

УДК: 633.3

В.Д. Бугайов*, В.М. Горенський

Потенційна та фактична урожайність насіння люцерни (*MEDICAGO L.*) за підвищеної кислотності ґрунту

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

*E-mail: bugayovvd@ukr.net

UDC: 633.3

V.D. Buhaiov*, V.M. Horenskyi

Potential and Real Alfalfa (*MEDICAGO L.*) Seed Yield on Increased Soil Acidity

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

*E-mail: bugayovvd@ukr.net

Реферат: Проведено оцінку впливу гідротермічних ресурсів та окремих елементів структури насінневої продуктивності за два роки використання травостою на урожайність насіння зразків генофонду люцерни різного еколого-географічного походження на фоні підвищеної кислотності ґрунту. Виявлено істотний вплив гідротермічних ресурсів на насіннєву продуктивність (невеликі та середні посухи в період цвітіння та збирання врожаю підвищують її, а опади – навпаки, знижують). Зроблено висновок, що для скорочення часу на проведення структурного аналізу достатньо використовувати ознаки з найбільш істотно вираженим впливом – кількість продуктивних пагонів, китиць на пагоні, бобів у китиці та насінин у бобі. Подальшого вивчення потребує питання мінімізації втрат насіння через генетичні, біологічні та механічні чинники.

Ключові слова: *Medicago sativa*, кислотність ґрунту, насіннєва продуктивність, коефіцієнт кореляції, гідротермічні ресурси.

Abstract: This study assessed the impact of hydrothermal factors on and contributions of individual seed productivity components to the seed yields of alfalfa germplasm accessions of different eco-geographical origins grown on soil with increased acidity over two years of sward utilization. A significant influence of hydrothermal factors on seed productivity was observed: minor to moderate droughts during anthesis and harvest increased it, while precipitation, conversely, decreased. It was concluded that to reduce the time spent on structural analysis, it is sufficient to use traits that are most significantly affected: number of productive shoots, racemes per shoot, pods per raceme, and seeds per pod. Further research is needed on minimizing seed losses caused by genetic, biological, and mechanical factors.

Key words: *Medicago sativa*, soil acidity, seed productivity, correlation coefficient, hydrothermal factors.

Вступ

Актуальність досліджень впливу гідротермічних ресурсів та окремих елементів структури насінневої продуктивності на урожайність насіння зразків генофонду люцерни різного еколого-географічного походження зумовлена необхідністю виділення високопродуктивного вихідного матеріалу для подальшого використання в селекційному процесі.

Introduction

The relevance of research into the impact of hydrothermal factors and individual seed productivity components on seed yields of alfalfa germplasm accessions of different eco-geographical origins is driven by the necessity of identifying highly productive initial materials for further breeding.

Люцерна (*Medicago sativa* L.) дозволяє забезпечити тваринництво багатими на білок і вітаміни кормами та є найбільш широко культивованою бобовою кормовою культурою у світі [1]. Як багаторічна бобова рослина, вона збагачує ґрунт азотом, поліпшує його структуру й родючість, але, незважаючи на це, посівні площі під цією культурою скорочуються, також існує дефіцит насіннєвого матеріалу [2]. Основним чинником, який визначає насіннєву та кормову продуктивність люцерни, є вибір сорту найбільш продуктивного та адаптованого до конкретних ґрунтово-кліматичних умов [3]. Рослини люцерни нормально ростуть та розвиваються за рН 6,5-8,4. Зниження реакції ґрунтового розчину до 5,0-5,5 негативно позначається на метаболічних процесах і продуктивності рослин [4]. Найбільш помітно під впливом підвищеної кислотності ґрунту знижується насіннєва продуктивність люцерни [5]. Відзначено також, що за рН 4,5-5,0, коли зростає активність і токсичність іонів алюмінію (Al^{3+}), бульбочкові бактерії призупиняють свою життєдіяльність [6, 7].

За даними XI туру агрохімічного обстеження, більше 24% ґрунтів в Україні є кислими. Висока питома вага кислих ґрунтів характерна для зони Полісся (48,4%). У Житомирській, Вінницькій, Чернігівській та Закарпатській областях питома вага кислих площ у загальному обсязі обстежених сільськогосподарських угідь становить від 57 до 66 % [8]. Загалом у світі площа таких ґрунтів становить близько 50%, а основними негативними чинниками на цих територіях є токсичні рівні алюмінію (Al) і марганцю (Mn), а також субоптимальні рівні фосфору (P) [9]. Такий стан сільськогосподарських земель актуалізує розвиток технологій селекції люцерни, спрямованих на створення сортів, здатних реалізувати адаптивний потенціал генотипу саме за таких несприятливих умов. Питання едафічної адаптації рослин мають важливе значення для ефективного використання ґрунтово-кліматичних умов кожної зони. Її роль особливо зростає в умовах хіміко-техногенної інтенсифікації рослинництва, оскільки більшість елементів такої агротехніки спрямовано на оптимізацію умов середовища саме субстрату [10, 11]. Тому виникає необхідність у продовженні пошуку нового вихідного матеріалу люцерни з оптимальним поєднанням елементів кормової та насіннєвої продуктивності на фоні підвищеної кислотності ґрунтового середовища.

Alfalfa (*Medicago sativa* L.) supplies livestock farming with protein- and vitamin-rich forages and is the most widely cultivated leguminous fodder crop globally [1]. As a perennial legume, it enriches the soil with nitrogen, improving its structure and fertility. Despite these benefits, alfalfa-sown area is shrinking; there is also a deficit of seeds [2]. Selection of the most productive cultivar, which is adapted to specific soil and climatic conditions, is the main factor determining alfalfa's seed and fodder productivity [3]. Alfalfa plants grow and develop normally at pH 6.5-8.4. A decrease in the soil solution reaction to pH 5.0-5.5 negatively affects metabolic processes and plant performance [4]. Alfalfa seed productivity most noticeably decreases under the influence of increased soil acidity [5]. It was also noted that at pH 4.5-5.0, where the activity and toxicity of aluminum ions (Al^{3+}) elevates, nodule bacteria cease their vital activity [6, 7].

According to the 9th agrochemical survey, more than 24% of soils in Ukraine are acidic. The woodlands have a high proportion of acidic soils (48.4%). In the Zhytomyrska, Vinnytska, Chernihivska, and Zakarpatska Oblasts, the proportion of acidic areas in the total surveyed agricultural land ranges from 57 to 66% [8]. Globally, such soils account for about 50%, with the main negative factors in these territories being toxic levels of aluminum (Al) and manganese (Mn), as well as suboptimal levels of phosphorus (P) [9]. This state of agricultural lands actualizes the development of alfalfa breeding technologies aimed at creating cultivars capable of fulfilling their genetically determined adaptive potentials specifically under such unfavorable conditions. Issues of edaphic adaptation of plants are of vital importance for the effective utilization of pedo-climatic resources in each zone. Its role particularly increases upon chemical and technogenic intensification of plant cultivation, as most elements of such farming techniques focus on optimizing the soil of all environmental conditions [10, 11]. Therefore, there is a continuing need to search for new initial alfalfa material with optimal combinations of fodder and seed productivity components on increased soil acidity.

У люцерни виявлено значний негативний вплив підвищеної кислотності ґрунту на формування кормової та насіннєвої продуктивності досліджуваних зразків. Частина з них взагалі не формували насіння в таких умовах, проте кормова продуктивність залишається на достатньому рівні [12]. Тому підвищення насіннєвої продуктивності й надалі залишається однією з головних проблем у селекції цієї культури [13-15]. Потенціал насіннєвої продуктивності люцерни реалізується лише частково. Це зумовлено низьким рівнем запилення квіток (зазвичай 40–60%) та невеликою кількістю насінин у бобі (3–4 шт.), що значною мірою залежить від гідротермічних та ґрунтових умов [16].

Метою роботи стала оцінка впливу елементів насіннєвої продуктивності та гідротермічного режиму на формування потенційного та фактичного врожаю насіння люцерни різного еколого-географічного походження на фоні підвищеної кислотності ґрунту у першій та другій роки використання травостою.

Методика

Дослідження проводили у 2020–2022 рр. на полях Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН України. Ґрунти – сірі опідзолені з рН сольової витяжки 5,2–5,3 та гідролітичною кислотністю 2,1–2,4 мг/екв. на 100 г ґрунту.

Як матеріал для досліджень використовували 192 колекційних зразки люцерни посівної та мінливої різного еколого-географічного походження. Серед них зразків походженням з України 46 шт.; РФ – 31; США – 18; Франції – 13; Аргентини – 11; Казахстану – 7; Німеччини, Литви, Канади, Югославії – по 5 зразків, Узбекистану, Болгарії, Португалії – по 4; Італії, Угорщини, Швеції – по 3; Іспанії, Екватору, Таджикистану, Мексики, Чилі – по 2; решта – по 1 зразку (Бразилія, Великобританія, Ірак, Монголія, Азербайджан, Афганістан, Грузія, Алжир, Туреччина, Киргизстан, Румунія, Перу, Куба, Танзанія). Для більш показового зображення структурного аналізу насіннєвої продуктивності використано 38 кращих зразків люцерни (таблиця 1).

Закладання селекційних розсадників проводилось в 2020 р. літнім безпокровним способом сівби широкорядно (45 см) для обліку насіннєвої продуктивності. Площа облікової ділянки – 3 м² повторність дворазова. Польові дослідження, обліки, спостереження та

A significant negative effect of increased soil acidity on fodder and seed productivity of the studied alfalfa accessions was observed. Some of them did not form seeds at all under such conditions, although fodder productivity remained sufficiently high [12]. Therefore, increasing seed productivity remains one of the main challenges in this crop breeding [13-15]. The potential for alfalfa seed productivity is only partially fulfilled. This is attributed poor pollination of flowers (usually 40–60%) and few seeds per pod (3-4), which largely depend on hydrothermal and soil conditions [16].

Our purpose was to evaluate the contributions of seed productivity components and hydrothermal profile to the potential and real seed yields of alfalfa accessions of different eco-geographical origins grown on increased soil acidity in the first and second years of sward utilization.

Methods

The study was conducted in the fields of the Institute of Feeds and Agriculture of Podillia of NAAS of Ukraine in 2020–2022. The soil is gray podzolized with a salt extract pH of 5.2–5.3 and hydrolytic acidity of 2.1–2.4 mg/eq. per 100 g of soil.

192 collection accessions of purple and variegated alfalfa of different eco-geographical origins were studied: 46 accessions from Ukraine, 31 from the Russian Federation, 18 from the USA, 13 from France, 11 from Argentina, 7 from Kazakhstan, 5 each from Germany, Lithuania, Canada, and Yugoslavia, 4 each from Uzbekistan, Bulgaria, and Portugal, 3 each from Italy, Hungary, and Sweden, 2 each from Spain, Ecuador, Tajikistan, Mexico, and Chile, and 1 each from Brazil, Great Britain, Iraq, Mongolia, Azerbaijan, Afghanistan, Georgia, Algeria, Turkey, Kyrgyzstan, Romania, Peru, Cuba, and Tanzania. Thirty-eight best alfalfa accessions were selected for a more illustrative representation of the structural analysis of seed productivity (Table 1).

The breeding nurseries were set in 2020 by summer open sowing in wide rows (45 cm) to record seed productivity. The record plot area was 3 m², with two replications. The field surveys, records, observations, and measurements were conducted according to the guidelines [17, 18].

вимірювання проводили згідно з рекомендаціями [17, 18].

Елементи структури насінневої продуктивності визначали безпосередньо в полі за 15-20 діб до повного дозрівання при побурінні 65-70% бобів на рослинах, залишених з першого укосу. Після цього зразки (75-85% дозрілих бобів) підкошували бензокосою і досушували у снопах в польових умовах. Структурний аналіз проводили за такими ознаками: кількість продуктивних пагонів на м², кількість китиць на пагоні, довжина китиці (від місця прикріплення нижнього бобу до місця прикріплення останнього), кількість бобів у китиці, кількість обертів бобу, кількість насінин у бобі, висота рослин та маса 1000 насінин.

Seed productivity components were determined in the field 15-20 days prior to complete maturity when 65-70% of the pods on plants left after the first cut had turned brown. Then the accessions (75-85% of ripened pods) were mowed with a brush cutter and dried in sheaves in the field. Structural analysis was performed for the following traits: number of productive shoots per m², number of racemes per shoot, raceme length (from the attachment point of the lowest pod to the attachment point of the last one), number of pods per raceme, number of pod whorls, number of seeds per pod, plant height, and thousand seed weight.

Таблиця 1. Походження кращих колекційних зразків люцерни посівної, використаних для відображення елементів насінневої продуктивності

Table 1. Origins of the best collection purple alfalfa accessions for displaying seed productivity components

Назва або біологічний статус зразка / Accession's Name or Biological Status	Номер у Національному каталозі / National Catalogue Number	Країна походження / Country of Origin
St (Синюха) / Syniukha (check cultivar)	UJ0700134	UA
Радослава / Radoslava	UJ0700798	UA
Росана / Rosana	UJ0700653	UA
КМФ місцева форма / KMF (local form)	UJ0700 886	UA
Синя 2 / Synia 2	UJ0700 882	UA
Елегія / Elehiia	UJ0700883	UA
Анатоліївна / Anatoliivna	UJ0700797	UA
Люба / Liuba	UJ0700595	UA
Черноголовая / Chernogolovaya	UJ0700684	RU
Желтогибридная 191 / Zhyoltogibridnaya 191	UJ0700318	RU
Якутская желтая / Yakutskaya Zhyoltaya	UJ0700720	RU
Сибирская 8 / Sibirskaya 8	UJ0700300	RU
Артемиды / Artemida	UJ0700707	RU
Саратовская 1 / Saratovskaya 1	UJ0700186	RU
Oranja /	UJ0700535	US
Maguel / УААН/№1463 / Maguel / UAAN/№1463	UJ0700539	US
WL-514	UJ0700608	US
WL-515	UJ0700609	US
Brend 919	UJ0700613	US
Deseret	UJ0700614	US
Galaxie	UJ0700827	FR
Boreale	UJ0700406	FR
Cordoba	UJ0700617	AR
Красноводопадская №8 / Krasnovodopadskaya No 8	UJ0700329	KZ
Ziguen	UJ0700716	DE
Плевен 6 / Pleven 6	UJ0700552	BG
Maris kabul	UJ0700540	BG
Будучиня / Buduchynia	UJ0700645	BG
Палава / Palava	UJ0700622	BG
Феракс 58 /	UJ0700715	CA
Місцева / Mistseva	UJ0700632	PT
Grilys 1 (клон №3) / Grilys-1 (clone No 3)	UJ0700772	SE
Місцева / Mistseva	UJ0700430	BR
Місцева / Mistseva	UJ0700367	AZ

Фактичну урожайність насіння визначали безпосередньо ваговим методом після очищення насіннєвого матеріалу, а потенційно можливу шляхом множення структурних елементів між собою: кількість продуктивних пагонів на м², кількість китиць на пагоні, кількість бобів у китиці, кількість насінин у бобі (таким чином було визначено кількість насінин на рослинах з 1 м²), масу однієї тисячі насінин та розділено цей добуток на 1000.

Гідротермічні умови за роки проведення досліджень характеризувалися неоднорідними розподілом опадів та температурним режимом порівняно з середньобаторічними значеннями (рис. 1).

The real seed yield was measured gravimetrically after cleaning the seed material, while the potential yield was calculated by multiplying the following yield components: number of productive shoots per m², number of racemes per shoot, number of pods per raceme, number of seeds per pod (thus, the number of seeds on plants from 1 m² was estimated), and thousand seed weight; then this product was divided by 1,000.

The hydrothermal conditions in the study years were characterized by uneven distribution of precipitation and temperature profiles compared to the long-term average values (Fig. 1).

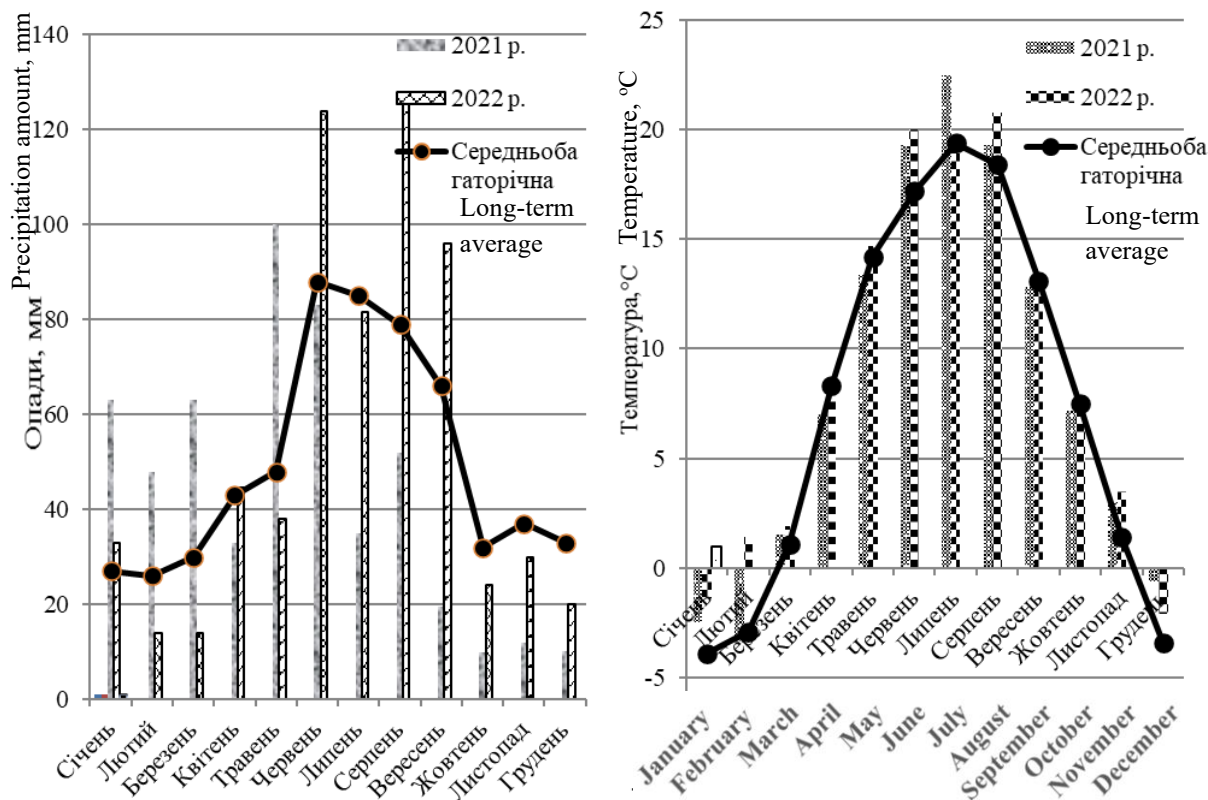


Рис. 1 Кількість опадів та температурний режим 2021–2022 рр.

Fig. 1. Precipitation and temperature in 2021–2022.

Більш оптимальними для формування насіннєвої продуктивності рослин люцерни виявився 2022 р. За основний період вегетації (травень-вересень) у 2021 р. з оптимальним та надлишковим вологозабезпеченням були тільки травень та червень (ГТК – 2,41 і 1,43 відповідно), а в наступні місяці спостерігалась посуха різної інтенсивності (ГТК – 0,5, 0,87, 0,51), хоча в цілому за весь період відзначено ГТК на рівні 1,08, що

2022 proved to be the more optimal year for alfalfa seed productivity. In 2021, during the main part of the vegetation period (May–September), only May and June had optimal or excessive wetting (the hydrothermal coefficient (HTC) was 2.41 and 1.43, respectively). In the subsequent months, there were droughts of varying intensity (HTC – 0.5, 0.87, 0.51), although the overall HTC for the entire period

відповідає достатнім умовам зволоження (табл. 2). У 2022 р. виявлено протилежні умови: невелика посуха спостерігалась 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). В цілому за 2022 р. ГТК становив 1,74, що відповідає надмірному зволоженню.

Статистичну обробку даних проводили за допомогою програмного забезпечення “Agrostat”, ПППІ “IBM SPSS Statistics” та “Microsoft Excel”.

was 1.08, which corresponds to sufficient wetting (Table 2). In 2022, the conditions were opposite: there was a slight drought in May (HTC = 0.87), while from June to September, precipitation were considered as excessive wetting (HTC = 2.07, 1.34, 1.97, 2.52). Overall, the HTC was 1.74 in 2022, indicating water-logging.

Data were statistically processed in Agrostat, IBM SPSS Statistics, and Microsoft Excel.

Таблиця 2. Основні значення гідротермічних ресурсів за період досліджень (2021-2022 рр.)

Table 2. Key values of the hydrothermal factors during the study period (2021-2022).

Показник /	Травень / May	Червень / June	Липень / July	Серпень / August	Вересень / September	За весь період / Entire period
Середня температура повітря (t _{сер}), °C / Mean air temperature (t _{mean}), °C	13,4/14,7*	19,3/20	22,5/19,6	19,3/20,8	12,8/12,7	17,5/17,6
Сума опадів, мм / Precipitation amount, mm	100/38	83/124	35/81,6	52/127	19,4/96	289,4/466,6
Сума активних температур (t _{акт} >10), °C / Sum of active temperatures (t _{act} >10), °C	415,4/455,7	579/600	697,5/607,6	598,3/644,8	384/381	2674,2/2689,1
ГТК Селянинова / Selyaninov's HTC	2,41/0,83	1,43/2,07	0,50/1,34	0,87/1,97	0,51/2,52	1,08/1,74

Примітка * - 2021 р./2022 р.

Note * - 2021/2022.

Результати та обговорення

За результатами проведеного структурного аналізу колекційних зразків люцерни у 2021 р. (перший рік використання) виявлено, що кількість продуктивних пагонів була в межах від 15 до 83 шт./м² при середньому значенні 46,3 шт./м² (табл. 3). Найвищі значення за цією ознакою були у зразків Maguei – 83 шт./м², у стандартного сорту Синюха – 77, у сорту

Results and Discussion

The structural analysis of the alfalfa collection accessions conducted in 2021 (first year of usage) showed that the number of productive shoots ranged from 15 to 83 shoots/m², with the mean of 46.3 shoots/m² (Table 3). The greatest numbers of productive shoots were recorded for cvs. ‘Maguei’ (83 shoots/m²), ‘Syniukha’ (check cultivar; 77), and

Елегія – 69. Кількість китиць на пагоні також варіювала в досить широкому діапазоні – від 5 до 49 шт. на одному пагоні при середньому – 23,8. Найбільшу кількість китиць виявлено у Радуга (UA) – 49, Інтрига (UA) – 48 Феракс 58 (CA) – 36. В цілому при зменшенні щільності пагонів на площі зростала їх освітленість та здатність до гілкування з формуванням більшої кількості суцвіть. Довжина китиці становила від 1 до 3 см (СМР – 1,7), де формувалось від 3 до 11 зав'язаних бобів (СМР – 6,3). Одними з кращих за кількістю бобів у суцвітті були зразки: місцева UJ0700367 – 11 шт., Радослава, КМФ (місцева форма), Красноводопадская №8 – по 10 шт., причому кількість бобів дещо зростала на довших суцвіттах. Кількість обертів бобу становила 1-3 шт, на які припадало від 1,5 до 6 насінин (від 1,5 до 2 насінин на один оберт бобу). Найвищі значення кількості насінин у бобі були зафіксовані у зразків: Кулундинская боровая – 6; Радослава, Красноводопадская №8 – 5 шт.; Синя 2, Анатоліївна, Саратовская 1, Оранжа, Boreale, Зигуен, Будучиня, Grilys 1 (клон №3) – по 4 шт. Фактична урожайність насіння за середнім міжпопуляційним рівнем становила 24,8 г/м² при потенційно можливій за елементами структури – 34,1 г/м². Відношення фактичного врожаю до потенційного за СМР становило 73%, що, на нашу думку, пов'язано з втратою врожаю насіння через обсіпання бобів та насіння при несвоєчасному збиранні (затяжні дощі під час збирання стимулюють підгнивання бобів, проростання насіння, а тривала суха погода спричиняє розтріскування частини бобів та обсіпання насіння); також до втрати плодоеlementів призводить механічний вплив при підкошуванні травостою. Як свідчать дані, наведені в табл. 3, формування та збереження рівня насінневої продуктивності у різних зразків люцерни відрізнялося: наприклад, у стандартного сорту Синюха фактична урожайність насіння зберігалася на рівні 82%, тоді як у сорту Радослава становила лише 49%. У значної частини зразків продуктивність зберігалася на рівні біологічно можливого врожаю або навіть дещо вищому, наприклад, місцева UJ0700430 – 119%, Феракс 58 – 118, Синя 2 – 114% тощо.

‘Elehiia’ (69). The number of racemes per shoot also varied over a fairly wide range, from 5 to 49 racemes/shoot, with the mean of 23.8. The greatest number of racemes was observed in cv. ‘Raduha’ (UA), ‘Intryha’ (UA), and ‘Feraks 58’ (CA): 49, 48, and 36, respectively. In generally, as the shoot density per area decreased, their illumination and branching ability increased, leading to the formation of more inflorescences. The raceme length ranged from 1 to 3 cm (Mean Population Value (MPV) = 1.7), where 3 to 11 pods set (MPV = 6.3). The best accessions in terms of number of pods per inflorescence included ‘Mistseva’ UJ0700367 (11 pods), ‘Radoslava’, ‘KMF’ (local form), Krasnovodopadskaya No. 8 (10 pods each), with slightly more pods on longer inflorescences. There were 1-3 pod whorls containing 1.5 to 6 seeds (1.5 to 2 seeds per pod whorl). The greatest numbers of seeds per pod were recorded for the following accessions: ‘Kulundinskaya Borovaya’ (6 seeds), ‘Radoslava’, ‘Krasnovodopadskaya No. 8’ (5), ‘Synia 2’, ‘Anatoliivna’, ‘Saratovskaya 1’, ‘Oranja’, ‘Boreale’, ‘Zyhuen’, ‘Buduchynia’, and ‘Grilys 1’ (clone No. 3) (4 pods each). The MPV of real seed yield was 24.8 g/m² compared to the potential yield of 34.1 g/m² estimated from yield components. The MPV of real/potential yield ratio was 73%, which, in our opinion, is attributed to seed loss because of pod and seed shattering during untimely harvest (prolonged rains during harvest stimulate pod rot and seed germination, while prolonged dry weather causes cracking of some pods and seed shattering); fruits and seeds are also lost because of mechanical impact during sward mowing. As Table 3 shows, seed productivity and its stability differed among alfalfa accessions: for example, in the check cultivar, ‘Syniukha’, the real seed yield was maintained at 82%, while in cv. ‘Radoslava’, it was only 49%. In many accessions, the productivity was maintained at biologically possible level or even slightly higher. For example, it was 119% in ‘Mistseva’ UJ0700430, 118% in ‘Feraks 58’, 114% in ‘Synia 2’, etc.

Таблиця 3. Елементи структури насіннєвої продуктивності кращих колекційних зразків люцерни посівної у 2021 р.**Table 3.** Seed productivity components in the best collection purple alfalfa accessions in 2021.

Назва зразка / Accession name	Кількість Number of					Довжина китиці, см. / Raceme length, cm	Висота рослин, см. / Plant height, cm	M ₁₀₀₀ / W ₁₀₀₀	УНФ*, г/м ² / RSY*, g/m ²	УНБ**, г/м ² / BSY**, g/m ²	УНФ / УНБ, %
	продуктивних пагонів, шт./м ² / productive shoots/m ²	китиць на пагоні, шт. / racemes/shoot	бобів у китиці, шт. / pods/raceme	обертів бобу, шт / pod whorls	насінин у бобі, шт / seeds/pod						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
St (Синюха) / Syniukha (check cultivar)	77	13	9	2.5	3	1.5	100	1.8	39.9	48.6	82
Радослава / Radoslava	49	15	10	2.1	5	2.5	102	1.7	30.9	62.5	49
Росана / Rosana	52	30	7	2.5	3	1.5	81	1.6	35.2	52.4	67
КМФ місцева форма / KMF (local form)	62	15	10	2	3	1.5	87	1.8	53.6	50.2	107
Синя 2 / Synia 2	47	34	5	2.5	4	1.5	85	1.8	65.5	57.5	114
Елегія / Elehiia	69	20	6	2	3	1.5	98	1.9	40.7	47.2	86
Анатоліївна / Anatoliivna	48	35	3	1.5	4	2.5	112	1.9	41.9	38.3	109
Люба / Liuba	49	28	5	2.5	3	1.9	81	1.9	34.7	39.1	89
Черноголовая / Chernogolovaya	44	28	5	2	3	1.1	82	1.8	30.3	33.3	91
Желтогибридная 191 / Zhyoltogibridnaya 191	39	31	5	1.5	3	2	95	1.6	31.9	29	110
Якутская желтая / Yakutskaya Zhyoltaya	50	27	6	1.5	3	2	85	1.7	41.3	41.3	100
Сибирская 8 / Sibirskaia 8	45	26	5	2.1	3	1.2	79	1.8	34.8	31.6	110
Артемиды / Artemida	46	20	8	1.5	2	1.7	86	2	32	29.4	109
Саратовская 1 / Saratovskaya 1	42	29	4	2	4	1.9	78	1.7	36.5	33.1	110
Oranja /	58	15	9	2	4	2.5	82	1.6	42.4	50.1	85
Maguei /УААН/№1463 / Maguei /UAAN/№1463	83	18	7	2	3	1.5	71	1.7	32.5	53.3	61
WL-514	62	20	8	1.5	3	1.5	88	1.7	32.1	50.6	63
WL-515	52	17	8	2	3	2	90	1.9	34.1	40.3	85
Brend 919	60	29	3	2	3	1.5	81	2	35.4	31.3	113
Deseret	58	23	5	2	3	1.7	78	1.8	37.4	36	104

продовження таблиці 3											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Galaxie	60	28	7	2	2	1.6	99	2	52.4	47	111
Boreale	47	22	7	2	4	1.2	81	1.9	33.6	55	61
Cordoba	44	30	7	2	2	2	90	2	38.5	37	104
Красноводопадская №8 / Krasnovodopadskaya No 8	45	12	10	2	5	2.5	82	1.8	47.4	48.6	98
Ziguen	48	15	8	2.5	4	1.6	70	1.7	44.7	39.2	114
Плевен 6 / Pleven 6	44	25	8	2	3	1.1	83	1.8	54.1	47.5	114
Maris kabul	52	20	8	2	3	1.5	91	1.8	51.7	44.9	115
Будучиня / Buduchynia	52	16	9	2	4	1.5	83	1.6	41.5	47.9	87
Палава / Palava	33	35	6	2.5	3	1.5	87	1.8	35.9	37.4	96
Феракс 58 /	50	36	8	2	2	1.5	78	1.9	64.4	54.7	118
Місцева UJ0700632 / Mistseva UJ0700632	62	20	5	1.5	3	1.5	88	1.6	32.5	29.8	109
Grilys 1 (клон №3) / Grilys-1 (clone No 3)	45	23	7	2	4	1.2	65	1.8	55.6	52.2	107
Місцева UJ0700430 / Mistseva UJ0700430	47	25	6	2	3	2	98	2	50.3	42.3	119
Місцева UJ0700367 / Mistseva UJ0700367	47	17	11	1.5	3	1.7	93	1.8	31.5	47.5	66
НІР _{0,05} / LSD _{0,05}	2.64	1.31	0.32	0.1	0.15	0.09	4.42	0.1	1.42	1.94	-
СМР / МРV***	46.3	23.8	6.3	1.8	2.9	1.7	83.4	2	24.85	34.1	73

Примітки: УНФ* - Урожайність насіння фактична, УНБ** - урожайність насіння біологічна, СМР*** - середній міжпопуляційний рівень.

Note: RSY* - Real Seed Yield, BSY** - Biological Seed Yield, MPV*** - Mean Population Value.

Для більш наочного відображення впливу елементів насінневої продуктивності на біологічну та фактичну урожайність насіння люцерни на фоні підвищеної кислотності ґрунту розраховували коефіцієнти парної кореляції між цими ознаками (табл. 4)

To more clearly illustrate the contributions of seed productivity components to the biological and real seed yields of alfalfa grown on increased soil acidity, pair correlation coefficients were calculated between these traits (Table 4).

Таблиця 4. Коефіцієнти кореляції між елементами структури насінневої продуктивності у колекційних зразків люцерни посівної 2021 р.

Table 4. Correlation coefficients between seed productivity components in the purple alfalfa collection accessions, 2021.

Значення / Value	К-ть продуктивних пагонів, шт./м ² / Number of productive shoots/m ²	К-ть китиць на пагоні, шт. / Number of racemes per shoot	Довжина китиці, см. / Raceme length, cm	К-ть бобів у китиці, шт. / Number of pods per raceme	К-ть обертів бобу, шт / Number of pod whorls	К-ть насінин у бобі, шт / Number of seeds per pod	Висота рослин, см. / Plant height, cm	M1000 / W ₁₀₀₀
К-ть продуктивних пагонів, шт./м ² / Number of productive shoots/m ²	-							
К-ть китиць на пагоні, шт. / Number of racemes per shoot	-0,20	-						
Довжина китиці, см. / Raceme length, cm	0,02	-0,14	-					
К-ть бобів у китиці, шт. / Number of pods per raceme	0,04	-0,34*	0,22	-				
К-ть обертів бобу, шт / Number of pod whorls	0,07	-0,04	0,16	0,02	-			
К-ть насінин у бобі, шт / Number of seeds per pod	0,05	-0,21	0,12	0,01	0,33*	-		
Висота рослин, см. / Plant height, cm	0,19	0,11	0,18	0,13	0	0,05	-	
M ₁₀₀₀ / W ₁₀₀₀	0	0,13	0,03	-0,02	-0,07	-0,07	0,07	-
УНФ / RSY	0,41*	0,03	0,02	0,18	0,19	0,35*	0,12	0,13
УНБ / BSY	0,40*	0,18	0,08	0,37*	0,25	0,59*	0,25	0,16

Примітка: * - вірогідно при $p \leq 0.05$.

Note: * - significant at $p \leq 0.05$.

За результатами 2021 року істотного впливу на формування врожаю насіння (як біологічного так і фактичного) не виявлено за ознаками: «кількість китиць на пагоні» ($r_{УНФ} = 0,03$; $r_{УНБ} = 0,18$); «довжина китиці» (0,02; 0,08); «кількість обертів бобу» (0,19; 0,25); «маса 1000 насінин» (0,13; 0,16) та «висота рослин» ($r_{УНФ} = 0,12$; $r_{УНБ} = 0,25$). Виявлено середній рівень зв'язку кількості продуктивних пагонів з розрахованою урожайністю ($r_{УНБ} = 0,40$) та фактичною ($r_{УНФ} = 0,41$). Дещо інші дані було отримано за ознаками «кількість бобів у китиці» ($r_{УНФ} = 0,18$; $r_{УНБ} = 0,37$) та «кількість насінин у бобі» ($r_{УНФ} = 0,35$; $r_{УНБ} = 0,59$). Менші значення впливу даних ознак на фактичну урожайність насіння порівняно з біологічною свідчить про втрати цих елементів продуктивності в період від проведення аналізу біологічної врожайності до жнив. Також слід відзначити середній негативний вплив «кількості китиць на пагоні» на «кількість бобів у китиці» (із збільшенням кількості китиць кількість зав'язаних бобів у них зменшувалася – $r = -0,34$) та середній позитивний між «кількістю обертів бобу» та «кількістю насінин у бобі» – $r = 0,33$.

На другий (2022 р.) рік використання насіннєвого травостою колекційних зразків люцерни виявлено, що частина зразків суттєво зменшувала формування кількості продуктивних пагонів (Стандартний сорт Синюха, КМФ місцева форма, Місцева UJ0700632) порівняно з першим роком використання, інші зберігали їх кількість (Радослава, Елегія, Артеміда, Оранжа) або підвищували її (Росана, Черноголовая, Сибирская 8, Brend 919) (табл. 5). Хоча в цілому за СМР дана ознака зберігалася на рівні 46,9 шт./м² (у 2021 р. – 46,3 шт./м²). Подібні зміни можна було спостерігати і за ознакою «кількість китиць на пагоні». Так, зменшувалася їх кількість у зразків Желтогибридная 191 (2021р. – 31, 2022 р. – 17) та Феракс 58 (36, 25); залишалася незмінною у зразків стандарт Синюха (13, 14), Радослава (15, 18), КМФ місцева форма (15, 12), Люба (28, 25); підвищувалася у зразків Синя 2 (34, 40), Елегія (20, 32), Grilys 1 (клон №3) (23, 32). СМР зменшився з 23,8 у 2021р. до 22,2 у 2022 р. Слід відзначити, що на другий рік використання дещо збільшилась довжина суцвіть до 1,9 см за СМР (у 2021 р. – 1,7 см).

Based on the results from 2021, the traits that did not contribute significantly to either biological or real seed yield included number of racemes per shoot ($r_{RSY} = 0.03$; $r_{BSY} = 0.18$), raceme length (0.02; 0.08), number of pod whorls (0.19; 0.25), thousand seed weight (0.13; 0.16), and plant height (0.12; 0.25). There was a medium correlation between the number of productive shoots and estimated yield ($r_{BSY} = 0.40$) and between the number of productive shoots and real yield ($r_{RSY} = 0.41$). Slightly different values were obtained for the traits of "number of pods per raceme" ($r_{RSY} = 0.18$; $r_{BSY} = 0.37$) and "number of seeds per pod" ($r_{RSY} = 0.35$; $r_{BSY} = 0.59$). The lower values of these traits' contributions on real seed yield compared to biological one indicate that these productivity components were lost during the period from biological yield analysis to harvest. It should also be noted that there was a medium negative correlation between the number of racemes per shoot and number of pods per raceme (the more racemes were formed, the fewer pods set in them – $r = -0.34$) and a medium positive correlation between number of pod whorls and number of seeds per pod ($r = 0.33$).

In the second year (2022) of utilizing the seed sward of the alfalfa collection accessions, we found that some accessions had significantly fewer productive shoots (check cultivar 'Syniukha', 'KMF' (local form), 'Mistseva' UJ0700632) compared to the first year of use. Others maintained their number ('Radoslava', 'Elehiia', 'Artemida', 'Oranja') or increased it ('Rosana', 'Chernogolovaya', 'Sibirskaia 8', 'Brend 919') (Table 5). Nevertheless, the MPV of this trait was still 46.9 shoots/m² (46.3 shoots/m² in 2021). Similar changes were observed for the number of racemes per shoot. For example, their number decreased in 'Zhyoltogibridnaya 191' (2021 - 31, 2022 - 17) and 'Feraks 58' (36, 25); remained unchanged in the check cultivar, 'Syniukha', (13, 14), 'Radoslava' (15, 18), 'KMF' (local form) (15, 12), 'Liuba' (28, 25); and increased in 'Synia 2' (34, 40), 'Elehiia' (20, 32), 'Grilys 1' (clone No. 3) (23, 32). The MPV decreased from 23.8 in 2021 to 22.2 in 2022. It should be noted that in the second year of use, the raceme became slightly longer (MPV = 1.9 cm) (compared to 1.7 cm in 2021).

Таблиця 5. Елементи структури насіннєвої продуктивності кращих колекційних зразків люцерни посівної у 2022 р.**Table 5.** Seed productivity components in the best collection purple alfalfa accessions in 2022.

Назва зразка / Accession name	Кількість Number of					Довжина китиці, см. / Raceme length, cm	Висота рослин, см. / Plant height, cm	M ₁₀₀₀ / W ₁₀₀₀	УНФ*, г/м ² / RSY*, g/m ²	УНБ**, г/м ² / BSY**, g/m ²	УНФ / УНБ, %
	продуктивних пагонів, шт./м ² / productive shoots/m ²	китиць на пагоні, шт. / racemes/shoot	бобів у китиці, шт. / pods/raceme	обертів бобу, шт / pod whorls	насінин у бобі, шт / seeds/pod						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
St (Синюха) / Syniukha (check cultivar)	39	14	14	2,5	3	2,5	106	2	28,1	45,9	61
Радослава / Radoslava	50	18	10	2	3	2	98	2	32,3	54	60
Росана / Rosana	64	24	9	1,5	2	2	102	1,9	38,7	52,5	74
КМФ місцева форма / KMF (local form)	46	12	13	1,5	4	2	94	1,8	40,6	51,7	78
Синя 2 / Synia 2	50	40	5	2	3	1,5	72	1,8	52,6	54	97
Елегія / Elehiia	71	32	8	1,5	2	2,2	98	1,8	72,9	65,4	111
Анатоліївна / Anatoliivna	54	26	7	1,5	3	2	86	2	49,6	59	84
Люба / Liuba	51	25	6	2	3	2,1	86	1,9	31,3	43,6	72
Черноголовая / Chernogolovaya	72	29	8	1,5	2	1,5	88	1,7	32,8	56,8	58
Желтогибридная 191 / Zhyoltogibridnaya 191	45	17	10	2	4	2,1	84	1,7	44,6	52	86
Якутская желтая / Yakutskaya Zhyoltaya	49	28	6	1,5	2	2,2	100	1,6	32,1	26,3	122
Сибирская 8 / Sibirskaaya 8	77	25	4	1,5	3	1,5	81	1,9	51,1	43,9	116
Артемиды / Artemida	45	20	7	2	4	1,5	92	2	55,7	50,4	111
Саратовская 1 / Saratovskaya 1	52	25	10	2	2	1,5	88	1,8	55	46,8	118
Oranja /	57	12	15	1,5	3	2	101	1,6	31,3	49,2	64
Maguei /УААН/№1463 / Maguei /UAAN/№1463	49	24	6	2	4	2	85	1,7	31,8	48	66
WL-515	48	26	5	1,5	3	2	89	1,8	37,9	33,7	112
Brend 919	72	28	8	1,5	2	1,5	102	1,7	60	54,8	109
Deseret	54	18	9	2	3	1,5	88	1,9	47,4	49,9	95

продовження таблиці 5											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Galaxie	59	27	6	2	3	1,3	102	2	69,2	57,3	121
Boreale	44	28	8	1,5	3	2,2	85	2	35	59,1	59
Cordoba	49	28	8	2	2	2,2	101	1,8	42,6	39,5	108
Красноводопадская №8 / Krasnovodopadskaya No 8	48	20	8	1,5	2	2	86	2	36,9	30,7	120
Ziguen	48	21	7	2	4	1,8	92	1,7	51,7	48	108
Плевен 6 / Pleven 6	52	24	6	2	3	1,8	86	1,9	47,3	42,7	111
Maris kabul	66	20	9	1,5	2	2	84	1,8	35,3	42,8	82
Будучиня / Buduchynia	44	21	8	1,5	4	2	77	1,8	31	53,2	58
Палава / Palava	41	28	6	1,5	2	2,2	89	2,1	33,1	28,9	114
Феракс 58 /	59	25	6	2	3	2,1	95	2	51,9	53,1	98
Місцева UJ0700632 / Mistseva UJ0700632	54	20	5	2	5	2	82	1,8	51,6	48,6	106
Grilys 1 (клон №3) / Grilys-1 (clone No 3)	61	32	8	1,5	2	2	87	1,8	63,6	56,2	113
Місцева UJ0700430 / Mistseva UJ0700430	49	23	6	2	3	2,5	96	2	41,1	40,6	101
Місцева UJ0700367 / Mistseva UJ0700367	43	31	6	2	2	1,2	93	2	33,4	32	104
НІР _{0,05} / LSD _{0,05}	2,35	1,22	0,41	0,09	0,15	0,10	4,99	0,11	1,71	2,06	-
СМР / МРV***	46,9	22,2	7,8	1,7	2,9	1,9	88,9	1,9	29,4	40,9	67

Примітки: УНФ* - Урожайність насіння фактична, УНБ** - урожайність насіння біологічна, СМР*** - середній міжпопуляційний рівень.

Note: RSY* - Real Seed Yield, BSY** - Biological Seed Yield, МРV*** - Mean Population Value.

Однією ознакою, яка зазнала найбільших змін, була «кількість бобів у китиці». Вона зросла за СМР з 6,3 шт. у 2021 р. до 7,8 у 2022 р., зокрема збільшення виявлено у сортів Синюха (з 9 до 14), Желтогибридная 191 (5, 10) та інші. На нашу думку, це пов'язано з дещо кращими умовами запилення у 2022 р., коли в період цвітіння (травень-червень) випало менше опадів, що забезпечувало розмноження диких комах запилювачів та виконання їхніх функцій на рослинах. Решта ознак елементів структури насінневої продуктивності, що вивчалися, за роками відрізнялися неістотно: «кількість обертів бобу» 2021 р. – 1,8, 2022 р. – 1,7; «кількість насінин у бобі» – 2,9; «висота рослин» – 83,4 і 88,9 см; «маса 1000 насінин» – 2 і 1,9. Проте, якщо розглядати окремі сорти, то деколи зміни були достатньо великими. Наприклад, зразок Артеміда: «кількість насінин у бобі» 2 (2021 р.) і 4 (2022 р.) тощо.

Фактична урожайність насіння за СМР у 2022 р. (29,4 г/м²) виявилася вищою ніж у 2021 р. (24,35 г/м²), біологічна так само: 40,9 у 2022 р. і 34,1 г/м² у 2021 р. Достатньо високі рівні насінневої продуктивності виявлено у зразків: Елегія – 72,9 г/м², Galaxie – 69,2, Grilys 1 (клон №3) – 63,6, Brend 919 – 60,0, Артеміда – 55,7, Саратовская-1 – 55,0, Синя 2 – 52,6, Феракс 58 – 51,9, Ziugen – 51,7, Сибирская 8 – 51,1 тощо. Проте відношення фактичної урожайності до біологічної зменшилося з 73 % (2021 р.) до 67 % (2022 р.). Якщо розглядати зразки за роками, то теж можна спостерігати неоднорідні дані, частина зменшували свій рівень насінневої продуктивності на другий (більш оптимальний за умовами) рік використання: Синюха (39,9 г/м² і 28,1), КМФ місцева форма (53,6 і 40,6); у деяких виявлено відносно сталі значення: Радослава (30,9 і 32,3), Люба (34,7 і 31,1); у частини помічене зростання: Елегія (40,7 і 72,9), Brend 919 (35,4 і 60 г/м²).

За коефіцієнтами кореляції подібно до першого року використання не виявлено впливу на насінневу продуктивність ознак «довжина китиці» ($r_{УНФ} = 0,08$; $r_{УНБ} = 0,19$), «кількість обертів бобу» ($r_{УНФ} = 0,09$; $r_{УНБ} = 0,21$), «висота рослин» ($r_{УНФ} = 0,027$; $r_{УНБ} = 0,26$) та «маса 1000 насінин» ($r_{УНФ} = 0,06$; $r_{УНБ} = 0,10$) (табл. 6). Також спостерігався аналогічний зв'язок кількості продуктивних пагонів з фактичною та біологічною урожайністю ($r_{УНФ} = 0,50$; $r_{УНБ} = 0,44$) і кількістю бобів у китиці ($r_{УНФ} = 0,01$; $r_{УНБ} = 0,35$). Виявлено різке зменшення впливу кількості насінин у бобі ($r_{УНФ} = -0,04$; $r_{УНБ}$

The trait that underwent the most significant changes was the number of pods per raceme. Its MPV increased from 6.3 pods in 2021 to 7.8 pods in 2022; specifically it was noted for cvs. 'Syniukha' (from 9 to 14), 'Zhyoltogibridnaya 191' (5, 10), and others. In our opinion, this is related to somewhat better pollination conditions in 2022, when less precipitation fell during the flowering period (May-June), which facilitated the reproduction of wild insect pollinators and their functioning on the plants. The remaining studied seed productivity components did not differ significantly between years: the number of pod whorls was 1.8 in 2021 and 1.7 in 2022; the number of seeds per pod was 2.9; the plant height was 83.4 and 88.9 cm, respectively; the thousand seed weight was 2 and 1.9 g, respectively. However, when considering individual cultivars, the changes were sometimes quite large. For example, in 'Artemida', the number of seeds per pod was 2 in 2021 and 4 in 2022, etc.

MPV of the real seed yield was higher in 2022 (29.4 g/m²) than in 2021 (24.35 g/m²), and so was MPV of the biological yield: 40.9 g/m² in 2022 and 34.1 g/m² in 2021. Sufficiently high of seed productivity was seen in the following accessions: 'Elehiia' yielded 72.9 g/m², 'Galaxie' – 69.2, 'Grilys 1' (clone No. 3) – 63.6, 'Brend 919' – 60.0, 'Artemida' – 55.7, 'Saratovskaya 1' – 55.0, 'Synia 2' – 52.6, 'Feraks 58' – 51.9, 'Ziugen' – 51.7, 'Sibirskaya 8' – 51.1, etc. However, the real/biological yield ratio decreased from 73% (2021) to 67% (2022). When considering accessions by year, we also observed heterogeneous data: some accessions reduced their seed productivity in the second (with more optimal conditions) year of use: 'Syniukha' (39.9 and 28.1 g/m²), 'KMF' (local form) (53.6 and 40.6); some showed relatively stable values: 'Radoslava' (30.9 and 32.3 g/m²), 'Liuba' (34.7 and 31.1); and some showed an increase: 'Elehiia' (40.7 and 72.9 g/m²), 'Brend 919' (35.4 and 60).

As to correlation coefficients, like in the first year of use, the traits that did not contribute to seed productivity were raceme length ($r_{RSY} = 0.08$; $r_{BSY} = 0.19$), number of pod whorls ($r_{RSY} = 0.09$; $r_{BSY} = 0.21$), plant height ($r_{RSY} = 0.27$; $r_{BSY} = 0.26$), and thousand seed weight ($r_{RSY} = 0.06$; $r_{BSY} = 0.10$) (Table 6). There were similar relationships between the number of productive shoots and both real and biological yields ($r_{RSY} = 0.50$; $r_{BSY} = 0.44$) and between the number of pods per raceme and real and biological yields ($r_{RSY} = 0.01$; $r_{BSY} = 0.35$). A sharp decrease in the contribution of the number of seeds per pod

=0,34), що пов'язано насамперед з інтенсивними опадами в період проведення структурного аналізу та власне жнив (ГТК у серпні 2022 р. – 1,97 та вересні – 2,52), що створювало умови для проростання насіння в бобах. Натомість спостерігалось зростання коефіцієнта кореляції за ознакою «кількість китиць на пагоні» $r_{УНФ} = 0,33$; $r_{УНБ} = 0,32$, тоді як у 2021 р. він становив $r_{УНФ} = 0,03$; $r_{УНБ} = 0,18$.

was observed ($r_{RSY} = -0.04$; $r_{BSY} = 0.34$). This is primarily associated with intense precipitation during the structural analysis and harvest periods (HTC in August 2022 – 1.97 and September – 2.52), which created conditions for seeds to germinate within the pods. In contrast, there was an increase in the correlation coefficient for the "number of racemes per shoot" trait ($r_{RSY} = 0.33$; $r_{BSY} = 0.32$ vs. $r_{RSY} = 0.03$; $r_{BSY} = 0.18$ in 2021).

Таблиця 6. Коефіцієнти кореляції між елементами структури насіннєвої продуктивності у колекційних зразків люцерни посівної 2022 р.

Table 6. Correlation coefficients between seed productivity components in the purple alfalfa collection accessions, 2022.

Значення / Value	К-ть продуктивних пагонів, шт./м ² / Number of productive shoots/m ²	К-ть китиць на пагоні, шт / . Number of racemes per shoot	Довжина китиці, см. / Raceme length, cm	К-ть бобів у китиці, шт. / Number of pods per raceme	К-ть обертів бобу, шт / Number of pod whorls	К-ть насінин у бобі, шт / Number of seeds per pod	Висота рослин, см. / Plant height, cm	M1000 / W ₁₀₀₀
К-ть продуктивних пагонів, шт./м ² / Number of productive shoots/m ²	-							
К-ть китиць на пагоні, шт. / Number of racemes per shoot	0,12	-						
Довжина китиці, см. / Raceme length, cm	-0,06	-0,04	-					
К-ть бобів у китиці, шт. / Number of pods per raceme	-0,10	-0,26	0,19	-				
К-ть обертів бобу, шт / Number of pod whorls	-0,01	0	0,05	-0,01	-			
К-ть насінин у бобі, шт / Number of seeds per pod	-0,24	-0,26	0,15	-0,09	0,28	-		
Висота рослин, см. / Plant height, cm	0,26	0,09	0,23	0,26	-0,02	-0,16	-	
M ₁₀₀₀ / W ₁₀₀₀	-0,05	0,01	0,13	-0,06	0,07	0,02	0,02	-
УНФ / RSY	0,50*	0,33*	0,08	0,01	0,09	-0,04	0,27	0,06
УНБ / BSY	0,44*	0,32*	0,19	0,33*	0,21	0,34*	0,26	0,10

Примітка: * - вірогідно при $p \leq 0.05$.

Note: * - significant at $p \leq 0.05$.

Таким чином, завчасно проведений структурний аналіз дозволяє визначити потенційний рівень насінневої продуктивності та вплив окремих її елементів [19]. Його здійснення в період жнив відображатиме не потенційну біологічну урожайність (оскільки вже деяка частина плооелементів буде втрачена), а вже фактичну, і до того ж супроводжуватиметься додатковими втратами при обсіпанні, що й підтверджено нашими дослідженнями. На відміну від кормової, на формування насінневої продуктивності більш істотний вплив мають відсутність інтенсивних опадів у період цвітіння-початку зав'язування бобів та жнив (бажано ГТК $\leq 0,8$), наявність в достатній кількості комах запилювачів, а також можливо, оптимальна реакція ґрунтового розчину та забезпеченість рослин окремими елементами живлення (зокрема мікроелементами). Тому пошук шляхів максимальної реалізації насінневого потенціалу люцерни й надалі залишатиметься актуальним і потребує проведення додаткових досліджень, зокрема із пошуку оптимального вихідного матеріалу (зразків люцерни з достатньо високим рівнем запилення квіток та зав'язування насіння та навпаки низькими рівнями обсіпання та проростання насіння на рослинах та при механічному впливі). Це дозволить підвищити реалізацію біологічної продуктивності у фактичній з 65-75 % до 85-90 %.

Висновки

Виявлено істотний вплив гідротермічних ресурсів на рівень формування насінневої продуктивності на фоні підвищеної кислотності ґрунту (невеликі та середні посухи в період цвітіння та збирання врожаю підвищують його рівень, а опади – навпаки знижують). З метою скорочення часу на проведення структурного аналізу достатньо використовувати ознаки з найбільш істотно вираженим впливом: кількість продуктивних пагонів, кількість китиць на пагоні, кількість бобів у китиці та кількість насінин у бобі. Подальшого вивчення потребує питання мінімізації втрат насіння через генетичні, біологічні та механічні чинники.

Thus, a timely conducted structural analysis allows for the determination of potential seed productivity and contributions of its individual components [19]. In-harvest analysis will reflect not potential biological yield (since some fruits or seeds will have been already lost) but real yield, which will also be lower because of shattering-attributed additional losses, as we confirmed in this study. Unlike fodder productivity, seed productivity is more significantly influenced by the absence of intensive precipitation during anthesis, early pod setting, and harvest (preferably HTC ≤ 0.8), sufficient quantities of pollinating insects, and potentially optimal soil solution reaction and nutrient supply to plants (especially micronutrients). Therefore, finding ways to maximize alfalfa's seed potential will remain relevant and requires further research, particularly in identifying optimal initial materials (alfalfa accessions with sufficiently high levels of flower pollination and seed setting, and conversely, low levels of seed shattering and germination on plants and under mechanical impact). This will allow for increased conversion of biological productivity into real actual yield – from 65-75% to 85-90%.

Conclusions

Significant effects of hydrothermal factors on the seed productivity on increased soil acidity have been noted (minor and moderate droughts during anthesis and harvest increase it, while precipitation, conversely, decreases). To reduce the time required for structural analysis, it is advisable to use traits that make the greatest contributions to seed productivity: number of productive shoots, number of racemes per shoot, number of pods per raceme, and number of seeds per pod. Further studies are needed on minimizing seed losses caused by genetic, biological, and mechanical factors.

References

1. Arshad M., Feyissa B. A., Amyot L., Aung B., and Hannoufa A. MicroRNA156 improves drought stress tolerance in alfalfa (*Medicago sativa*) by silencing SPL13. *Plant Sci.* 2017. Vol. 258. P. 122–136. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2017.01.018>
2. Chen L., Beiyuan J., Hu W., Zhang Z., Duan C., Cui Q., Zhu X., He H., Huang X., Fang L. Phytoremediation of potentially toxic elements (PTEs) contaminated soils using alfalfa (*Medicago sativa* L.): A comprehensive review. *Chemosphere.* 2022. Vol. 293. 133577. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133577>
3. Shi S., Nan L., Smith K. F. The Current Status, Problems, and Prospects of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Breeding in China. *Agronomy.* 2017. Vol. 7(1). 1. <https://doi.org/10.3390/agronomy7010001>
4. Wang S., Ren X., Huang B. et al. Aluminium-induced reduction of plant growth in alfalfa (*Medicago sativa*) is mediated by interrupting auxin transport and accumulation in roots. *Sci. Rep.* 2016. Vol. 6. 30079. <https://doi.org/10.1038/srep30079>
5. Lakić Ž., Popović V., Čosić M., Antić M. Genotypes variation of *Medicago sativa* (L.) seed yield components in acid soil under conditions of cross-fertilization. *Genetika-Belgrade.* 2022. Vol. 54(1). P. 1-14. <https://doi.org/10.2298/GENSR2201001L>
6. Mendoza-Soto A.B., Naya L., Leija A., Hernandez G. Responses of symbiotic nitrogen-fixing common bean to aluminum toxicity and delineation of nodule responsive microRNAs. *Front. Plant Sci.* 2015. Vol. 6. 587. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00587>
7. Tian Z., Yang Z., Lu Z., Luo B., Hao Y., Wang X., Yang F., Wang S., Chen C., Dong R. Effect of genotype and environment on agronomical characters of alfalfa (*Medicago sativa* L.) in a typical acidic soil environment in southwest China. *Front. Sustain. Food Syst.* 2023. Vol. 7. 1144061. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1144061>
8. Romanova S. A., Palamarchuk R. P., Hryshchenko O. M. et al. Scientific monitoring and survey of agricultural lands of Ukraine based on the results of the 11th round (2016-2020). 2023. 74 p. [in Ukrainian]
9. Berenji S., DJ. Moot, JL. Moir, H. Ridgway, Rafat A. 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.* 2017. Vol. 416(1–2). P. 227–241. <https://doi.org/10.1007/s11104-017-3203-3>
10. Haifan Shi, Guoli Sun, Lanming Gou, Zhenfei Guo Rhizobia–Legume Symbiosis Increases Aluminum Resistance in Alfalfa. *Plants.* 2022. 11(10). P1275; <https://doi.org/10.3390/plants11101275>
11. Liatukienė A., Skudienė R. The response of alfalfa genotypes to different concentrations of mobile aluminum. *The Journal of Agricultural Science.* 2021. Vol. 159(5-6). P. 363–372. <https://doi.org/10.1017/S0021859621000666>
12. Buhaiov V., Horenskiy V., Liatukiene A. The response of *Medicago sativa* to aluminium toxicity under laboratory and field conditions. *Zemdirbyste=Agriculture.* 2018. Vol. 105(2). <https://www.researchgate.net/publication/325126030>
13. Wang X, Zhong P, Yang Z, Lai Y, Li S, Chai H, Xu Y, Wu Y, Wang J. Effects of plant density on alfalfa (*Medicago sativa* L.) seed yield in western Heilongjiang areas. *Open Life Sci.* 2023 Dec 16;18(1):20220792. <https://doi.org/10.1515/biol-2022-0792>
14. Dieterich Mabin M. E., Brunet J., Riday H., Lehmann L. Self-Fertilization, Inbreeding, and Yield in Alfalfa Seed Production. *Front. Plant Sci.* 2021. Vol. 12. 700708. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.700708>
15. Al-Kahtani SN, Taha EA, Al-Abdulsalam M. Alfalfa (*Medicago sativa* L.) seed yield in relation to phosphorus fertilization and honeybee pollination. *Saudi J. Biol. Sci.* 2017. 24(5). P. 1051-1055. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.12.009>
16. Bolaños-Aguilara E. D. Huyghe C., Ecallea C. Effect of Cultivar and Environment on Seed Yield in Alfalfa. *Crop Science.* 2002. Vol. 42(1). P. 45–50. <https://doi.org/10.2135/cropsci2002.4500>
17. Andriushchenko A.V., Kryvytskyi K.M., Veselovska O.B. Methods of expert examination of purple alfalfa and variegated alfalfa cultivars (*Medicago sativa* L. M., M. x varia Martyn) for distinctness, uniformity, and stability/ Adapted by: Andriushchenko A.V., Kryvytskyi K.M., Veselovska, O.B. 2010. 18 p. [in Ukrainian]
18. Tkachyk S. O. Methodology for conducting expert examination of varieties of technical and fodder crops for suitability for dissemination in Ukraine (suitability of varieties for dissemination (SVD)) (3rd revised and supplemented edition). 2015. 73 p. [in Ukrainian] <https://sops.gov.ua/uploads/page/5b7e6970317ba.pdf>
19. Bodzon Z. Correlations and heritability of the characters determining the seed yield of the long-raceme alfalfa (*Medicago sativa* L.). *J. Appl. Genet.* 2004. Vol. 45(1). P. 49-59. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14960767/>

Надійшла до редакції 16.04.2025 р.
Received 16.04.2025