

УДК 631.52:633.31:631.67

© 2019

ДОСЯГНЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ СЕЛЕКЦІЇ ЛЮЦЕРНИ ДЛЯ УМОВ ЗРОШЕННЯ

О.Д. Тищенко¹, А.В. Тищенко², О.О. Пілярська³, Г.М. Куц⁴

¹⁻⁴кандидати сільськогосподарських наук

^{1,3,4}Інститут зрошуваного землеробства НААН
смт Наддніпрянське, м. Херсон, 73483, Україна

²Асканійська державна сільськогосподарська дослідна станція
Інституту зрошуваного землеробства НААН

вул. 40-річчя Перемоги, с. Тавричанка Каховського р-ну Херсонської обл., 74862, Україна
e-mail: ¹olena.tischenko1946@gmail.com, ²⁻⁴izz.biblio@ukr.net

Надійшла 12.09.2019

Мета. Створити сорти люцерни з комплексом специфічних ознак та властивостей, високою азотофіксувальною та адаптивною здатністю. **Методи.** Дослідження зі створення сортів люцерни з потужною кореневою системою, підвищеною азотофіксувальною та адаптивною здатністю проводили у вегетаційних умовах із використанням піщаної культури та за зрошення на дослідних полях Інституту зрошуваного землеробства НААН (1946–2018 рр.). **Результати.** Визначено інформативні ознаки — діаметр головного кореня та об'єм кореневої системи, які пов'язані з основними ознаками, що характеризують загальну продуктивність рослини. Установлено, що зміни морфологічної структури кореневої системи сприяють збільшенню накопичення бульбочок на ній як показника рівня азотофіксувального процесу. Тому вони були використані як непрямі критерії добору за накопиченням кореневої маси та азотофіксувальної здатності. Рівень азотофіксувальної активності на 33,6–98,0% залежить від кількісного складу бульбочок розміром більше 1 мм. Такі морфологічні ознаки бульбочкоутворювального процесу, як загальна кількість бульбочок розміром більше 1 мм, їх забарвлення та розміщення на кореневій системі можна використовувати як маркерні. Візуальна оцінка з їх застосуванням для первинної оцінки на 1-му етапі селекційного процесу може бути використана для негативного відбору — вибракування рослин із низьким рівнем азотофіксації. **Висновки.** Виконані дослідження дали можливість розробити теоретичні основи та методики селекції люцерни на підвищений рівень накопичення кореневої маси, азотофіксувального потенціалу, що дало змогу з використанням великого колекційного матеріалу люцерни зі всього світу створити в Інституті зрошуваного землеробства НААН сорти люцерни Серафіма, Унітро, Веселка, Зоряна, Анжеліка, Елегія з різними важливими господарсько-цінними ознаками та властивостями. Вони характеризуються високою продуктивністю надземної, кореневої мас та підвищеним азотофіксувальним потенціалом.

Ключові слова: люцерна, селекція, сорт, азотофіксація, продуктивність, коренева система.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201910-12S>

У сучасному світовому сільськогосподарському виробництві загальні втрати деградованих земель, за оцінкою ФАО, щороку становлять 6–7 млн га, і динаміка ця невтішна: землі ріллі деградовані більш ніж на 48%. В Україні такі процеси відбуваються внаслідок різкого зменшення внесення органічних і мінеральних добрив, зниження посівів багаторічних бобових трав, ігнорування сівозмін. Здебільшого це пов'язано з кон'юктурою ринку, яка потребує «прибуткових» культур (соняшнику, ріпаку), оскільки вони користуються попитом на світовому ринку. Це підсилює деградацію ґрунтів, активує процес їх дегуміфікації та переуцільнення, знижуючи інтенсивність біологічного кругообігу, що негативно позначається на ефективності їх родючості і врожайності вирощуваних культур [1,2]. Тому останніми роками досить актуальним є впровадження адаптивних форм землеробства, що забезпечують сільськогосподарські культури основними елементами живлення за рахунок використання біологічних спільнот, формування яких значною мірою базується на взаємодії рослин із широким спектром ґрунтових мікроорганізмів. Саме максимальне використання можливостей мікробно-рослинного взаємозв'язку має стати основою адаптивної, або «біологічної» взаємодії, основним принципом якої є оптимізація сільськогосподарського виробництва для задоволення потреб людини, збереження та примноження природних ресурсів, поліпшення стану навколишнього середовища, відновлення ґрунтової родючості. Тому зростає інтерес до біологічного азоту, здатного накопичувати багаторічні бобові трави. Серед них найпоширенішою є люцерна (*Medicago sativa* L.), азотофіксуювальний потенціал якої оцінюють у 150–200 кг/га азоту, а за деякими дослідженнями, за сприятливих умов — близько 400 кг/га азоту [3, 4].

Над цією проблемою активно працюють селекціонери Інституту зрошуваного землеробства НААН. Останніми роками вченими Інституту створено сорти люцерни з потужною кореневою системою стрижнево-розгалуженого типу, підвищеною азотофіксувальною здатністю, високим умістом поживних речовин з урахуванням ознак

«солестійкість» і «посухостійкість». Тому ці сорти люцерни можуть бути надійним фактором структуроутворення, джерелом поповнення гумусу та поживних речовин ґрунту. Підвищений рівень біологічної азотофіксації сортів дасть змогу звести до мінімуму застосування мінеральних добрив, виробництво яких є енергоємним, дорогим і до того ж небезпечним для навколишнього середовища процесом.

Мета досліджень — створення сортів люцерни з комплексом специфічних ознак і властивостей, високою азотофіксувальною та адаптивною здатністю.

Матеріали і методика досліджень. Дослідження зі створення сортів люцерни з потужною кореневою системою, підвищеною азотофіксувальною та адаптивною здатністю проводили у вегетаційних умовах із використанням піщаної культури та за зрошення на дослідних полях Інституту зрошуваного землеробства НААН.

Результати досліджень. Селекцію люцерни, яку проводили з урахуванням потреб сільськогосподарського виробництва, було розпочато в 1946 р. в колишньому Українському НДІ бавовництва, реорганізованому в Український НДІ зрошуваного землеробства. Використання світової колекції ВІР з усіх куточків земної кулі дало змогу створити вихідний матеріал, що відповідав цілям селекції.

З появою штучного зрошення перед селекціонерами постали нові завдання: потрібні були сорти люцерни інтенсивного типу зі специфічними властивостями та ознаками. Це сорт Херсонська 9, спеціально створений для рисових сівозмін, Вавіловка 2 — для частого скошування в ранній фазі розвитку (фаза початок бутонізації). Вони характеризуються швидким відростанням на весні і після скошування.

Особливий, якісно новий етап у селекційній роботі з люцерною в інституті — це створення сортів із потужною кореневою системою і підвищеною азотофіксувальною здатністю, які не втрачають актуальності і нині. Цей напрям набуває актуальності на сучасному етапі за глобальної деградації гумусу і ґрунтів за відсутності можливостей застосування хіміко-технічних ресурсів у повному обсязі. Максимальне

використання біологічної азотфіксації за рахунок створення та впровадження нових сортів — один з економічних, екологічно чистих шляхів розв'язання проблеми родючості ґрунтів.

Останнім часом особливу увагу приділяли та приділяють вивченню архітекtonіки кореневої системи люцерни. Дослідження з морфологічної структури кореневої системи люцерни та аналіз літературного матеріалу з цього питання показали, що в кожного виду, сорту є свої особливості за формою, потужністю розвитку кореневої системи, і залежать вони від виду, сорту культури та факторів навколишнього середовища [5–8]. Розширення знань про морфологічну структуру кореневої системи, її форму, архітекtonіку має не лише теоретичне, а й практичне значення. Відзначено, що сорти сільськогосподарських культур в однакових умовах дають різний урожай за величиною та якістю. При цьому слід наголосити, що сорти в своєму сортименті складаються з різних генотипів, які різняться потужністю і фізіологічною активністю кореневої системи. Форма кореневої системи — одна з визначальних ознак накопичення її маси. Нами встановлено, що біоти́пи зі стрижнево-розгалуженою формою мають загалом більшу кореневу масу, ніж біоти́пи зі стрижневою формою. Ця різниця залежно від генотипу і ступеня вияву обох форм становила 2,6–260%. Варто зазначити, що стрижнево-розгалужена форма кореневої системи люцерни як єдине поняття має свої особливості за кількістю бічних коренів, характером їх розгалуження, товщиною, тобто є різною за потужністю. На підставі отриманих даних було розроблено методику селекції люцерни на підвищений рівень накопичення кореневої маси з урахуванням таких ознак кореневої системи, як її об'єм і діаметр головного кореня [9]. Вираховані критерії добору за об'ємом кореневої системи, діаметром головного кореня та кореляційні зв'язки ($r=0,48-0,83$; $0,70-0,98$) показали, що з цими ознаками тісно пов'язані врожайність надземної і кореневої маси, що дало змогу цілеспрямованіше вести селекційну роботу.

Завдяки бульбочкам, розташованим на кореневій системі люцерни, вона здатна

фіксувати азот із повітря, забезпечувати ним власні потреби та накопичувати його для наступних культур. Тому дослідження з вивчення морфологічної структури кореневої системи люцерни нами проведено з урахуванням азотофіксувальної активності та азотофіксувального потенціалу. Так, аналізуючи сорти і гібридні популяції люцерни в наших дослідженнях з азотофіксувальної активності бачимо, що вони мають найрізноманітніший склад генів, які контролюють цю ознаку. Трапляються рослини (1,41–39,13%), які зовсім не фіксують азот із повітря. Низький рівень азотофіксації мали 53,6–94,0% генотипів. Проте в гібридних популяціях G/90×Надіжда і ЦП-11×S/90 було 2,9% рослин із високим рівнем азотофіксувальної активності [10], які можна використовувати як донорів при селекції на підвищення симбіотичної активності [11]. Висока кореляція між азотофіксувальною активністю та врожайністю рослин свідчить про те, що така селекція може бути результативною [12].

Для планування селекційного процесу в цьому напрямі слід знати про кореляційні зв'язки нітрогеназної активності з іншими господарсько-цінними ознаками. Наші дослідження показали, що рівень нітрогеназної активності має сильний зв'язок із морфологічними ознаками кореневої системи: її потужністю ($r=0,893\pm0,006$), об'ємом ($r=0,794\pm0,012$), діаметром головного кореня ($r=0,845\pm0,009$) та загальною кількістю бульбочок ($r=0,751\pm0,014$) у рослин люцерни.

Установлені коефіцієнти кореляції дають змогу стверджувати, що потужність кореневої системи, її об'єм та діаметр головного кореня є визначальними в селекційній роботі на підвищення азотофіксувального потенціалу. Установлено, що збільшення потужності кореневої системи (на 28,4–70,8%), її об'єму (27,3–112,4%) та діаметра головного кореня (на 21,8–44,3%) призводить до посилення нітрогеназної активності в 4,3–7 разів.

Слід зазначити, що зміни морфологічної структури кореневої системи сприяють збільшенню накопичення бульбочок на ній, як показника рівня азотофіксувального процесу. Наші дослідження показали високий зв'язок між цими ознаками (таблиця).

Зв'язок між морфологічними ознаками кореневої системи та накопиченням бульбочок за фракціями (середнє за 2014–2016 рр.)

Ознака	Коефіцієнт кореляції ($r \pm s$)
Потужність к.с. — загальна кількість бульбочок	0,833 \pm 0,07
Потужність к.с. — кількість бульбочок розміром до 1 мм	-0,223 \pm 0,17
Потужність к.с. — кількість бульбочок розміром 1–2 мм	0,918 \pm 0,07
Потужність к.с. — кількість бульбочок розміром >2 мм	0,830 \pm 0,07
Діаметр головного кореня — загальна кількість бульбочок	0,839 \pm 0,07
Діаметр головного кореня — кількість бульбочок розміром до 1 мм	-0,180 \pm 0,13
Діаметр головного кореня — кількість бульбочок розміром 1–2 мм	0,889 \pm 0,08
Діаметр головного кореня — кількість бульбочок розміром >2 мм	0,853 \pm 0,09
Об'єм к.с. — загальна кількість бульбочок	0,820 \pm 0,10
Об'єм к.с. — кількість бульбочок розміром до 1 мм	-0,229 \pm 0,17
Об'єм к.с. — кількість бульбочок розміром 1–2 мм	0,894 \pm 0,08
Об'єм к.с. — кількість бульбочок розміром >2 мм	0,835 \pm 0,09

Примітка. Коефіцієнти кореляції істотні на 5%-му рівні; к.с. — коренева система.

Винятком є кількість бульбочок розміром до 1 мм, зв'язок з якими є дуже слабким і негативним. Використовуючи раніше встановлені критерії добору за об'ємом кореневої системи $\geq 6,4$ мл (патент на корисну модель № 18659 від 15.11.2006 р.) та діаметром головного кореня $\geq 6,0$ мм (деклараційний патент на винахід № 70542 А), створили селекційний матеріал люцерни з підвищеним рівнем азотофіксувального потенціалу.

Дослідження показали, що рівень азотофіксувальної активності на 33,6–98% залежить від кількісного складу бульбочок розміром більше 1 мм. Такі морфологічні ознаки бульбочкоутворювального процесу, як загальна кількість бульбочок розміром більше 1 мм, їх забарвлення та розміщення на кореневій системі можна використовувати як маркерні. Візуальна оцінка з їх застосуванням має велике значення для первинної оцінки на першому етапі селекційного процесу і може бути використана для негативного відбору — вибракування рослин із низьким рівнем азотофіксації. Тому на перших етапах селекційного процесу вважаємо за потрібне використовувати в практичній селекції оцінку сортів за загальною кількістю бульбочок, їх фракційним складом, забарвленням і розташуванням на кореневій системі, тобто за розміром симбіотичного апарату.

У зв'язку зі зміною клімату в бік посушливості зростає роль сорту та його потенційні можливості в конкретних природно-кліматичних умовах вирощування. Вивчення пристосувальних можливостей генотипу, які завжди для селекціонера представляють не менший інтерес, ніж продуктивність, набуває особливої актуальності в умовах зміни клімату за дефіциту природних ресурсів і порушення агроекологічної рівноваги. Отже, потрібно повністю використовувати ресурси середовища, біологічний потенціал рослин люцерни як кормової культури, так і культури, що має велике агротехнічне значення, вивчати генотипову та екотипovu різноманітність селекційного матеріалу люцерни для отримання адаптивних, стабільно продуктивних сортів із застосуванням певних провокаційних фонів. Найбільш повне і точне уявлення про стійкість сорту може дати оцінка в польових дослідах, у природних умовах з урахуванням депресії врожаю під впливом стресу. Однак у природному стані стресове навантаження змінюється з року в рік, що затягує процедуру надовго. Ось чому створюють 2 фони вирощування — оптимальний (зрошення) та екстремальний (без зрошення), необхідні для діагностування стійкості до посухи. Порівняння їх продуктивності й дає уявлення про стійкість сортів. Кожному сорту, виду, і навіть окремій рослині, властивий

рівень стійкості до стресових факторів. Він успадковується й генетично контролюється. Важливо наголосити на тому, що ця ознака в оптимальних умовах є потенційною, але вона прихована й реалізується лише тоді, коли рослина перебуває під впливом екстремального фактора [13].

Отже, з одного боку, стрес заважає максимальній реалізації генетичного потенціалу рослин, з другого — сприяє певною мірою адаптації рослин до аномальних умов до тих пір, поки не перевищуються межі пристосованості рослин (так званий еластичний стрес). На негативні умови вони реагують стресовими реакціями у формі змін морфологічних, фізіологічних і біохімічних функцій, чим зводять до певного рівня загрози шкоди [14].

Під час оцінки ступеня стійкості рослин ураховують амплітуду та швидкість зміни фізіологічних параметрів в умовах стресу. Як правило, вплив несприятливого чинника більше за все проявляється в депресії ростових процесів. Ріст найтісніше пов'язаний із загальною стійкістю рослин до стресів. Наші дослідження показали, що висота рослин у люцерни сорту Унітро (перший рік життя) за укусами значною мірою залежала від метеорологічних умов і була, як правило, максимальною в 1-му та 2-му укусах, досягнувши 64–69 см за зрошення та 39–40 см — без зрошення із середньодобовими приростами 1,6 см; 2,9 і 0,9; 1,4 см відповідно.

Велике значення щодо посухостійкості має потужність кореневої системи (її маса, поглинальна здатність) і глибина проникнення у вологіші горизонти ґрунту. Чим глибше коріння люцерни проникає в ґрунт, тим надійніше забезпечується водопостачання рослин за рахунок глибинних запасів вологи [15]. Рослини з потужною кореневою системою відрізняються від рослин зі звичайною кореневою системою

більшою обводненістю, водопоглинальною і водоутримувальною здатністю.

У рослин за несприятливих умов розвивається стійкість, коли підвищення одного виду стійкості дає можливість рослинам протистояти іншим несприятливим факторам, скажімо соле- і посухостійкості. Нами було виконано роботи в польових і вегетаційно-лабораторних умовах. У лабораторних умовах проводили оцінку проростків різного селекційного матеріалу люцерни з використанням солей сульфату натрію, хлориду, їх сумішей у 4-х різних концентраціях. Досліджували 10 сортів і гібридних популяцій, повторність досліду — 3-разова. При аналізі проростків враховували кількість пророслих, насіння, яке загнило, та довжину корінця. У результаті проведених досліджень у лабораторних та польових умовах було дано оцінку селекційного матеріалу люцерни за солестійкістю. До найстійкіших до сольового стресу належать сорти люцерни Серафіма (ЦП-11) та Надежда.

Установлено закономірності успадкування, мінливості основних господарських і біологічних ознак, отримано інформацію про їх взаємозв'язок, що є теоретичною основою селекції люцерни при створенні сортів для різного господарського використання.

Сорти люцерни Унітро, Веселка, Серафіма поєднують високий урожай насіння, кормової продукції зі специфічними ознаками: потужною кореневою системою складної архітекtonіки з підвищеним рівнем накопичення кореневої маси, азотофіксувальною здатністю. Сорт Зоряна в комплексі з іншими господарсько-цінними ознаками має багатопластинчастість (4–7 листочків). На 2015 р. зареєстровано новий сорт люцерни Анжеліка, 2017 р. — сорт Елегія. Сорти поєднують високу насіннєву та кормову продуктивність із тривалим періодом осінньої вегетації. На державному сортопробуванні перебуває сорт Луїза.

Висновки

Виконані дослідження дали можливість розробити теоретичні основи та методики селекції люцерни на підвищений рівень накопичення кореневої маси, азотофіксувального

потенціалу, що дало змогу з використанням великого колекційного матеріалу люцерни зі всього світу створити в Інституті зрошуваного землеробства НААН сорти

люцерни Серафіма, Унітро, Веселка, Зоряна, Анжеліка, Елегія з різними важливими господарсько-цінними ознаками та властивостями. Вони характеризуються високою

продуктивністю надземної, кореневої мас і підвищеним азотофіксуючим потенціалом. Сорти внесено до Реєстру сортів рослин України.

Тищенко Е.Д.¹, Тищенко А.В.², Пилярская Е.А.³,
Куц Г.М.⁴

^{1,3,4}Інститут зрошуемого земледелия НААН, пгт Наддніпрянське, г. Херсон, 73483, Україна, ²Асканійська державна сільськогосподарська дослідницька станція Інститута зрошуемого земледелия НААН, ул. 40-летия Победы, с. Тавричанка Каховського р-на Херсонської обл., 74862, Україна; e-mail: ¹olena.tishchenko1946@gmail.com, ²⁻⁴izz.biblio@ukr.net

Достижения и перспективы селекции люцерны для условий орошения

Цель. Создать сорта люцерны с комплексом специфических признаков и свойств, высокой азотфиксирующей и адаптивной способностью. **Методы.** Исследования по созданию сортов люцерны с мощной корневой системой, повышенной азотфиксирующей и адаптивной способностью проводили в вегетационных условиях с использованием песчаной культуры и при орошении на опытных полях Института зрошуемого земледелия НААН (1946–2018 гг.). **Результаты.** Определены информативные признаки — диаметр главного корня и объем корневой системы, связанные с основными признаками, характеризующими общую продуктивность растения. Установлено, что изменения морфологической структуры корневой системы способствуют увеличению накопления клубеньков на ней как показатель уровня азотфиксирующего процесса. Поэтому они были использованы в качестве косвенных критериев отбора по накоплению корневой массы и азотфиксирующей способности. Уровень азотфиксирующей активности на 33,6–98% зависит от количественного состава клубеньков размером более 1 мм. Такие морфологические признаки клубенькообразовательного процесса, как общее количество клубеньков размером более 1 мм, их окраска и размещение на корневой системе можно использовать как маркерные. Визуальная оценка с их применением для первичной оценки на 1-ом этапе селекционного процесса может быть использована для негативного отбора — выбраковки растений с низким уровнем азотфиксации. **Выводы.** Проведенные исследования дали возможность разработать теоретические основы и методики селекции люцерны на повышенный уровень накопления корневой массы и азотфиксирующего потенциала, что позволило с использованием большого коллекционного материала люцерны

со всего мира создать в Институте зрошуемого земледелия НААН сорта люцерны Серафима, Унітро, Веселка, Зоряна, Анжеліка, Елегія з різними важливими господарсько-цінними ознаками і властивостями. Вони характеризуються високою продуктивністю надземної, кореневої маси і підвищеним азотфіксуючим потенціалом.

Ключевые слова: люцерна, селекция, сорт, азотфиксация, продуктивность, корневая система.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201910-12S>

Tyshchenko O.¹, Tyshchenko A.², Piliarska O.³,
Kuts H.⁴

^{1,3,4}Institute of Irrigated Agriculture of NAAS, sett. Naddnyprianske, Kherson, 73483, Ukraine; ²Askaniya State Agricultural Research Station of Institute of Irrigated Agriculture of NAAS, 40-richchia Peremohy Str., Tavrychanka village, Kakhovka district, Kherson oblast, 74862, Ukraine; e-mail: ¹olena.tishchenko1946@gmail.com, ²⁻⁴izz.biblio@ukr.net

Achievements and prospects of alfalfa selection for irrigation conditions

The purpose. To create alfalfa varieties with a complex of specific features and properties, high nitrogen-fixing and adaptive ability. **Methods.** Research on the creation of varieties of alfalfa with a powerful root system, increased nitrogen-fixing and adaptive ability was carried out under vegetative conditions using a sand culture and during irrigation in the experimental fields of the Institute of Irrigated Agriculture (1946–2018). **Results.** Informative traits were determined — the diameter of the main root and the volume of the root system associated with the main traits characterizing the overall productivity of the plant. It was established that changes in the morphological structure of the root system contribute to an increase in the accumulation of nodules on the root system, as an indicator of the level of the nitrogen-fixing process. Therefore, they were used as indirect selection criteria for the accumulation of root mass and nitrogen-fixing ability. The level of nitrogen-fixing activity by 33.6–98.0% depends on the quantitative composition of bulbs larger than 1 mm. Such morphological features of the nodule-forming process as the total number of nodules larger than 1 mm, their color and placement on the root system can be used as marker ones. Visual assessment with their use for the initial assessment at the first stage of the breeding process can be used

for negative selection — culling plants with a low level of nitrogen fixation. **Conclusions.** The studies allowed us to develop theoretical foundations and methods for alfalfa selection of alfalfa selection for an increased level of root mass accumulation and nitrogen-fixing potential, which made it possible to create varieties of alfalfa Serafima, Unitro, Veselka, Zoryana, Angelica at the Institute of Irrigated Agriculture Elegy with various important

economically valuable traits and properties. They are characterized by high productivity of the aerial, root mass and increased nitrogen-fixing potential and are able to accumulate 2.41–2.45 ts/ha in the soil biological nitrogen. Varieties are listed in the Register of plant varieties of Ukraine.

Key words: alfalfa, selection, variety, nitrogen fixation, productivity, root system.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovysnyk201910-12S>

Бібліографія

1. Тараріко О.Г., Шерстобоева О.В., Патица В.П. Концепція і наукове обґрунтування основних напрямків удосконалення систем випуску і реалізації мікробіологічних препаратів для сільськогосподарського виробництва. *Мікробіологічний журнал*. 1997. № 4. С. 102–108.
2. Туев Н.А. Экологические проблемы интенсивного земледелия. *Вестник с.-х. науки*. 1988. № 6. С. 91.
3. Толкачев Н.З. Биотехнологические аспекты координированной селекции клубеньковых бактерий и бобовых растений. *Микробиология и биотехнология XXI столетия: матер. Междунар. конф. (г. Минск, 22–24 мая 2002 р.)*. Минск, 2002. С. 152–153.
4. Дидович С.В. Координована селекція *Mesorhizobium ciceri* і *Cicer arietinum* L. на підвищення азотфіксувального потенціалу симбіотичної системи. Селекція та генетика бобових культур: сучасні аспекти та перспективи: тези Міжн. наук. конф. (м. Одеса. 23–26 червня 2014 р.). Одеса, 2014. С. 241–243.
5. Omar S.A., Zeinab M. Abd El-Naby and Saieda S. Abd El-Rahman. Screening For Alfalfa Root Traits In Relation To Yield And Crown Rot Disease Resistance. *International Journal of Applied and Pure Science and Agriculture (IJAPSA)*. 2016. V. 02, Iss. 05, P. 184–191.
6. Ana Paez-Garcia, Christy M. Motes, Wolf-Rüdiger Scheible et al. Root Traits and Phenotyping Strategies for. *Plant Improvement*. 2015 Jun., 4(2). P. 334–355. <https://doi.org/10.3390/plants4020334>
7. Josef Hák, Martin Písařík, Zuzana Hrevušová, Jaromír Šantrůček. In-field lucerne root morphology traits over time in relation to forage yield, plant density, and root disease under two cutting managements. *Field Crops Research*. 2017. V. 213, P. 109–117. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.07.017>
8. Lamb J.F.S., Johnson L.D., Barnes D.K., Marquez-Ortiz J.J. A method to characterize root morphology traits in alfalfa. *Can. J. Plant Sci.* 2000. V. 80. P. 97–104.
9. Тищенко О.Д., Тищенко А.В. Методика селекції люцерни на підвищений рівень накопичення кореневої маси. Херсон, 2016. 15 с. <https://doi.org/10.4141/p98-124>
10. Тищенко Е.Д., Гасаненко Л.С., Андрусів Л.В. Проблема селекції люцерни на підвищену азотфіксуючу здатність в умовах зрошення Півдня України. *Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть*. Київ: Логос. 2001. Т. 3. С. 252–259.
11. Генетика симбиотической азотфиксации с основами селекции; за ред. И.А. Тихонович, Н.А. Проворова. Санкт-Петербург: Наука, 1998. 194 с.
12. Проворов Н.А., Тихонович И.А. Эколого-генетические принципы селекции растений на повышение эффективности взаимодействия с микроорганизмами. *Сельскохозяйственная биология*. 2003. № 3. С. 11–25.
13. Гончарова Э.А. Стратегия диагностики и прогноза устойчивости сельскохозяйственных растений к погоднo-климатическим аномалиям. *Сельскохозяйственная биология*. 2011. №1. С. 24–31.
14. Бычкова О.В., Хлебова Л.П. Физиологическая оценка засухоустойчивости яровой твердой пшеницы. *Acta Biologica Sibirica*. 2015. 1 (1, 2). P. 107–116. <http://dx.doi.org/10.14258/abs.v1i1-2.853>
15. Орлюк А.П., Гончарова К.В. Адаптивный і продуктивний потенціал пшениці. Херсон: Айлант, 2002. 275 с.