 2004; Tkachyk et al., 2022; Liatukienė, Skuodienė, 2018; Xu et al., 2025). The hydrothermal conditions during the research years were characterized by uneven precipitation distribution and temperature regimes compared to the long-term average values (Fig. 1).

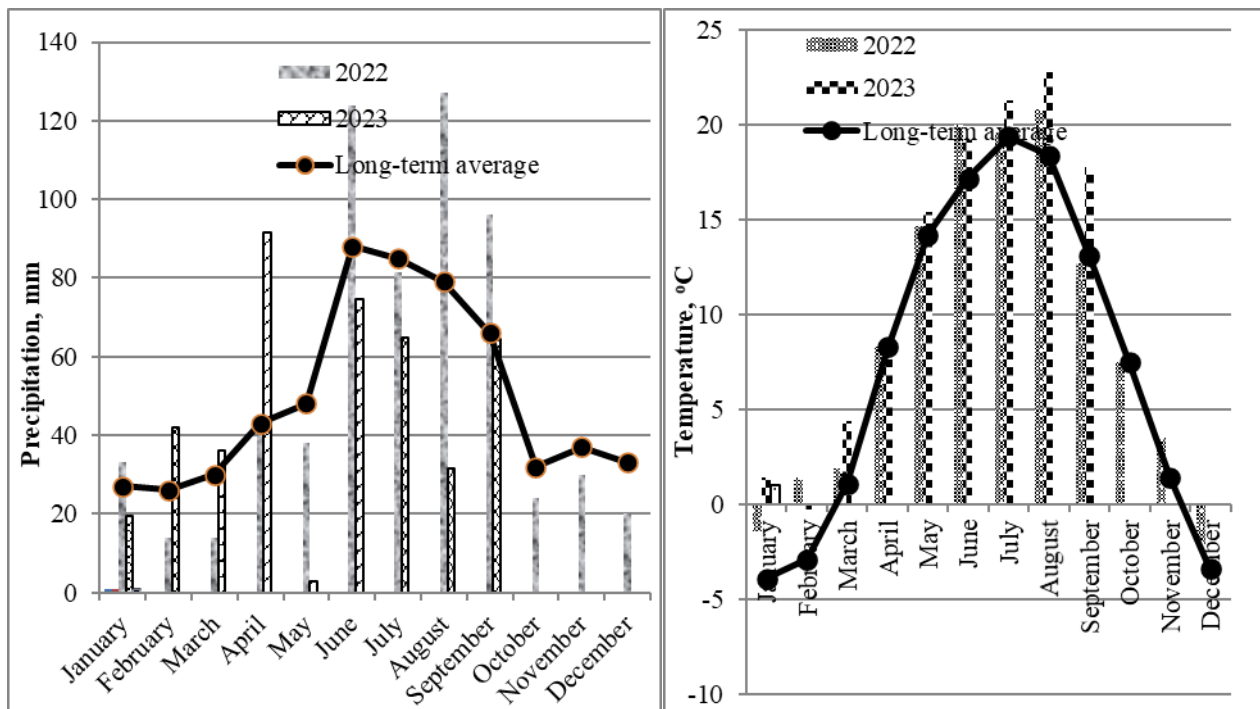


Рис. 1 Кількість опадів та температурний режим 2022–2023 рр.

Fig. 1. Precipitation amount and temperature in 2022–2023.

Більш оптимальними для формування кормової продуктивності рослин люцерни виявився 2023 р., а для насінневої – 2022 р. За основний період вегетації (травень-вересень) у 2022 р. спостерігалися такі умови: невелика посуха у травні (ГТК – 0,87), а з червня до вересня – кількість опадів відповідала надлишковим умовам зволоження (ГТК – 2,07, 1,34, 1,97, 2,52) (табл. 1).

2023 proved to be more optimal for alfalfa forage productivity, while 2022 was more favorable for seed productivity. In 2022, during the major part of the growing season (May–September) of 2022, the following meteorological events were documented: a minor drought in May (HTC = 0.87), whereas from June to September, the precipitation amount corresponded to excessive wetting (HTC = 2.07, 1.34, 1.97, and 2.52, respectively) (Table 1).

Таблиця 1. Основні значення гідротермічних ресурсів за період досліджень (2022-2023 рр.).

Table 1. Key parameters of hydrothermal resources during the research period (2022–2023).

Показник / Parameter	Травень / May	Червень / June	Липень / July	Серпень / August	Вересень / September	За весь період / Entire period
Середня температура повітря, °C / Average air temperature, °C	14.7/15.4*	20/19.2	19.6/21.3	20.8/22.8	12.7/17.8	17.6/19.3
Сума опадів, мм / Precipitation amount, mm	38/2.8	124/74.8	81.6/64.8	127/31.5	96/64.4	466.6/238.2
Сума активних температур, °C / Sum of active temperatures, °C	455.7/477.4	600/576	607.6/660.3	644.8/706.8	381/534	2689.1/2954.5
ГТК Селянинова / Selyaninov's HTC	0.83/0.06	2.07/1.3	1.34/0.98	1.97/0.45	2.52/1.21	1.74/0.81

Примітка * — 2022 р./2023 р.

Note: * — 2022 / 2023.

В цілому за 2022 р. ГТК становив 1,74, що відповідає надмірному зволоженню. У 2023 р. з оптимальним та дещо надлишковим вологозабезпеченням були тільки червень, липень та вересень (ГТК – 1,3, 0,98 та 1,21 відповідно) а в наступні місяці спостерігалась посуха різної інтенсивності (ГТК – 0,06, 0,45), в цілому за весь період відзначено ГТК на рівні 0,81, що відповідає умовам слабкої посухи. Статистичне опрацювання даних виконували за допомогою програмного забезпечення “Agrostat”, “Microsoft Excel”.

Overall, in 2022, the HTC was 1.74, which corresponds to excessive wetting. In 2023, optimal or slightly excessive wetting was observed only in June, July, and September (HTC = 1.3, 0.98, and 1.21, respectively), while droughts of varying intensity occurred in the following months (HTC = 0.06, 0.45). Overall, for the entire period, the HTC was 0.81, which corresponds to a mild drought. Data were statistically processed in Agrostat and Microsoft Excel.

Результати та обговорення

За результатами оцінки шести сортів люцерни у екологічному сортовипробуванні впродовж двох років використання виявлено дещо підвищену кормову продуктивність сортів Синюха, Радослава, Antane та Birute порівняно з іншими (табл. 2). Особливо слід відмітити сорти Радослава (12,99 т/га) та Birute (12,67 т/га). У стандартного сорту Синюха збір сухої речовини виявився в межах 11,21 т/га, середній

Results and Discussion

The two-year evaluation of six alfalfa cultivars in the environmental trial demonstrated a slightly increased fodder productivity in 'Syniukha', 'Radoslava', 'Antane', and 'Birute' compared to the others (Table 2). 'Radoslava' (12.99 t/ha) and 'Birute' (12.67 t/ha) should be particularly noted. For the check cultivar 'Syniukha', the dry matter yield was 11.21 t/ha, while the mean interpopulation level (MIL) was

міжпопуляційний рівень становив – 11,08 т/га. Досліджувані сорти продемонстрували дещо зменшений рівень кормової продуктивності в перший рік використання (окрім сортів Синюха та Радослава) та істотно підвищили його на другий рік використання (крім сорту Malvina), що на нашу думку пов'язано з кращим розвитком рослин другого року у порівнянні з першим. При цьому слід відзначити, що умови вологозабезпечення першого року були кращими ніж наступного. Окремо слід відзначити сорт люцерни Antane, який в місці походження також демонстрував підвищену кормову продуктивність (Liatukienė, Skuodienė, 2022). В умовах недостатнього зволоження збір сухої речовини люцерни може складати 3-6 т/га (Xu et al., 2025), при достатньому зволоженні може становити 10-15 т/га, а при зрошенні – 18-20 т/га (Ilić, 2025). Встановлено, що саме волога в умовах глобальних змін клімату є одним із визначальних чинників продуктивності люцерни (Liatukienė, Skuodienė, 2023; Xu, 2025).

11.08 t/ha. The studied cultivars exhibited a slightly decreased fodder productivity in the first year of use (except for 'Synyukha' and 'Radoslava') and significantly increased it in the second year (except for 'Malvina'). In our opinion, this is related to the better development of second-year plants compared to the first-year ones. It should also be noted that the wetting conditions in the first year were more favorable than those in the next year. Specifically, 'Antane' stood out, as it also demonstrated increased fodder productivity in its place of origin (Liatukienė, Skuodienė, 2022). Under insufficient wetting, the dry matter yield of alfalfa can range from 3 to 6 t/ha (Xu et al., 2025), whereas under sufficient wetting, it can reach 10–15 t/ha, and under irrigation — 18–20 t/ha (Ilić, 2025). It was reported that moisture, under global climate change, is one of the determining factors of alfalfa productivity (Liatukienė, Skuodienė, 2023; Xu, 2025).

Таблиця 2. Кормова продуктивність зразків люцерни посівної у розсаднику екологічного сортовипробування у 2022-2023 рр. (2021 р. посіву, рН 5,2–5,3)

Table 2. Fodder productivity of the alfalfa cultivars grown in the environmental trial nursery in 2022–2023 (sown in 2021, pH 5.2–5.3)

Назва зразка, країна походження / Cultivars, country of origin	Збір сухої речовини / Dry matter yield								
	т/га / t/ha			до стандарту Синюха / Relative to 'Synyukha'		до стандарту Радослава / 'Radoslava'		до СМР / Related to MIL	
	2022 р.	2023 р.	Середнє 2022-2023	±	%	±	%	±	%
St Синюха (UKR) / Synyukha, check cultivar (UKR)	10.18	12.23	11.21	-	-	-1.78	86	0.13	101
St Радослава (UKR) / Radoslava, check cultivar (UKR)	10.88	15.11	12.99	1.78	116	-	-	1.91	117
Родена (UKR) / Rodena (UKR)	8.24	10.75	9.50	-1.71	85	-3.49	73	-1.58	86
Malvina (LTU) / Malvina (LTU)	9.21	7.70	8.46	-2.75	75	-4.53	65	-2.62	76
Antane (LTU) / Antane (LTU)	8.15	15.15	11.65	0.44	104	-1.34	90	0.57	105
Birute (LTU) / Birute (LTU)	9.43	15.90	12.67	1.46	113	-0.32	98	1.59	114
СМР* / MIL*	9.35	12.81	11.08						
НІР _{0,05} / LSD _{0,05}	0.53	0.73							

Note: * AIL = mean interpopulation level.

На відміну від кормової продуктивності для формування достатньо високого рівня насінневої, з точки зору забезпеченості елементами живлення, на кислих ґрунтах зростає потреба у високому забезпеченні фосфором, калієм, бором та кальцієм (Baidoo et al., 2025). Оскільки за таких

In contrast to fodder productivity, a sufficiently high level of seed productivity on acidic soils requires a higher supply of phosphorus, potassium, boron, and calcium (Baidoo et al., 2025). This is because, under such conditions, their mobility in the soil and

умов різко зменшується їх мобільність в ґрунті та доступність для рослин, внаслідок чого насіннева продуктивність різко зменшується (Liatukienė et al., 2025).

За два роки використання серед досліджуваних зразків за насінневою продуктивністю виділились сорти Радослава (0,477 т/га) та Antane (0,502 т/га +8 % або 0,038 т/га до St Синюха та 5% або 0,025 т/га St Радослава) (табл. 3). Урожайність насіння становила у стандарту Синюха – 0,464 т/га, СМР – 0,434 т/га. Слід окремо відзначити, що майже всі досліджувані сорти формували свою максимально високу насінневу продуктивність у перший, більш оптимальний рік використання травостою, а наступного вона зменшувалась більш ніж удвічі. Єдиним винятком можна вважати сорт Birute, який в цілому за два роки сформував урожай насіння не такий високий порівняно з іншими, проте він був відносно сталий за роками (2022 р. – 0,443 т/га та 2023 р. – 0,371 т/га). Створений за умов підвищеної кислотності ґрунту сорт Birute й надалі залишається одним із найбільш продуктивних у Литві (Skuodienė et al., 2023), а отриманий достатньо високий врожай насіння і у наших дослідженнях підтверджує ефективність ведення селекції в таких умовах (Lorenzo et al., 2020).

availability to plants decrease sharply, leading to a significant reduction in seed yield (Liatukienė et al., 2025).

Over two years of use among the studied cultivars, 'Radoslava' (0.477 t/ha) and 'Antane' (0.502 t/ha; +8% or 0.038 t/ha related to 'Synyukha' and 5% or 0.025 t/ha over 'Radoslava') stood out in terms of seed productivity (Table 3). The seed yield from 'Synyukha' was 0.464 t/ha, while the MIL was 0.434 t/ha. It should be separately noted that almost all studied cultivars had their maximum seed productivity in the first, more optimal year of sward use, while in the following year, it decreased by more than half. The only exception was 'Birute', which, while yielding fewer seeds than the other cultivars, remained relatively stable across the study years (0.443 t/ha in 2022 and 0.371 t/ha in 2023). Developed on increased soil acidity, 'Birute' remains one of the most productive cultivars in Lithuania (Skuodienė et al., 2023), and the sufficiently high seed yield harvested in our study confirms the effectiveness of breeding under such conditions (Lorenzo et al., 2020).

Таблиця 3. Насіннева продуктивність зразків люцерни посівної у розсаднику екологічного сортовипробування у 2022-2023 рр. (2021р. посіву, рН 5,2–5,3)

Table 3. Yield and expression of the valuable economic traits in the winter triticale lines, mean for 2024–2025.

Назва зразка, країна походження / Cultivars, country of origin	Урожайність насіння / Seed yield								
	т/га / t/ha			до стандарту Синюха / Relative to 'Synyukha'		до стандарту Радослава /'Radoslava'		до СМР / Related to MIL	
	2022 р.	2023 р.	Середнє 2022- 2023 рр.	±	%	±	%	±	%
St Синюха (UKR) / Synyukha, check cultivar (UKR)	0.612	0.317	0.464	-	-	- 0.013	97	0.030	107
St Радослава (UKR) / Radoslava, check cultivar (UKR)	0.703	0.251	0.477	0.013	103	-	-	0.043	110
Родена (UKR) / Rodena (UKR)	0.433	0.274	0.354	-0.110	76	- 0.123	74	-0.080	81
Malvina (LTU) / Malvina (LTU)	0.594	0.205	0.400	-0.064	86	- 0.077	84	-0.034	92
Antane (LTU) / Antane (LTU)	0.744	0.260	0.502	0.038	108	0.025	105	0.068	116
Birute (LTU) / Birute (LTU)	0.443	0.371	0.407	-0.057	88	- 0.070	85	-0.027	94
СМР* / MIL*	0.588	0.280	0.434						
НІР _{0,05} / LSD _{0,05}	0.03	0.014							

З метою об'єктивної оцінки якості кормової маси та кількості рослинного білку, якого можна отримати із зазначених зразків, було проведено хімічний аналіз складу сухої речовини (таблиця 4). Підвищеним вмістом протеїну характеризувались сорти Синюха (19,13%), Радослава (19,29%), Malvina (19,89%) та Antane (19,05%), а найменший результат виявлено у сорту Birute лише 16,24 %. Це відповідним чином відобразилося на зборі білка з гектару. Так у сортів Синюха, Радослава, Antane збір сухої речовини становив 11,21, 12,99 та 11,65 т/га при достатньо високому вмісту протеїну їх збір білку склав 2,14, 2,51 та 2,22 т/га відповідно. Тим часом у сорту Birute, при відносно високій кормовій продуктивності (12,67 т/га), забезпечив збір білка лише на рівні 2,06 т/га, що менше стандартного сорту Радослава на 0,45 т/га. Достатньо значними були розбіжності і за рештою ознак.

In order to objectively evaluate the fodder mass quality and plant protein amount obtainable from these cultivars, we conducted a chemical analysis of the dry matter composition (Table 4). An increased protein content was intrinsic to 'Syniukha' (19.13%), 'Radoslava' (19.29%), 'Malvina' (19.89%), and 'Antane' (19.05%), while the lowest protein content was recorded for 'Birute' (16.24%). This was correspondingly reflected in the protein yield per hectare. For 'Syniukha', 'Radoslava', and 'Antane', the dry matter yield was 11.21, 12.99, and 11.65 t/ha, respectively; with a sufficiently high protein content, their protein yield reached 2.14, 2.51, and 2.22 t/ha, respectively. Meanwhile, 'Birute', despite its relatively high fodder productivity (12.67 t/ha), provided a protein yield of only 2.06 t/ha, which is 0.45 t/ha less than from the check cultivar ('Radoslava'). Significant differences were also observed for the other traits.

Таблиця 4. Хімічний аналіз сухої речовини зразків люцерни посівної у розсаднику екологічного сортовипробування у 2022-2023 рр.

Table 4. Chemical analysis of the dry matter in the alfalfa cultivars grown in the environmental trial nursery in 2022–2023.

Назва зразка, країна походження / Cultivars, country of origin	Гігроволога, % / Hygroscopic moisture, %	Масова частка, % у перерахунку на абсолютно суху речовину / Mass fraction, % on a dry matter basis				Збір білка, т/га (середнє 2022-2023 рр.) / Protein yield, t/ha (mean for 2022–2023)
		протеїн / Protein	жир / Fat	клітковина / Fiber	зола / Ash	
St Синюха (UKR) / Syniukha, check cultivar (UKR)	8.04	19.13	5.04	26.08	10.94	2.14
St Радослава (UKR) / Radoslava, check cultivar (UKR)	7.96	19.29	5.58	24.90	12.00	2.51
Родена (UKR) / Rodena (UKR)	7.93	18.70	4.83	23.75	10.75	1.78
Malvina (LTU) / Malvina (LTU)	8.55	19.89	5.39	24.92	12.40	1.68
Antane (LTU) / Antane (LTU)	8.27	19.05	4.89	24.89	10.40	2.22
Birute (LTU) / Birute (LTU)	8.19	16.24	5.70	24.62	9.96	2.06
СМР / MIL	8.16	18.71	5.24	24.86	11.07	2.06
НІР _{0,05} / LSD _{0,05}	0.43	0.99	0.28	1.32	0.59	0.11

За рахунок симбіотичної азотфіксації люцерна здатна накопичувати в межах 15-22 % протеїну (Lorenzo et al., 2020). Досліджувані сорти виділялись середнім рівнем накопичення протеїну в межах 16,24-19,29 %, що є цілком очікувано в умовах підвищеної кислотності ґрунтового середовища, де симбіотична азотфіксація дещо обмежена. На основі відносно

Due to symbiotic nitrogen fixation, alfalfa is capable of accumulating 15–22% of protein (Lorenzo et al., 2020). The studied cultivars were characterized by a medium protein accumulation within 16.24–19.29%, which is entirely expected on increased soil acidity, where symbiotic nitrogen fixation is somewhat limited. Based on the relatively low fiber content

невисоких значень вмісту клітковини (23,75–26,08 %) подібно до інших досліджень (Muir et al., 2025), можна зробити висновки, що клітковина (як і інші показники якості) є динамічними та залежать від реакції рослин на абіотичні та біотичні чинники умов середовища.

Висновки.

Таким чином, проведена оцінка кормової та насінневої продуктивності сортів люцерни в екологічному сортовипробуванні підтверджує складність ведення селекції цієї культури на підвищення насінневої та кормової продуктивності в поєднанні з високою якістю кормової маси та певним рівнем адаптивності до конкретних ґрунтово-кліматичних умов. Виділені сорти Радослава (за кормовою та насінневою продуктивністю, вмістом протеїну та жиру), Синюха (за кормовою продуктивністю, вмістом протеїну та жиру), Antane (за кормовою та насінневою продуктивністю, вмістом протеїну), Birute (за кормовою продуктивністю, вмістом жиру), як донори цінних господарських ознак, можуть бути залучені до селекційного процесу.

Заява про доступність даних: Опубліковані в статті дані знаходяться у відкритому доступі для всіх науковців.

Використання штучного інтелекту (ШІ): При формуванні матеріалів статті штучний інтелект не використовувався.

Відповідність етичним стандартам: Стаття не містить будь-яких досліджень з використанням людей і тварин як об'єктів.

Конфлікт інтересів: Конфлікт інтересів відсутній.

Фінансування: Дослідження фінансувались за рахунок бюджетних коштів в межах виконання завдання 25.01.01.01.Ф «Проведення оцінки генофонду люцерни посівної різного еколого-географічного походження за біологічними та господарсько-цінними ознаками в умовах підвищеної кислотності ґрунтів Правобережного Лісостепу, виділення вихідного матеріалу для створення сортів-синтетиків з рівнем гетерозису 15–20 %» (номер державної реєстрації 0121U107539).

(23.75–26.08%), similar to findings in other studies (Muir et al., 2025), it can be concluded that fiber content (as well as other quality indicators) is dynamic and depends on the plants' response to abiotic and biotic environmental factors.

Conclusions.

Thus, the assessments of fodder and seed productivity of the alfalfa cultivars in the environmental trial confirmed the complexity of breeding this crop for increased seed and fodder productivity in combination with high forage quality and a sufficient adaptability to specific pedo-climatic conditions. 'Radoslava' (due to fodder and seed productivity, protein and fat contents), 'Syniukha' (fodder productivity, protein and fat contents), 'Antane' (fodder and seed productivity, protein content), and 'Birute' (fodder productivity, fat content) are identified as donors of valuable economic traits and can be involved in breeding programs.

Data Availability Statement: The data published in the article are in open access for all researchers.

Use of Artificial Intelligence (AI): Artificial intelligence was not used during the preparation of this article.

Compliance with Ethical Standards: This article does not contain any studies involving human participants or animals as subjects.

Conflict of Interest: The authors declare no conflict of interest.

Funding: The research was funded from the state budget within the project 25.01.01.01.F "Evaluation of the Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Gene Pools of Different Eco-geographical Origins for Biological and Economically Valuable Traits on Increased Soil Acidity in the Right-Bank Forest-Steppe and Identification of Starting Materials to Develop Synthetic Cultivars with a Heterosis Level of 15–20%" (State Registration Number 0121U107539).

References

- Baidoo, M. M., Islam, M. A., Atiemo, M. B., Munkaila, M., & Shilpakar, C. (2025). Phosphorus and potassium management in alfalfa production under varied calcium and magnesium soil conditions with harvesting regimes. *Crop Science*, 65(3). <https://doi.org/10.1002/csc2.70065>
- Berenji, S., Moot, D. J., Moir, J. L., Ridgway, H., & Rafat, A. (2017). Dry matter yield, root traits, and nodule occupancy of lucerne and Caucasian clover when grown in acidic soil with high aluminium concentrations. *Plant and Soil*, 416(1–2), 227–241. <https://doi.org/10.1007/s11104-017-3203-3>
- Carlini, B., Lucini, C., & Velázquez, J. (2024). The role of legumes in the sustainable Mediterranean diet: Analysis of the consumption of legumes in the Mediterranean population over the last ten years using PRISMA methodology. *Sustainability*, 16(7), 3081. <https://doi.org/10.3390/su16073081>
- Desta, A. G. (2026). The role of alfalfa (*Medicago sativa* L.) in soil health and greenhouse gas mitigation in integrated crop–livestock systems: A review. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 72(1), 1–16. <https://doi.org/10.1080/03650340.2025.2610090>
- Du, W., Huang, H., Wang, Z.-Y., Yang, G., & Pang, Y. (2025). The calcium-regulated kinase MsCIPK4 confers drought and salt stress tolerance in alfalfa by enhancing ROS scavenging. *Plant Science*. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2025.112646>
- Ferreira, P. A. A., Bomfeti, C. A., Soares, B. L., & Moreira, F. M. D. S. (2012). Efficient nitrogen-fixing *Rhizobium* strains isolated from Amazonian soils are highly tolerant to acidity and aluminum. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 28, 1947–1959. <https://doi.org/10.1007/s11274-011-0997-7>
- Ilić, A., Uhlarik, A., & Mamlić, Z. (2025). Drought stress and production of legumes in Europe. In *Marker-assisted breeding in legumes for drought tolerance* (pp. 77–105). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-96-4112-3_4
- Lakić, Ž., Popović, V., Ćosić, M., & Antić, M. (2022). Genotypic variation of *Medicago sativa* (L.) seed yield components in acid soil under conditions of cross-fertilization. *Genetika*, 54(1), 1–14. <https://doi.org/10.2298/GENSR2201001L>
- Chen, L., Beiyuan, J., Hu, W., Zhang, Z., Duan, C., Cui, Q., Zhu, X., He, H., Huang, X., & Fang, L. (2022). Phytoremediation of potentially toxic elements (PTEs) contaminated soils using alfalfa (*Medicago sativa* L.): A comprehensive review. *Chemosphere*, 293. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.13>
- Liatukienė, A., & Skuodienė, R. (2023). The response of alfalfa cultivars to mobile aluminum toxicity. *Grassland Science*, 69(1), 79–86. <https://doi.org/10.1111/grs.12389>
- Liatukienė, A., Skuodienė, R., Kemešytė, V., & Buhayov, V. (2024). Crops of alfalfa genotypes in soil with very low and very toxic concentrations of mobile aluminium. *Cogent Food & Agriculture*, 10(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2023.2294543>
- Lorenzo, C. D., García-Gagliardi, P., Antonietti, M. S., Sánchez-Lamas, M., Mancini, E., Dezar, C. A., Vazquez, M., Watson, G., Yanovsky, M. J., & Cerdán, P. D. (2020). Improvement of alfalfa forage quality and management through the down-regulation of MsFTa1. *Plant Biotechnology Journal*, 18, 944–954.
- Mendoza-Soto, A. B., Naya, L., Leija, A., & Hernandez, G. (2015). Responses of symbiotic nitrogen-fixing common bean to aluminum toxicity and delineation of nodule responsive microRNAs. *Frontiers in Plant Science*, 6, 587. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00587>
- Andriushchenko, A. V., Kryvytskyi, K. M., & Veselovska, O. B. (Eds.). (2010). *Methods for examination of alfalfa (Medicago sativa L., M. × varia Martyn) varieties for distinctness, uniformity and stability*. [in Ukrainian]
- Miao, X., Wang, G., Xu, B., Li, R., Tian, D., Ren, J., Li, Z., Fan, T., Zhang, Z., & Xu, Q. (2025). Study on alfalfa water use efficiency and optimal irrigation strategy in agro-pastoral ecotone, northwestern China. *Agronomy*, 15(2), 258. <https://doi.org/10.3390/agronomy15020258>
- Mielmann, A. (2013). The utilisation of lucerne (*Medicago sativa*): A review. *British Food Journal*, 115(4), 590–600. <https://doi.org/10.1108/00070701311317865>
- Muir, J. P., Batista Dubeux, J. C., Santos, M. V. F., et al. (2025). Sustainable warm-climate forage legumes: Versatile products and services. *Grasses*, 4(2), 16. <https://doi.org/10.3390/grasses4020016>
- Öztürk, M. E., Yirün, A., Başak Erdemli-Köse, S., et al. (2022). Evaluation of the toxic effects of thimerosal and/or aluminum hydroxide in SH-SY5Y cell line. *Human & Experimental Toxicology*, 41. <https://doi.org/10.1177/09603271221136206>
- Qin, Q., Qi, J., Xin, X., Xu, D., & Yan, R. (2025). Enhanced wind erosion control by alfalfa grassland compared to conventional crops in Northern China. *Agronomy*, 15, 387. <https://doi.org/10.3390/agronomy15020387>
- Romanova, S. A., Palamarchuk, R. P., & Hryshchenko, O. M. (2023). *Scientific research on monitoring and survey of agricultural lands of Ukraine based on the results of the XI round (2016–2020)*. [in Ukrainian]
- Shi, S., Nan, L., & Smith, K. F. (2017). The current status, problems, and prospects of alfalfa (*Medicago sativa* L.) breeding in China. *Agronomy*. <https://doi.org/10.3390/agronomy7010001>

- Skudienė, R., Liatukienė, A., & Petrauskas, G. (2023). Comparison of productivity and agro-biological traits of alfalfa populations resistant to mobile Al grown on acidic and neutral soils. *Agronomy*, 13, 156. <https://doi.org/10.3390/agronomy13010156>
- Tedesco, D., Nieto, L., Hernández, C., Rybecky, J. F., Min, D., Sharda, A., Hamilton, K. J., & Ciampitti, I. A. (2022). Remote sensing on alfalfa as an approach to optimize production outcomes: A review of evidence and directions for future assessments. *Remote Sensing*, 14(19), 4940. <https://doi.org/10.3390/rs14194940>
- Tkachyk, S. O. (2015). *Methods for examination of varieties of technical and fodder plants for suitability for dissemination in Ukraine* (3rd ed.). <https://sops.gov.ua/uploads/page/5b7e6970317ba.pdf> [in Ukrainian]
- Xu, L. (2025). *Key ecophysiological adaptations of alfalfa (Medicago sativa L.) to saline environments: Paving the way for salinity-smart crop development* (Doctoral dissertation, University of Groningen). <https://doi.org/10.33612/diss.1206366741>
- Zhang, F., Long, R., Ma, Z., Zhang, Z., Zhou, Y., & Yang, Q. (2024). Evolutionary genomics of climatic adaptation and resilience to climate change in alfalfa. *Molecular Plant*, 17(6), 867–883. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2024.04.013>