

ЕДАФІЧНА СЕЛЕКЦІЯ ЛЮЦЕРНИ ПОСІВНОЇ В УМОВАХ ПІДВИЩЕНОЇ КИСЛОТНОСТІ ҐРУНТУ

Бугайов В. Д., Горенський В. М.

Вступ

Завдяки формуванню високої продуктивності, люцерна вважається королевою кормових культур у світі, а також має велике значення для біологізації землеробства. Однак подальше розширення посівів люцерни на корм обмежується дефіцитом та дороговизною насіння, що обумовлено рядом причин, головними серед яких є недотримання існуючих науково-обґрунтованих технологій вирощування насінневих посівів люцерни¹, посів сортів, які не відповідають агро-кліматичним умовам зони², наявність серед багатьох зареєстрованих сортів³ невеликої кількості таких, які поєднують високу кормову і насінневу продуктивність та мають підвищену стійкість до кислотності ґрунтів⁴. Як зазначає А. В. Тищенко⁵, виробництву потрібні сорти люцерни, які здатні формувати високий стабільний врожай сухої речовини та насіння за мінімумом енергетичних витрат, адаптованих до умов регіону з врахуванням лімітуючи факторів середовища. Одним із таких важливих факторів є підвищена кислотність ґрунтового розчину. За своїми біологічними особливостями рослини люцерни нормально ростуть і розвиваються при рН 6,5–7,5. Зниження реакції ґрунтового

¹ Терещенко Н. М. Создание сортов люцерны с высокой семенной продуктивностью в условиях юга Украины : автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. 1985. 57 с.

² Жученко А. А. Адаптивная селекция растений (Эколого-генетические основы). 2000. Т. 1. 780 с.

³ Державний реєстр сортів, придатних для поширення в Україні станом на 06.01.2021 р.

⁴ Бугайов В. Д., Мамалига В. С., Горенський В. М., Максимов А. М. Оцінка та створення вихідного матеріалу для селекції люцерни в умовах підвищеної кислотності ґрунтів. Збірник наукових праць. Фактори експериментальної еволюції організмів. 2014. Т. 15. С. 153–155.

⁵ Тищенко А. В. Сорти люцерни – насіннева продуктивність та способи її підвищення. Насінництво. 2015. № 2. С. 7–9.

розчину до рН 5,0–5,5 негативно позначається на формуванні кормової та насіннєвої продуктивності^{6 7}.

Виявлено значний негативний вплив підвищеної кислотності ґрунту на формування насіннєвої продуктивності рослин люцерни, зокрема збільшується кількість недорозвиненого та щуплого насіння, зав'язані боби опадають, що різко знижує продуктивність таких посівів. Важливим при цьому є підбір та створення нового вихідного матеріалу, адже саме це обумовлює ефективність створення сортів, адаптованих до підвищеної кислотності ґрунту^{8,9}.

В той же час, за даними агрохімічної паспортизації орних земель України, площа підкислених ґрунтів становить 3,7–4,4 млн. гектарів. Зокрема, в зоні Лісостепу та Полісся вони займають 25–37%. Спостерігається динаміка збільшення площ підкислених ґрунтів¹⁰. Такий стан ґрунтів сільськогосподарського призначення потребує створення високопродуктивних та адаптованих до конкретних ґрунтово-кліматичних умов сортів люцерни¹¹.

Селекція – це складний біотехнологічний процес. Він ґрунтується на використанні існуючих та нових методів створення генетичного різноманіття, його оцінки і добору бажаних генотипів, в яких поєднано якнайбільше ознак, якостей і властивостей, які мають бути притаманні майбутньому новому сорту чи синтетичній популяції¹². Для пошуку таких генотипів вивчаються і аналізуються великі

⁶ Авдонин Н. С. О влиянии реакции среды на растения. Физиологическое обоснование системы питания растений. 1964. 219 с.

⁷ Аверченко И. М. Влияние уровня почвенной кислотности на урожайность сортов люцерны изменчивой : сборник студенческих научных работ Рос. гос. агр. ун-т. 2005. С. 60.

⁸ Бугайов В. Д., Горенський В. М. Мамалига В. С. Оцінка гібридних популяцій (F3) люцерни як вихідного матеріалу для селекції за умов підвищеної кислотності ґрунтів. Фактори експерим. еволюції. Організ : збірник наук. праць НАН Укр., Укр. т-во ген. і селекц.; редкол. : В. А. Кунах. 2017. Т. 20. С. 102–106.

⁹ Писковацкий Ю. М. Селекция люцерны на устойчивость к кислым почвам : сборник научных работ : «Интродукция и освоение нетрадиционных и редких с.-х. растений». 2002. С. 39–42.

¹⁰ Балюк С. А., Медведев В. В., Тараріко О. Г. та ін. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України. 2010. С. 16–22.

¹¹ Шамсутдинов З. Ш. Современное состояние и стратегия развития селекции кормовых культур. 2011. № 1–2. С. 39–43.

¹² Литвиненко М. А. Біотехнологічні і молекулярно-генетичні методи у селекції сільськогосподарських культур в Україні. Насінництво. 2016. № 4–6. С. 8–11, 17.

об'єми вихідного матеріалу як з вітчизняних, так і з зарубіжних колекцій¹³, а відібрані зразки включаються в подальший селекційний процес. Тому в селекції люцерни в останній час актуальними є дослідження, які спрямовані не лише на підвищення кількості та якості кормової продукції в поєднанні з високою насінневою продуктивністю, а й стійкості новостворених сортів чи гібридних популяцій до стресових факторів навколишнього середовища¹⁴.

Складність селекції люцерни полягає в тому, що високі врожаї зеленої маси у більшості випадків від'ємно корелюють з урожаєм насіння. Широке розповсюдження сортів старої селекції (Зайкевича, Веселоподолянська, 11), як раз і пояснюється їх здатністю формувати високі врожаї вегетативної маси, однак низькою та нестабільною за роками насінневою продуктивністю, тому пошуки та створення вихідного матеріалу з підвищеною кормовою і насінневою продуктивністю продовжуються й тепер^{15,16}.

Метою роботи була розробка ефективних методів селекції та створення на їх основі високопродуктивних сортів-синтетиків люцерни посівної сінокісного і сінокісно-пасовищного типів використання з підвищеним рівнем кормової та насінневої продуктивності, з покращеною якістю, стійких до несприятливих факторів довкілля. Для створення нових сортів були проведені дослідження вихідного матеріалу за показниками фенотипової стабільності, як критерію оцінки при доборах. Використання полікрос-методу дозволило створити сорти-синтетики.

¹³ Бугайов В. Д., Горенський В. М., Мамалига В. С. Оцінка генофонду люцерни та його використання в селекції за умов підвищеної кислотності ґрунту. Фактори експериментальної еволюції організмів. : збірник наук. праць НАН Укр., НААН Укр., Укр. т-во ген. і селекц. 2016. Т. 18. С. 176–180.

¹⁴ Мамалыга В. С., Бугайов В. Д., Максимов А. Н. Эффективность селекционной работы с люцерной на устойчивость к кислотности почв. Актуальные и новые направления в селекции и семеноводстве сельскохозяйственных культур». Материалы международной научно-практической конференции. 2012. С. 251–254.

¹⁵ Епифанова И. В., Лапина М. Ш. Селекция люцерны на качество корма и семенную продуктивность. Системы высокоурожайного земледелия и биотехнологии как основа инновационной модернизации АПК в условиях климатических изменений : матер. Всерос. науч.-практ. конф. 2011. С. 268–270.

¹⁶ Колганова Н. В., Ткаченко И. К. Комбинационная ценность образцов люцерны по признакам кормовой и семенной продуктивности Кормопроизводство. 2006. № 12. С. 15–16.

1. Матеріали і методи досліджень

Дослідження проводились у 1995–2021 рр. на полях Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН. Грунти – сірі опідзолені з показником рН сольової витяжки 5,2–5,3 та гідролітичною кислотністю 2,1–2,4 мг/екв. на 100 г ґрунту. Вихідним матеріалом, що використовували в дослідженнях слугували зразки колекції ВІР (вітчизняні, закордонні зразки, дикорослі популяції), гібридні популяції та селекційних номери, створені у попередні роки методами гібридизації і полікросу. Закладання селекційних розсадників проводилось літнім безпокровним способом сівби: суцільно (15 см) – для обліків кормової продуктивності та широкорядно (45 см) – оцінки насінневої. Польові дослідження, обліки та статистичну обробку одержаних даних проведено згідно методичних рекомендацій¹⁷. Оцінка зразків за ступенем ураження кореневими гнилями проводилась на 3–4 рік життя рослин згідно методики Лубенця П. А., Щукіної Г. Н.¹⁸. Статистичне опрацювання даних виконували за допомогою програмного забезпечення “Agrostat”, ППП “IBM SPSS Statistics” та “Microsoft Excel”.

Для короткої характеристики гідротермічних умов приведено період 2013–2020 рр., якому характерно неоднорідний розподіл опадів та температурний режим порівняно з середньобагаторічними значеннями (табл. 1).

Таблиця 1

Гідротермічні показники

Показник	Значення								Середньо-багаторічні
	2013 р.	2014 р.	2015 р.	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Середня температура повітря, °С	16,0	17,6	18,8	17,0	17,9	17,7	16,7	18,1	16,5

¹⁷ Методика проведення експертизи сортів люцерни посівної, л. мінливої (*Medicago sativa* L. М., М. х *varia* Martyn) на відмінність, однорідність і стабільність. Адаптовано: Андрющенко А. В., Кривецький К. М., Веселовська О. Б. 2010. 18 с.

¹⁸ Лубенец П. А., Щукина Г. Н. Причины изреживания и способы выведения устойчивых сортов люцерны, клевера и эспарцета. Тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции. Т. 38. 1968. Вып. 3. С. 5–44.

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сума опадів, мм	418,5	385,8	160,7	213,9	266,0	370,3	364,4	302,0	409,0
Сума активних температур >10 °С,	2937,9	2164,8	2877,7	3114,9	2743,2	3250,4	2562,6	2767,3	2521,0
ГТК Селянинова	1,42	1,78	0,56	0,69	0,97	1,14	1,42	1,09	1,62

Для поліпшення сприйняття таких умов розраховано гідротермічний коефіцієнт Селянинова¹⁹, згідно якого 2015 р. – відповідає умовам сильної посухи, 2016, 2017 рр. – слабкої посухи, 2013, 2018, 2019, 2020 рр. – достатньо вологим умовам та 2014 р. – надмірному зволоженню. В цілому, порівняно з середньо-багаторічними значеннями, слід відмітити суттєве зменшення кількості опадів та зростання суми активних температур що неоднозначно впливало на рівень кормової та насінневої продуктивності.

2. Результати досліджень

Поряд з використанням традиційних методів селекції розроблено та використано в селекційному процесі: «Спосіб виділення самонесумісних рослин люцерни посівної»²⁰, «Спосіб оцінки алюмостійкості люцерни»²¹, «Спосіб виділення генотипів люцерни толерантних до підвищеної кислотності ґрунту»²². Далі за текстом передумови їх розробки, опис та часткові досягнення приведено більш ширше.

Самонесумісні рослини – рослини, нездатні до самоzapлiднення. Пилок, потрапивши на приймочку власної квітки або на приймочку квіток тієї ж рослини, проростає, але незабаром зупиняє ріст,

¹⁹ Польовий А. М., Божко Л. Ю., Вольвач О. В. Основи агрометеорології : конспект лекцій. 2004. 150 с.

²⁰ Спосіб виділення самонесумісних рослин люцерни посівної. Патент МПК № 17756 від 16.10.2006.

²¹ Бугайов В. Д., Горенський В. М. Спосіб оцінки алюмостійкості люцерни. Патент № 110993 від 10.03.2016.

²² Бугайов В. Д., Горенський В. М. Спосіб виділення генотипів люцерни толерантних до підвищеної кислотності ґрунту. Патент на корисну модель № 122693 від 25.01.2018.

і пилокві трубки гинуть, не досягнувши зародкового мішка. При цьому самонесумісні рослини виявляються безплідними (безнасінними), якщо на їх квітці не потрапить пилок з сусідніх (неспоріднених) рослин. Самонесумісність, контролюючи перехресне запилення у рослин, перешкоджає гомозиготизації генів і запобігає негативним наслідкам, що виникають в потомствах споріднених схрещувань. Вона зберігає в рослинних популяціях високий рівень гетерозиготності, підтримуючи на певному рівні ефект гетерозису, що дозволяє рослинам краще адаптуватися до різноманітних умов середовища. Ідея використання явища самонесумісності в селекції люцерни базується на схрещуванні двох або більше самонесумісних клонів, яке, на відміну від ЦЧС, дозволить не лише досягти 100%-го виходу гібридного насіння на всіх компонентах схрещування, але і забезпечить тривале збереження високого рівня гетерозису в такій синтетичній популяції.

Вивчення можливості використання явища самонесумісності в селекції люцерни проводилось в багатьох наукових центрах як в Україні (Інститут землеробства НААН, Інститут зрошуваного землеробства НААН, Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН, Селекційно-генетичний інститут – національний центр насіннєзнавства та сортовивчення НААН, Полтавська ДСГДС), так і за її межами (Всеросійський інститут кормів, Сибірське відділення АН СРСР та ін.).

Спробу пояснити генетичну природу явища самонесумісності (самостерильності)-самосумісності (самофертильності, автогамії) у люцерни була покликана гіпотеза, висунута в роботі А.Ф. Бобра²³. Аналіз структури популяцій люцерни за ознакою самонесумісності показав, що в отриманих гібридів ефект гетерозису по зеленій масі досягав 30–40%, а насінню – 10–20%. При цьому були виявлені значні відмінності за здатністю до самозапліднення між сортами різного походження і групами сортів, а також між окремими рослинами одного і того ж сорту. Результатом цих робіт стало створення сортів-синтетиків (Ярославна, Роксолана і Ольга) з використанням клонів самофертильних рослин різного генетичного походження, які мають часткову автогамію, що особливо важливо

²³ Бобер А. Ф. Генетико-селекційні дослідження по створенню конкурентноздатних сортів автогамної люцерни. Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть. 2001. Т. 3. С. 236–243.

для північних районів України, де кількість природних запилювачів люцерни незначна²⁴.

В наших дослідженнях²⁵ встановлені стохастичні зв'язки між рівнем самонесумісності та фертильністю пилку, а також насінневою та кормовою продуктивністю, виділених із синтетичної популяції 2/95 біотипів люцерни з підвищеним рівнем самонесумісності. Виділені клони з підвищеним рівнем самонесумісності відрізнялись забарвленням віночка, формою боба (з 3–4 обертами) та напіврозлогою прямостоячою формою куща. Це дозволило виявити механізм і запропонувати спосіб виділення самонесумісних рослин люцерни, який дає можливість ідентифікувати генотипи зі стабільним проявом самонесумісності, а також встановлено значний внесок материнської форми у фенотипову мінливість цієї ознаки. Виявлені самонесумісні рослини підлягали додатковій перевірці шляхом використання геїтоногамічних типів запилення – в межах квіток китиці, між квітами китиць одного стебла і квітами китиць різних стебел. Подальші дослідження виділених генотипів з підвищеним рівнем самонесумісності (60–100%) показало, що абсолютно самонесумісні розкльоновані рослини впродовж двох років повністю загинули в основному від ураження мікоплазмозом. Серед інших генотипів практично не виявлено рослин з підвищеним рівнем кормової та насінневої продуктивності. Частіше зустрічалися генотипи, які мають покращену одну або декілька ознак. Частка таких рослин найбільшою виявилась в діапазоні самонесумісності 60–80 %²⁶. Таким чином, з метою посилення ефективності селекційного процесу, спрямованого на створення сортів-синтетиків, було вирішено використовувати клонові генотипи, які поряд з окремими або комплексом ознак і високою загальною комбінаційною здатністю мають підвищений рівень самонесумісності (60–80%).

Основою розробки «Способу оцінки алюмоустійкості люцерни» та «Способу виділення генотипів люцерни толерантних до підвищеної кислотності ґрунту» слугувало те, що вирішення проблеми

²⁴ Бобер А. Ф. Селекція автогамної люцерни. Вісник аграрної науки. 2001. № 12. С. 35–38.

²⁵ Бугайов В. Д., Максимов А. М. Популяційна мінливість рівня самонесумісності та особливості її прояву у люцерни посівної. Корми і кормовиробництво. 2005. Вип. 55. С. 9–15.

²⁶ Бугайов В. Д., Горенський В. М., Максимов А. М. Шляхи підвищення генетичного потенціалу кормової та насінневої продуктивності люцерни Тези доповідей X міжнародної конференції «Корми і кормовий білок». 2018. С. 4–5.

раціонального використання кислих ґрунтів у всьому світі ведеться за трьома головними напрямками: 1) зміна властивостей самих ґрунтів – використання вапнування, підвищення вмісту органічної речовини; 2) використання толерантних до кислотності сортів і видів рослин; 3) комбінування 1 і 2 напрямків. Алюміній найпоширеніший метал у земній корі, на його долю припадає 8 % її маси²⁷. Не дивлячись на те, що вміст цього елемента в рослинах становить близько 200 мг/кг сухої речовини²⁸, а деякими дослідниками показано стимулюючий ефект на ріст паростків²⁹, токсичність рухливих іонів Al^{3+} є основним фактором, що знижує продуктивність сільськогосподарських культур при вирощуванні їх на 67 % кислих ґрунтів^{30,31,32}. Так, за даними Юлушева І. Г.³³ при підвищенні вмісту рухомого алюмінію на 1 мг/100г ґрунту врожайність культур (ячмінь, льон, конюшина) знижується на 5 %, а ефективність внесених добрив зменшується у 1,5–2 рази³⁴. Токсичний ефект дії ґрунтової кислотності, обумовлений іонами водню, значно менший, порівняно з рухливими формами алюмінію^{35,36}. Відмічено, що навіть високі концентрації іонів H^+ у ґрунті, які відповідають рН 3,6–3,8, не обумовлюють прямої токсичної дії на рослини, і що рН ґрунту це індикатор ґрунтових властивостей, які визначають умови живлення

²⁷ Fitz Patrick E. A. An introduction to soil science. 1986. 55 p.

²⁸ Kabata-Pendias A., Pendias Boca Raton H. Trace elements in soils and plants. 1986. 67 p.

²⁹ Schier G. A., Mc Quattie C. J. Stimulatory effects of aluminum on growth of sugar maple seedlings. *Plant Nutrit.* 2002. № 25(11). P. 2583–2589.

³⁰ Климашевский Э. Л. Генетический аспект минерального питания. 1991. 415 с.

³¹ Косарева И. А., Давыдова Г. В., Семенова Е. В., Груздева Е. В. Скрининг сельскохозяйственных культур с целью обеспечения стабильности растениеводства. Научные проблемы создания новых сортов с.-х. культур, адаптированных к современным условиям производства и переработки : матер. научн. сессии. 1998 г. С. 13–15.

³² Delhaize E., Ryan P. R. Aluminum toxicity and tolerance in plants *Plant Physiol.* 1995. № 107. P. 315–321.

³³ Юлушев И. Г. Система применения удобрений в севооборотах. Учебно-методическое пособие по применению удобрений. 1999. 154 с.

³⁴ Foy C. D. Plant adaptation to mineral stress in problem soils. *Jowa State Journal of Research.* 1983. V. 57. № 4. P. 339–354.

³⁵ Климов С. В. Селекция сельскохозяйственных культур на устойчивость к кислотности почвы. *Сельское хозяйство за рубежом.* 1984. № 10. С. 18–22.

³⁶ Campbell T. A., Xia Z. L., Jackson P. R. Diallel analysis of tolerance to aluminium in alfalfa. *Euphytica.* 1993/1994. V. 72. Is. 3. P. 157–162.

та розвитку рослин³⁷. Одним із шляхів вирішення проблеми використання ґрунтів з різним ступенем підкислення є едафічна селекція, завдання якої – отримання генотипів специфічно пристосованих до несприятливих ґрунтових умов. Основою успішного створення стійких до стресового фактору сортів є генетична різноманітність популяцій рослин за цією ознакою. Оскільки алюмоустійкість, що проявляється на ранніх етапах розвитку рослин, є частиною загальної неспецифічної стійкості, то існує вірогідність наявності об'єднаної стійкості до різних типів стресових факторів. Тому Лісіцин Е.М. вважає, що стійкість до алюмінію може бути підвищена в процесі ціленаправленої селекції на стійкість до інших абіотичних факторів, що присутні в тій частині планети, з якої походить певний сорт³⁸. У типово підкислених ґрунтах України, та тих що почали піддаватись цьому процесу порівняно недавно, міститься різна кількість форм алюмінію, що можуть бути вивільнені у ґрунтово-вбирний комплекс за певних умов – від 2–3 мг./кг у ґрунтах Полісся (дерново-підзолисті) та Лісостепу (сірі лісові, а деколи й чорноземи різних відмін, навіть у заповідниках, не беручи до уваги площ, що інтенсивно використовуються) до 16–20 мг./кг у передгірських районах Карпат та Криму^{39 40}.

Багато авторів відмічали позитивну кореляцію між оцінкою різних культур на толерантність до кислотності ґрунту в польових умовах і їх лабораторного скринінг-тесту. Відмічено ефективність відбору зразків високостійких до алюмінієвої токсичності та рослин регенерантів відібраних і вирощених на відповідних стресових фонах для створення стійких до кислотності ґрунту сортів рослин. Встановлено також вплив місця походження сорту на його ювенільну (паросткову) алюмоустійкість – сорти із північних широт планети та

³⁷ Ганжа Б. А. К вопросу о действии АІ-ионов и Н-ионов. Почвоведение. 1941. № 1. С. 23–38.

³⁸ Лисицын Е. М., Амунова О. С. Генетическое разнообразие сортов яровой мягкой пшеницы по алюмоустойчивости. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2014. Т. 18. № 3. С. 497–505.

³⁹ Тютюнник С. Ю., Ребенков С. О., Бобков В. М., Долін В. В. Органічні форми знаходження алюмінію у ґрунтах лісових екосистем. Збірник наук. праць ІГНС. 2011. Вип. 19. С. 129–137.

⁴⁰ Фатеева А. І., Пашенко Я. В. Фононий вміст мікроелементів у ґрунтах України. 2003. 72 с.

з країн, у яких великі площі займають кислі ґрунти, в більшості випадків характеризуються високою стійкістю до алюмінію^{41,42,43,44}

Більшість досліджень вище згаданих авторів була спрямована на роботу з культурами, які є більш толерантними до токсичності Al^{3+} , що змусило їх використовувати відповідні концентрації розчину хлориду алюмінію (1–1,5 г/л зрідка 0,5 та 1,75 г/л $AlCl_3$). Зважаючи на те, що люцерна відноситься до культур найбільш чутливих до токсичності алюмінію, було проведено уточнення реакції на вище згадані концентрації $AlCl_3$, за результатами яких майже не було відмічено суттєвої різниці при пророщуванні насіння на концентраціях 1 та 1,5 г/л $AlCl_3$ (корені паростків були пригнічені в однаковій мірі або різниця знаходилась в межах десятих частин міліметра, які важко вимірювати). Різкий перепад спостерігався при концентраціях 0,5 та 1 г/л, у зв'язку з цим нами було апробовано та взято на використання уточнені концентрації робочого розчину для визначення алюмостійкості люцерни – 0,25; 0,5; 0,75 та 1 г/л $AlCl_3$ (або в ммоль/л це становить 1,87; 3,7; 5,6 та 7,5), що відповідає концентрації іонів Al^{3+} в розчині 5, 10, 15 та 20 мг/л або 0,38; 0,74; 1,13 та 1,5 ммоль/л, відповідно). На концентраціях 0,25–0,5 рН становила 4,2–4,3 та на 0,75 і 1 г/л – 3,9–4,0. Для аналізу алюмостійкості на кожній концентрації відбирали 30 насінин однакової величини (вирощені в однакових умовах) потім розміщували їх у чашках Петрі на зволжених відповідними розчинами 2-х шарах фільтрувального паперу, при чому робочий розчин додавали у невеликому надлишку (візуально – при невеликому нахиленні чашок Петрі частина насінин переміщувалась з водою) з метою покращення контакту розчину з насінням та залишали на 24 години, після чого надлишок розчину зливали,

⁴¹ Яковлева О. В., Капешинский А. М. Генетические основы устойчивости к токсичным ионам алюминия у разных видов злаков. Труды ВИР по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2012. Т. 170. С. 46–58.

⁴² Тумасова М. Щ., Демшина Н. А., Грипась М. Л., Онучина О. Л. Селекция клевера лугового на алюмотолерантность. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2006. С. 34–38.

⁴³ Лисицын Е. М., Щенникова И. Н. Изменение потенциала алюмоустойчивости гибридов ячменя под влиянием материнского сорта Докл. Рос. акад. с.-х. наук. 2009. № 6. С. 10–12.

⁴⁴ Лисицын Е. М., Лисицына И. И. Влияние места репродукции сорта на его потенциальную алюмоустойчивость. Сельскохозяйственная биология. Биология растений. 2008. № 5. С. 58–64.

залишаючи фільтрувальний папір зволуженим так як і при стандартному визначенні лабораторної схожості та енергії проростання насіння⁴⁵. Для досліджень використано хлористий алюміній (ЧДА) російського виробництва, якість якого відповідає вимогам ГОСТ 3759–75. Температура пророщування – 18 °С. Вимірювання довжини кореня та паростка проводилося на 7-й день. Індекс довжини кореня (ІДК) та індекс довжини паростка (ІДП) визначали шляхом відношення довжини кореня (паростка) на концентраціях хлориду алюмінію до довжини кореня (паростка) на контролі (дистильована вода).

Розподіл за групами стійкості проводили за такою класифікацією (табл. 2).

Таблиця 2

Класифікація ступенів алюмостійкості люцерни за ІДК на концентраціях АІСІЗ

Показник стійкості	Концентрація АІСІЗ, г/л			
	0,25	0,5	0,75	1
Висока	>100 %	>50 %	>40 %	>35 %
Середня	90–100 %	40–50 %	30–40 %	25–35 %
Низька	<90 %	<40 %	<30 %	<25 %

Згідно наведеної класифікації високостійкими (за ІДК) вважали наступні зразки:

– зразок проявив високу стійкість на 4-х концентраціях або високу і середню, а головне стабільну (без різких змін) на 3–4-х концентраціях;

середньостійкими:

– зразок, у якого виявлено середню стійкість на 3–4-х концентраціях або низьку на 0,25 і середню на концентраціях 0,5–0,75 г/л АІ;

– середня стійкість із змінами полярності росту (у частини паростків корені розміщені не на фільтрувальному папері, а направлені вгору та мають дещо більшу довжину ніж ті, що контактують з розчином) на концентраціях 0,75–1,0 г/л, але за умови прояву високої стійкості на концентраціях 0,25–0,5;

⁴⁵ Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості ДСТУ 4138-2002. Держспоживстандарт України. 2003. 170 с.

малостійкими:

- низька стійкість на 3–4 концентраціях;
- із змінами полярності росту на 0,5–1,0;
- з проявом високої стійкості на 0,25–0,5 та низької на 0,75–1,0;
- середня стійкість на концентраціях 0,25–0,5 і низька на 0,75–1,0

г/л $AlCl_3$.

Для швидкої оцінки алюмостійкості можна скористатись результатами ІДК двох концентрацій – 0,5 та 0,75 г/л $AlCl_3$. Згідно яких високостійкими вважаються зразки з проявом високої стійкості на обох концентраціях; середньостійкими – з проявом високої стійкості на концентрації 0,5 та середньої на 0,75 або навпаки, з середньою стійкістю на обох концентраціях; малостійкими або нестійкими – при низькій стійкості на обох концентраціях або, на 0,5 висока чи середня.

Проведена оцінка насінневої продуктивності досліджуваних зразків в польових умовах на природному фоні з підвищеною кислотністю ґрунту (рН 4,8–4,9) підтвердила ефективність використання такого способу в селекції. Серед виділених зразків з високою стійкістю 75 % та середньою – 25 % сформували врожай насіння на 12–105 % (+3,86–37,46 г/м²) більше порівняно до стандартного сорту Синюха. Слід також відмітити, що не завжди сорти походженням з однієї країни характеризувались підвищеною стійкістю до іонів алюмінію. З чого можна зробити висновок, що селекцією цієї культури займаються на різних типах ґрунтових відмін, в тому числі не завжди з підвищеним умістом цього критичного елемента, або можливо у якості батьківських форм, використовуються сорти нестійкі до іонів алюмінію.

Спосіб виділення генотипів люцерни толерантних до підвищеної кислотності ґрунту включає в себе лабораторний спосіб оцінки алюмостійкості з послідуною перевіркою виділених генотипів в природних умовах. Це дозволяє підвищити ефективність селекційної роботи (до 30 %) та скоротити період створення сорту з 16 до 12 років.

З використанням традиційних та із залученням розроблених нами способів селекції створено ряд сортів люцерни посівної толерантних до підвищеної кислотності ґрунту з відносно високими показниками кормової та насінневої продуктивності. В результаті проведених досліджень виявлено, що навіть одноразові цикли доборів підвищують кормову продуктивність на 40–50 %, а дворазовий на 80–110 % порівняно з вихідним матеріалом. З метою отримання

рослин толерантних до підвищеної кислотності ґрунту проводилось 4–6 циклів доборів з вихідних популяцій. Надалі рослини 3–4 річного віку пересаджувались на ізольовані ділянки із браковкою за ураженням кореневими гнилями та ступенем утворення активних корневих бульбочок. Далі проводилась оцінка загальної комбінаційної здатності паралельно з оцінкою кормової та насінневої продуктивності і лише після чого з кращих сімей формувались синтетичні популяції. У 2006 р. створено перший сорт рослин люцерни посівної толерантних до підвищеної кислотності ґрунту – Синюха (селекційний номер 4/95) (таблиця 3). Сорт сінокісно-пасовищного типу використання, стійкий до корневих гнилей, завдяки чому період продуктивного довголіття становить 3–4 роки. Забезпечує збір сухої речовини в межах 11–14 т/га та насіння – 0,250–0,50 т/га (при умові ведення насінництва в більш сприятливих ґрунтових умовах)⁴⁶. Занесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні з 2010 р.

Таблиця 3

Результати конкурсного сортовипробування люцерни посівної сорту Синюха (4/95) в Інституті кормів та сільського господарства Поділля НААН, (середнє 2008–2010 рр. при рН ґрунту – 5,0–5,5)

Назва зразка	Збір сухої речовини, т/га			Урожайність насіння, т/га		
	Середнє за 2008–2010 рр.	+/- до St	% до St	Середнє за 2008–2010 рр.	+/- до St	% до St
Регіна (St.)	6,9	0	100	0,048	0	100
4/95	12,2	5,3	177	0,242	0,194	504
НІР _{0,05}	2008 р. – 0,7 2009 р. – 0,6 2010 р. – 0,8			2008 р. – 0,013 2009 р. – 0,015 2010 р. – 0,012		

У 2012 р. переданий на державне сортовипробування сорт Росана, створений методом сімейно-групового добору з гібридної популяції WL-202/Веселеподолянська 11. Тип використання сінокісний. Характеризується посухо- і зимостійкістю, стійкістю до корневих гнилей та вилягання. З вегетаційним періодом до першого укусу на сіно – 50–55 днів та до збирання насіння – 140–145 днів. Урожаєм

⁴⁶ Мамальга В. С., Бугайов В. Д., Максимов А. М. Синюха – новий сорт люцерни, стійкий до кислотності ґрунту : збірник наукових праць ВНАУ. № 63. Вип. 4. 2012. С. 71–75.

сухої речовини – 14,5 т/га та насіння – 0,5 т/га. Вмістом у сухій речовині: протеїну – 20,9 %; клітковини – 21,4 %. Рекомендований для зон вирощування: Полісся, Лісостеп, Степ. Занесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні з 2016 р.

За період 2005–2006 рр. з травостою гібридної популяції Vella (Данія)/Vertus (Швеція), було відібрано 500 рослин. Упродовж першого циклу вивчення (2007–2009 рр.) більшість з цих рослин були вибракувані за рівнем урожаю зеленої маси і насіння, облистяності, стійкості до збудників кореневих гнилей та інших хвороб, включаючи мікоплазмоз. За інтенсивністю відростання навесні і восени відбирались рослини з рівнем у межах 3–4 класу спокою. Із залишених рослин перед початком цвітіння, після додаткової браковки, зібрали насіння окремо по сім'ям у кількості 41 шт., яке було висіяне в селекційному розсаднику в 2010 році. Потім було вибракувано ще 25 сімей до початку цвітіння в 2011–2013 рр. за кормовою і насінневою продуктивністю та іншими господарсько-цінними ознаками. Решту – 16 сімей виділених за загальною комбінаційною здатністю, було об'єднано у синтетичну популяцію під селекційним номером 33/12, яка під назвою Радослава передана для кваліфікаційної експертизи в системі державного сортовипробування у 2015 році. Тип куща рослин – проміжний. Час початку цвітіння рослин відмічено в середні строки. У рослин даного сорту рідко зустрічаються квіти дуже темно-синьо-фіолетового, змішаного, кремового, білого та жовтого кольорів, зазвичай квіти синього кольору та його різних світлих відтінків, що часто змінюються під впливом навколишнього середовища (в похмуру погоду кольори квітів більш насичені, темні, а при сонячних днях стають світлішими). Вміст сирого протеїну – 21,3 % та клітковини – 22,2 %. Тип використання – сінокісно-пасовищний. Сорт середньостиглий, вегетаційний період до першого укусу – 56–60, збирання насіння – 150–155 днів. Виділяється толерантністю до кислотності ґрунтів (у межах рН 5,0–5,5). Забезпечує врожай сухої речовини – 13,5–14,0 т/га, збір протеїну – 3,0–3,25 т/га та насіння 0,4–0,5 т/га. Стійкий проти збудників кореневих гнилей та помірно стійкий до інших хвороб, з подовженим періодом продуктивного довголіття (4–5 роки). Посухостійкий та зимостійкий, включаючи притерту льодову кірку. Занесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні з 2019 р.

Показники кормової та насінневої продуктивності сорту люцерни посівної Радослава представлено у таблиці 4.

Таблиця 4

Результати конкурсного сортовипробування люцерни посівної сорту Радослава (33/12) в Інституті кормів та сільського господарства Поділля НААН, (середнє 2013–2015 рр.)

Назва зразка	Збір сухої речовини, т/га			Урожайність насіння, т/га		
	Середнє за 2013–2015 рр.	+/- до St	% до St	Середнє за 2013–2015 рр.	+/- до St	% до St
Синюха (St.)	11,7	0	100	0,317	0	100
33/12	13,2	1,5	113	0,421	0,1	133
НІР _{0,05}	2013 р. – 0,754 2014 р. – 0,669 2015 р. – 0,616			2013 р. – 0,01 2014 р. – 0,01 2015 р. – 0,02		

Більш широке тестування сорту Радослава на придатність до поширення (ПСП) у 9 пунктах досліджень Полісся і Лісостепу України також підтверджує переваги в порівнянні з умовним стандартом. Прибавка врожаю сухої речовини в зоні Полісся складала 3,68–7,79 т/га, Лісостепу – 2,73–6,5 т/га (таблиця 5).

Таблиця 5

Результати тестування люцерни посівної сорту Радослава в системі державного сортовипробування за даними Українського інституту експертизи сортів рослин (середнє 2017–2018 рр.)

Назва зразка	Збір сухої речовини							
	2017 р.				2018 р.			
	Полісся		Лісостеп		Полісся		Лісостеп	
	т/га	до St +/-	т/га	до St +/-	т/га	до St +/-	т/га	до St +/-
Умовний стандарт	9,91	–	9,11	–	11,41	–	5,11	–
Сорт Радослава	13,59	3,68**	11,84	2,73**	19,2	7,79**	11,61	6,5**

* – умовний стандарт – значення середньої урожайності сортів люцерни, внесених до Реєстру сортів рослин України за останні 5 років – 15 шт., з яких іноземні – 10 (фірми Дейрленд Сід (США); Косад Семанс ЕС; Маїсадур Семанс (Франція); Дойче Заатферделунг, Норддойче Пфланцензукхт Ганс-Георг Лембеке (Німеччина) в т.ч. 2 гібриди F1.

** – Достовірно на рівні $P \leq 0,05$.

В цілому, за період оцінки (2017–2019 рр.) сорту Радослава Інститутом експертизи сортів рослин України, збір сухої речовини знаходився в межах 5,56

т/га в зоні Степу, 11,84 – Лісостеп, 16,42 – Полісся (таблиця 6). За збором сухої речовини умовний стандарт було перевищено на 0,45 т/га, 2,32 та 5,01 т/га або 9 %, 24 і 44 % відповідно по зонах.

Таблиця 6
Результат польових досліджень показників господарської придатності (середнє за 2017–2019 рр.)⁴⁷

Показник	Значення		
	Степ	Лісостеп	Полісся
Усереднена урожайність сухої речовини сортів, що пройшли державну реєстрацію за п'ять попередніх років, т/га	5,11	9,34	11,41
Довірчий інтервал, т/га (±)	1,1	1,11	1,69
Урожайність, т/га	5,56	11,84	16,42
±, до усередненого значення за п'ять попередніх років, т/га	0,45	2,32	5,01
±, до усередненого значення за п'ять попередніх років, %	9	24	44
Тривалість періоду вегетації, діб	57	92	71
Зимостійкість: польова оцінка, бал	8	8	7
Стійкість до вилягання, бал	8	9	8
Стійкість до посухи, бал	8	8	8
Стійкість проти стеблової іржі, бал	8	9	8
Стійкість проти борошнистої роси, бал	8	9	8
Стійкість проти фузаріозного в'янення, бал	9	8	7
Залистяність, %	47,1	44,8	46,5
Вміст сирого протеїну, %	18,2	19,2	19,7
Напрямок використання	корм	корм	корм

За схемою, подібною до попереднього сорту люцерни посівної, було створено і наступні.

В 2017 р. переданий для кваліфікаційної експертизи в системі державного сортовипробування сорт люцерни посівної Амага (селекційний номер 3/13) (заявка № 17196005 від 01.11.2017р.), сорт представляє собою 13-ти клонову синтетичну популяцію. Тип

⁴⁷ Бюлетень Інституту експертизи сортів рослин України «Офіційні описи сортів рослин та показники господарської придатності». Вип. 2. 2019. С. 273.

використання – сінокісний. Сорт характеризується покращеною якістю корму, підвищеною кормовою та насінневою продуктивністю. Помірно стійкий до кореневих гнилей, висока посухостійкість та зимостійкість (таблиця 7). Клас спокою рослин – 4. Середньостиглий. Період продуктивного довголіття 4–5 років. Висота рослин – 90–115 см. Урожайність насіння – 0,5–0,57 т/га. Збір сухої речовини – 14,2 т/га. Вміст білку – 21,4 %, клітковини – 22,8 %. До першого укусу 53–55 днів. Облистяність – 50–51 %. Пропонується до вирощування в зонах Полісся, Лісостепу і Степу. Занесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні з 2021 р.

Таблиця 7

Результат польових досліджень показників господарської придатності сорту люцерни посівної Амага (середнє за 2019–2021 рр.)⁴⁸

Показник	Значення		
	Степ	Лісостеп	Полісся
Усереднена урожайність сухої речовини сортів, що пройшли державну реєстрацію за п'ять попередніх років, т/га	4,53	8,97	10,09
Довірчий інтервал, т/га (±)	0,63	1,57	1,44
Урожайність, т/га	6,04	9,01	7,95
±, до усередненого значення за п'ять попередніх років, т/га	1,51	0,05	-2,14
±, до усередненого значення за п'ять попередніх років, %	33,3	0,45	-21,2
Тривалість періоду вегетації, діб	69	134	92
Зимостійкість: польова оцінка, бал	9	8	7
Стійкість до вилягання, бал	8	7	8
Стійкість до посухи, бал	8	7	8
Стійкість проти стеблової іржі, бал	8	8	9
Стійкість проти борошнистої роси, бал	9	8	9
Стійкість проти бурої плямистості	9	9	9
Залистяність, %	37,4	59,1	43,7
Урожайність насіння, т/га	0,11	0,17	0,17
Вміст сирого протеїну, %	17,4	21,1	24,3
Напрямок використання	корм	корм	корм

⁴⁸ Бюлетень Інституту експертизи сортів рослин України «Офіційні описи сортів рослин та показники господарської придатності». Вип. 6. 2021. С. 654, 660.

Селекційний номер 118/09 під назвою Раміна (заявка № 17196004 від 01.11.2017р.) переданий для кваліфікаційної експертизи в системі державного сортовипробування у 2017 році. Створений методом багаторазового добору на підвищеному фоні кислотності ґрунту (рН 5,0–5,5) із гібридної популяції Тулунська гібридна (РФ) / Регіна (Україна) з 10 виділених клонів. Вміст протеїну – 21,3 % та клітковини – 23,1 % (таблиця 8). Тип використання – сінокісний. Сорт середньостиглий, вегетаційний період до першого укусу – 56–60, збирання насіння – 150–155 днів. Забезпечує збір сухої речовини – 13,5–14,4 т/га та урожайність насіння 0,45–0,55 т/га. Стійкий до корневих гнилей та помірно стійкий до інших хвороб, з подовженим періодом продуктивного довголіття (3–4 роки).

Пропонується до вирощування в зонах Полісся, Лісостепу і Степу. Занесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні з 2021 р.

Таблиця 8

Результат польових досліджень показників господарської придатності сорту люцерни посівної Раміна (середнє за 2019–2021 рр.).

Показник	Значення		
	Степ	Лісостеп	Полісся
Усереднена урожайність сухої речовини сортів, що пройшли державну реєстрацію за п'ять попередніх років, т/га	4,62	8,55	7,76
Довірчий інтервал, т/га (±)	1,35	2,26	2,18
Урожайність сухої речовини, т/га	5,24	7,36	11,69
±, до усередненого значення за п'ять попередніх років, т/га	0,62	-1,19	3,93
±, до усередненого значення за п'ять попередніх років, %	13,4	-13,9	50,6
Тривалість періоду вегетації, дб	65	125	105
Зимостійкість: польова оцінка, бал	9	7	7
Стійкість до вилягання, бал	8	7	8
Стійкість до посухи, бал	9	8	8
Стійкість проти стеблової іржі, бал	8	8	8
Стійкість проти борошнистої роси, бал	9	8	8
Стійкість проти бурої плямистості	9	9	8
Залистяність, %	39,8	60,1	44
Вміст сирого протеїну, %	22,4	24,8	22,4
Урожайність насіння, т/га	0,08	0,17	0,16
Напрямок використання	корм	корм	корм

ВИСНОВКИ

На сьогоднішній день селекція люцерни посівної направлена на створення сортів, здатних формувати високий і стабільний врожай сухої речовини та насіння при зменшенні енергетичних витрат, адаптованих до конкретних ґрунтово-кліматичних умов зони вирощування або навіть локальної її частини, стійких або толерантних до абіотичних та біотичних чинників, продовженим періодом продуктивного довголіття. Багаторічна селекційна робота проведена в Інституті кормів та сільського господарства Поділля НААН з цією культурою дозволила виявити та створити новий цінний вихідний матеріал, що поєднує вирішення елементів вищезгаданої проблематики. Розроблено та впроваджено в селекційний процес «Спосіб виділення самонесумісних рослин люцерни посівної», «Спосіб оцінки алюмостійкості люцерни», «Спосіб виділення генотипів люцерни толерантних до підвищеної кислотності ґрунту», що захищено відповідними патентами. Проте найціннішим, з селекційної точки зору, стало створення та введення у виробництво сортів люцерни посівної з порівняно високою кормовою та насінневою продуктивністю, толерантністю рослин до підвищеної кислотності ґрунту, стійкістю до збудників кореневих гнилей, продовженим періодом продуктивного довголіття: Синюха, Росана, Радослава, Амага, Раміна.

АНОТАЦІЯ

Станом на сьогоднішній день в селекції люцерни існує значна кількість проблем і викликів серед яких зокрема поєднання високої кормової та насінневої продуктивності, інтенсивності відростання, пластичності та стабільності урожаю за роками залежно від гідротермічних умов, стійкості до біотичних та абіотичних факторів у певних кліматичних зонах, тощо. Саме на вирішення хоча б частини з вищезначених завдань були спрямовані наші дослідження. Результатами стали розробка та введення в селекційний процес методів «Спосіб виділення самонесумісних рослин люцерни посівної», «Спосіб оцінки алюмостійкості люцерни», «Спосіб виділення генотипів люцерни толерантних до підвищеної кислотності ґрунту», захищених відповідними патентами на винахід та корисні моделі. Проте найціннішим, з селекційної точки зору, стало створення та впровадження у виробництво сортів люцерни посівної з порівняно високою кормовою та насінневою продуктивністю, толерантністю рослин до підвищеної кислотності ґрунту, стійкістю

до збудників кореневих гнилей, продовженим періодом продуктивного довголіття: Синюха, Росана, Радослава, Амага, Раміна. Вони впевнено розпочали та займають свою нішу у виробництві кормів і насіння на полях, які до цього не використувувалися під посіви люцерни, або були малопродуктивними через специфіку ґрунтово-кліматичних умов. Відповідно це дозволило дещо розширити оптимальну зону люцернових посівів, в тому числі і насінницьких.

Література

1. Терещенко Н. М. Создание сортов люцерны с высокой семенной продуктивностью в условиях юга Украины : автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. 1985. 57 с.

2. Жученко А. А. Адаптивная селекция растений (Эколого-генетические основы). 2000. Т. 1. 780 с.

3. Державний реєстр сортів, придатних для поширення в Україні станом на 06.01.2021 р.

4. Бугайов В. Д., Мамалига В. С., Горенський В. М., Максимов А. М. Оцінка та створення вихідного матеріалу для селекції люцерни в умовах підвищеної кислотності ґрунтів. Збірник наукових праць. Фактори експериментальної еволюції організмів. 2014. Т. 15. С. 153–155.

5. Тищенко А. В. Сорти люцерни – насіннева продуктивність та способи її підвищення. Насінництво. 2015. № 2. С. 7–9.

6. Авдонин Н. С. О влиянии реакции среды на растения. Физиологическое обоснование системы питания растений. 1964. 219 с.

7. Аверченко И. М. Влияние уровня почвенной кислотности на урожайность сортов люцерны изменчивой. Сборник студенческих научных работ Рос. гос. агр. ун-та. 2005. С. 60.

8. Бугайов В. Д., Горенський В. М., Мамалига В. С. Оцінка гібридних популяцій (F_3) люцерни як вихідного матеріалу для селекції за умов підвищеної кислотності ґрунтів. Фактори експерим. еволюц. Організ : зб. наук. пр. НАН Укр., Укр. т-во ген. і селекц.; редкол. : В. А. Кунах. 2017. Т. 20. С. 102–106.

9. Писковацкий Ю. М. Селекция люцерны на устойчивость к кислым почвам. Сборник научных работ : «Интродукция и освоение нетрадиционных и редких с.-х. растений». 2002. С. 39–42.

10. Балюк С. А., Медведев В. В., Тараріко О. Г. та ін. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України. 2010. С.16–22.

11. Шамсутдинов З. Ш. Современное состояние и стратегия развития селекции кормовых культур. 2011. № 1–2. С. 39–43.

12. Литвиненко М. А. Біотехнологічні і молекулярно-генетичні методи у селекції сільськогосподарських культур в Україні. Насінництво. 2016. № 4–6. С. 8–11.

13. Бугайов В. Д., Горенський В. М., Мамалига В. С. Оцінка генофонду люцерни та його використання в селекції за умов підвищеної кислотності ґрунту. Фактори експериментальної еволюції організмів : збірник наук. праць. НАН Укр., НААН Укр., Укр. т-во ген. і селекц. 2016. Т. 18. С. 176–180.

14. Мамалыга В. С., Бугайов В. Д., Максимов А. Н. Эффективность селекционной работы с люцерной на устойчивость к кислотности почв. Актуальные и новые направления в селекции и семеноводстве сельскохозяйственных культур» : материалы международной научно-практической конференции. 2012. С. 251–254.

15. Епифанова И. В., Лапина М. Ш. Селекция люцерны на качество корма и семенную продуктивность. Системы высокоурожайного земледелия и биотехнологии как основа инновационной модернизации АПК в условиях климатических изменений : матер. Всерос. науч.-практ. конф. 2011. С. 268–270.

16. Колганова Н. В., Ткаченко И. К. Комбинационная ценность образцов люцерны по признакам кормовой и семенной продуктивности Кормопроизводство. 2006. № 12. С. 15–16.

17. Методика проведення експертизи сортів люцерни посівної, л. мінливої (*Medicago sativa* L. М., М. х *varia* Martyn) на відмінність, однорідність і стабільність. Адаптовано: Андрущенко А. В., Кривицький К. М., Веселовська О. Б. 2010. 18 с.

18. Лубенец П. А., Щукина Г. Н. Причины изреживания и способы выведения устойчивых сортов люцерны, клевера и эспарцета. Тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции. Т. 38. 1968. Вып. 3. С. 5–44.

19. Польовий А. М., Божко Л. Ю., Вольвач О. В. Основи агрометеорології : конспект лекцій. 2004. 150 с.

20. Спосіб виділення самонесумісних рослин люцерни посівної. Патент МПК № 17756 від 16.10.2006.

21. Бугайов В. Д., Горенський В. М. Спосіб оцінки алюмоустійкості люцерни. Патент № 110993 від 10.03.2016.

22. Бугайов В. Д., Горенський В. М. Спосіб виділення генотипів люцерни толерантних до підвищеної кислотності ґрунту. Патент на корисну модель № 122693 від 25.01.2018.

23. Бобер А. Ф. Генетико-селекційні дослідження по створенню конкурентноздатних сортів автогамної люцерни. Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть. 2001. Т. 3. С. 236–243.

24. Бобер А. Ф. Селекція автогамної люцерни. Вісник аграрної науки. 2001. № 12. С. 35–38.

25. Бугайов В. Д., Максимов А. М. Популяційна мінливість рівня самонесумісності та особливості її прояву у люцерни посівної. Корми і кормовиробництво. 2005. Вип. 55. С. 9–15.

26. Бугайов В. Д., Горенський В. М., Максимов А. М. Шляхи підвищення генетичного потенціалу кормової та насінневої продуктивності люцерни Тези доповідей X міжнародної конференції «Корми і кормовий білок». 2018. С. 4–5.

27. Fitz Patrick E. A. An introduction to soil science. 1986. 55 p.

28. Kabata-Pendias A., Pendias Boca Raton H. Trace elements in soils and plants. 1986. 67 p.

29. Schier G. A., Mc Quattie C. J. Stimulatory effects of aluminum on growth of sugar maple seedlings. Plant Nutrit. 2002. № 25(11). P. 2583–2589.

30. Климашевский Э. Л. Генетический аспект минерального питания. 1991. 415 с.

31. Косарева И. А., Давыдова Г. В., Семенова Е. В., Груздева Е. В. Скрининг сельскохозяйственных культур с целью обеспечения стабильности растениеводства. Научные проблемы создания новых сортов с.-х. культур, адаптированных к современным условиям производства и переработки : матер. научн. Сессии. 1998 г. С. 13–15.

32. Delhaize E., Ryan P. R. Aluminum toxicity and tolerance in plants Plant Physiol. 1995. № 107. P. 315–321.

33. Юлушев И. Г. Система применения удобрений в севооборотах : учебно-методическое пособие по применению удобрений. 1999. 154 с.

34. Foy C. D. Plant adaptation to mineral stress in problem soils. Iowa State Journal of Research. 1983. V. 57. № 4. P. 339–354.

35. Климов С. В. Селекция сельскохозяйственных культур на устойчивость к кислотности почвы. Сельское хозяйство за рубежом. 1984. № 10. С. 18–22.

36. Campbell T. A., Xia Z. L., Jackson P. R. Diallel analysis of tolerance to aluminium in alfalfa. Euphytica. 1993/1994. V. 72. Is. 3. P. 157–162.

37. Ганжа Б. А. К вопросу о действии Al-ионов и H-ионов. Почвоведение. 1941. № 1. С. 23–38.

38. Лисицын Е. М., Амунова О. С. Генетическое разнообразие сортов яровой мягкой пшеницы по алюмоустойчивости. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2014. Т. 18. № 3. С. 497–505.

39. Тютюнник С. Ю., Ребенков С. О., Бобков В. М., Долін В. В. Органічні форми знаходження алюмінію у ґрунтах лісових екосистем : збірник наук. праць ІГНС. 2011. Вип. 19. С. 129–137.

40. Фатеева А. І., Пашенко Я. В. Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах України. 2003. 72 с.

41. Яковлева О. В., Капешинский А. М. Генетические основы устойчивости к токсичным ионам алюминия у разных видов злаков : труды ВИР по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2012. Т. 170. С. 46–58.

42. Тумасова М. Щ., Демшина Н. А., Грипась М. Л., Онучина О. Л. Селекция клевера лугового на алюмотолерантность. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2006. С. 34–38.

43. Лисицын Е. М., Щенникова И. Н. Изменение потенциала алюмоустойчивости гибридов ячменя под влиянием материнского сорта. Докл. Рос. акад. с.-х. наук. 2009. № 6. С. 10–12.

44. Лисицын Е. М., Лисицына И. И. Влияние места репродукции сорта на его потенциальную алюмоустойчивость. Сельскохозяйственная биология. Биология растений. 2008. № 5. С. 58–64.

45. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості ДСТУ 4138-2002. Держспоживстандарт України. 2003. 170 с.

46. Мамалыга В. С., Бугайов В. Д., Максимов А. М. Синюха – новий сорт люцерни, стійкий до кислотності ґрунту. Збірник наукових праць ВНАУ. № 63. Вип. 4. 2012. С. 71–75.

47. Бюлетень Інституту експертизи сортів рослин України «Офіційні описи сортів рослин та показники господарської придатності». Вип. 2. 2019. С. 273.

48. Бюлетень Інституту експертизи сортів рослин України «Офіційні описи сортів рослин та показники господарської придатності». Вип. 6. 2021. С. 654, 660.

Information about the authors:

Buhaiov Vasily Dmytrovych,

Candidate of Agricultural Sciences,

Head of the Forage Crops Breeding Department

Institute of Feed Research and Agriculture of Podillya of National

Academy of the Agrarian Sciences of Ukraine

16, Yunosti ave., Vinnytsa, 21100, Ukraine

Horenskyy Vitaly Mykhailovych,
Candidate of Agricultural Sciences,
Researcher of the Forage Crops Breeding Department
Institute of Feed Research and Agriculture of Podillya of the National
Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
16, Yunosti ave., Vinnytsa, 21100, Ukraine