

## МІНЛИВІСТЬ СИМБІОТИЧНИХ ОЗНАК У ГЕНОТИПІВ ЛЮЦЕРНИ

**Тищенко О.Д.** – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник  
<https://orcid.org/0000-0002-8095-9195>

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України  
**Тищенко А.В.** – кандидат сільськогосподарських наук  
<https://orcid.org/0000-0003-1918-6223>

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України  
**Пілярська О.О.** – кандидат сільськогосподарських наук  
<https://orcid.org/0000-0001-8649-0618>

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України  
**Куц Г.М.** – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник  
<https://orcid.org/0000-0003-0448-9432>

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

**Постановка проблеми.** Сучасне землеробство переважно базується на використанні сортів інтенсивного типу, вирощування яких вимагає великої кількості мінеральних азотних добрив. Але покриття потреби сільського господарства в дефіциті азоту завдяки виробництву мінеральних добрив нерациональне через великі енерговитрати на їх виробництво і негативний вплив на довкілля. Проте економічна й екологічна кризи, зниження якості продукції рослинництва, падіння природної родючості ґрунтів зумовлюють дедалі більшу увагу до біологічного землеробства, суть якого полягає у використанні потенційних можливостей природних екосистем, зокрема мікроорганізмів азотфіксаторів [1]. Важливу роль у збагаченні ґрунтів зв'язаним азотом відіграє процес біологічної фіксації молекулярного азоту ґрунтовими мікроорганізмами – азотфіксаторами. Найбільше практичне значення в цьому процесі виконують бульбочкові бактерії, які фіксують молекулярний азот у симбіозі з бобовими рослинами [2].

Тому ця ситуація підвищила конкурентні переваги бобових культур, основний пріоритет яких регулюються симбіотичними відносинами між бобовими культурами й азотфіксуючими бактеріями [3; 4]. Підвищення ефективності процесу біологічної азотфіксації, головним чином завдяки симбіотичній азотфіксації бобових культур, становить одне з важливих стратегічних завдань біологічної науки [5].

Саме максимальне використання можливостей мікробно-рослинного взаємозв'язку має утворити основу адаптивної, або «біологічної», взаємодії, основним принципом якої є оптимізація сільськогосподарського виробництва – як для задоволення потреб людини, так і для збереження та примноження природних ресурсів і поліпшення стану довкілля, відновлення ґрунтової родючості [6; 7; 8].

Насичення сівозміни культурами-азотфіксаторами до 20–30 % дає змогу зменшити внесення мінеральних азотних добрив на 25–30 %. Оскільки азот, що фіксується в бульбочках бобових рослин, набагато дешевший, ніж азотні добрива, великий інтерес становить визначення кількості азотних добрив, яку дає змогу заощадити симбіотична азотфіксація.

Економічний ефект симбіотичної азотфіксації становить 91–126 доларів залежно від виду рослин. З огляду на те, що кукурудза, яка вирощується в США на площі 32 млн га, може використовувати 25 кг фіксованого азоту бобовим попередником, нескладно підрахувати, що отримуваний при цьому економічний ефект становить 560 млн доларів на рік [9].

Тому посилюється інтерес до біологічного азоту, який здатні накопичувати багаторічні бобові трави. Серед багаторічних бобових трав найбільш поширеною є люцерна (*Medicago sativa* L.), азотфіксуючий потенціал якої оцінюють у 150–200 кг/га азоту, а, за деякими дослідженнями, за сприятливих умов – і близько 400 [10]. За продуктивністю симбіотичної азотфіксації розрізняються не тільки різні види бобових, але і сорти одного виду. Вони неоднакові як за ступенем утворення бульбочок, так і за кінцевою продуктивністю цього процесу.

Мета досліджень – провести оцінку селекційного матеріалу люцерни за інтенсивністю бульбочкоутворювального процесу, визначити кореляційні зв'язки з нітрогеназною активністю; виділити кращі генотипи для використання їх у практичній селекції.

**Матеріали та методика досліджень.** Дослідження проводили протягом 2014–2018 рр. (вегетаційний експеримент). У дослідження було залучено:

1) колекційні зразки, під час вивчення яких використовували ґрунт легкого механічного складу (ґрунт + пісок; 1:1). Висівали насіння люцерни в паперові стаканчики, після появи справжнього листка проріджували до однієї рослини. Об'єм вибірки становив 50 рослин, повторення двократне. У фазу бутонізації-початок цвітіння проводили аналіз рослин, враховуючи при цьому: кількість бульбочок, їхній фракційний склад, вагу бактероїдної маси, потужність кореневої системи;

2) під час використання піщаної культури (сівба у річковий пісок, збіднений на азот) висівали насіння доборів чотирьох сортів люцерни селекції Інституту зрошуваного землеробства НААН, що виділились за насіннєвою продуктивністю під час двох строків посіву: пізньолітнього та весняного, та сорти, гібридні популяції з високими показниками господарсько-цінних ознак. Насіння люцерни (100 штук, повторність двократна)

обробляли бульбочковими бактеріями стандартним штамом 4046. У контролі насіння замочували в холодній кип'яченій воді й висівали на окремій ділянці. Для забезпечення рослин фосфором вносили порошкоподібний суперфосфат (19 % д.р.) з розрахунку 0,5 г на 1 кг піску. Повний аналіз рослин проводили в другому укосі у фазі початку цвітіння з урахуванням кількості бульбочок, їхнього фракційного складу, потужності кореневої системи [11]. Нітрогеназну активність бульбочкових бактерій визначали на газовому хроматографі Chrom 5 за методикою Інституту сільськогосподарської мікробіології [12].

**Результати досліджень.** Під час проведення спеціальних досліджень нами встановлено факт сортових відмінностей за бульбочкоутворювальним процесом. Первинна оцінка зразків із колекції показала, що кількість сформованих бульбочок на рослині змінюється в широких межах. Тому за рівнем накопичення бульбочок зразки було поділено на три групи: перша, яка сформувала на рослині до 20 бульбочок, друга – 20–30, третя – понад 30 штук. Крім того, з урахуванням величини і форми бульбочок усю їхню різноманітність ми розділили на три групи. У першу внесли бульбочки розміром до 1 мм. Як правило, вони округлої форми та зазвичай світлого (білі або світло-жовті) кольору. Зосереджені вони переважно на кореневих волосках і тонких бічних коренях.

У другу групу ввійшли бульбочки розміром від 1 до 2 мм, округлої або яйцеподібної форми. Переважна їхня більшість має світле забарвлення. Трапляються бульбочки паличкоподібної або грушоподібної форми, зеленувато-рожевого або рожевого кольору. Розташовані вони на головному та бічних коренях другої або третього порядків, кореневих волосках.

Третя група – це бульбочки розміром, які більші за 2 мм, інтенсивно рожевого забарвлення. Вони можуть мати колоніальну, паличкоподібну або грушоподібну форми, у яких обсяг бактеріодної тканини найбільший. Розташовуються такі бульбочки переважно на головному або на бічних коренях, але ближче до головного кореня.

Дослідження показали широкий спектр мінливості накопичення бульбочок (від 37,5 до 83,2 %), який тільки підтверджує можливість проведення доборів окремих рослин із численною кількістю бульбочок.

Під час проведення відборів фракційний склад бульбочок значно змінюється в доборів порівняно з вихідними формами: підвищилася їхня кількість розміром більш як 1 мм. Отже, у відібраних біотипів у разі зниження загальної кількості бульбочок на одній рослині значно підвищується їхня середня і велика фракція. Якщо, наприклад, у вихідного зразка к. 39964 дрібних бульбочок 19 штук, а сума середніх і великих становила сім, то у кращих біотипів після другого циклу доборів:  $D_2$  (14) р. 1 і  $D_2$  (14) р. 2, відповідно: дрібних два, а середніх і великих – 19 і 15 штук.

Проте відомості за кількістю бульбочок дають нам приблизну картину про розмір симбіотичного апарату, оскільки генотипи відрізняються за розміром бульбочок, тому їх доцільно порівнювати ще за масою бульбочок.

Наші експериментальні дані показують зміну загальної маси бульбочок (бактеріодної тканини), зокрема, за фракціями. Як зазначалося вище, у кращих рослин формувалося більше середніх і великих бульбочок, відповідно, змінилася і їхня маса. Максимальне збільшення цього показника, до 64,5–69,0%, виявилося в доборів зразка к. 39098. Він становить інтерес для подальшої селекційної роботи.

На кореневій системі викопаних рослин у піщаній культурі бульбочки спостерігали як у контролі, так і на інокульованих рослинах. На контролі бульбочки відрізнялись меншим розміром і переважно білим забарвленням. Це свідчить про заселення кореневої системи рослин ризобіями місцевого походження (автохтонними). Така мікрофлора допомогла рослинам захити за майже повної відсутності доступного азоту. Аналіз бульбочкоутворювального процесу у рослин показав, що за кількістю сформованих бульбочок є різниця між інокульованими рослинами та без інокуляції. На кореневій системі першої групи рослин число бульбочок на 7,6–44,5 % утворилося більше щодо контролю. Крім того, вони відрізнялись за фракційним складом, підвищувалась кількість бульбочок розміром більш як 1 мм. Але сорти розрізнялись за кількістю сформованих бульбочок розміром більш як 1 мм із варіюванням від 19,3 до 82,9 %. Високими показниками (+71,1...+82,9 % порівняно з контролем) накопичення бульбочок характеризувався сорт Серафіма, тому його залучено до селекційного процесу.

Аналіз наших багаторічних досліджень люцерни в піщаній культурі за сортами, гібридними популяціями показав, що максимальну кількість бульбочок (37–39 шт./рослину) сформували: популяція РД-80 та сорт Унітро, добір № 3 – Spr. 2, добір № 5 – Ks.-2007 та у яких 81,2–99,4% бульбочок були розміром 1–2 мм та 22,7–27,3 % їх розташовано на головному корені. Тому вони становлять інтерес для подальшої селекції.

Наші дослідження показали, що інтенсивність бульбочкоутворювального процесу у рослин залежить від потужності кореневої системи. Зі збільшенням об'єму кореневої системи, як наслідок, формується більше бульбочок. Про це є також відомості у науковій літературі [13; 14]. Аналіз кореляційних зв'язків підтверджує високу залежність між потужністю кореневої системи та кількістю бульбочок, зокрема за фракціями. Наприклад, високої сили зв'язок ( $r = 0,833 \pm 0,07$ ) спостерігався між потужністю кореневої системи та загальною кількістю бульбочок. Суттєвого позитивного значення кореляція досягала між потужністю та числом бульбочок розміром 1–2 та більш як 2 мм ( $r = 0,918-0,830$ ) відповідно.

Для планування селекційного процесу в цьому напрямі необхідно знати про існування кореляційних зв'язків нітрагеназної активності з різними ознаками. Як свідчать результати аналізу, рівень нітрагеназної активності має сильний зв'язок із потужністю кореневої системи, загальною кількістю бульбочок у рослин люцерни, зокрема за фракціями 1–2 мм та > 2 мм (табл. 1).

**Таблиця 1 – Зв'язок між нітрагеназною активністю та потужністю кореневої системи й кількістю бульбочок у люцерни**

Ознаки	Коефіцієнти кореляції ( $r \pm s_r$ )
Потужність кореневої системи	0,893 $\pm$ 0,006
Загальна кількість бульбочок	0,751 $\pm$ 0,014
За фракціями: до 1 мм	-0,175 $\pm$ 0,030
1–2 мм	0,908 $\pm$ 0,006
> 2 мм	0,784 $\pm$ 0,012

Примітка: коефіцієнти кореляції істотні на 5 %-му рівні

Дані таблиці 1 показують, що виняток становить кількість бульбочок розміром до 1 мм, зв'язок з якими є дуже слабкий і негативний, тобто вони відіграють незначну, але від'ємну роль у рівні нітрагеназної активності. Встановлені коефіцієнти кореляції дають змогу вважати, що потужність кореневої системи є визначальною в селекційній роботі на підвищення азотфіксувального потенціалу.

Отже, рівень азотфіксувальної активності на 33,6–98,0 % залежить від кількісного складу бульбочок розміром більш як 1 мм. Такі морфологічні ознаки бульбочкоутворювального процесу, як загальна кількість бульбочок розміром більш як 1 мм, їхнє 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 азотфіксації. Тому на перших етапах селекційного процесу ми вважаємо за необхідне використовувати в практичній селекції оцінку сортів за загальною кількістю бульбочок, їхнім фракційним складом.

**Висновки.** За рівнем накопичення бульбочок зразки поділено на три групи. Широкий спектр мінливості накопичення бульбочок  $V = 37,5\text{--}83,2\%$  підтверджує можливість проведення доборів деяких рослин із численною кількістю бульбочок. У відібраних біотипів під час зниження загальної кількості бульбочок на одній рослині значно підвищується їхня середня і велика фракція. Під час характеристики розміру симбіотичного апарату доцільно враховувати не тільки кількість, а ще й масу бульбочок. Інокульовані рослини утворюють на кореневій системі на 7,6–44,5 % бульбочок більше щодо контролю. Інтенсивність бульбочкоутворювального процесу у рослин залежить від потужності кореневої системи. Зі збільшенням об'єму кореневої системи, як наслідок, формується більше бульбочок. Високої сили кореляційний зв'язок спостерігався між потужністю кореневої системи та загальною кількістю бульбочок, кількістю бульбочок розміром 1–2 та більш як 2 мм ( $r = 0,833; 0,918; 0,830$ ). Високі коефіцієнти кореляції зазначались між рівнем нітрагеназної активності та потужністю кореневої системи, загальною кількістю бульбочок у рослин люцерни, зокрема за фракціями, 1–2 мм та >2-х мм ( $r = 0,893; 0,751; 0,908; 0,784$ ) відповідно.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Сытников Д.М. Биотехнология микроорганизмов азотфиксаторов и перспективы применения на их основе. *Биотехнология*. 2012. Т. 5. № 4. С. 43–46.
- Моргун В.В., Коць С.Я. Роль біологічного азоту в азотному живленні рослин. *Вісник НАН України*. 2018. № 1. С. 62–73. DOI: <https://doi.org/10.15407/vsn2018.01.062>.
- Dugald E. Reid, Brett J. Ferguson, Satomi Hayashi, Yu-Hsiang Lin and Peter M. Gresshoff. Molecular mechanisms controlling legume autoregulation of nodulation *Annals of Botany*. 2011. Vol. 108. No. 5. P. 789–795. URL: <https://www.jstor.org/stable/43578603>.
- Глянько А.К., Ищенко А.А., Филинова Н.В. Бобово-ризобіальний симбіоз: некоторые современные знания. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія «Біологія»*. 2017. Вип. 3 (42). С. 6–22.
- Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия. Москва : Издательство «Наука», 1972. 343 с.
- Тихонович И.А., Проворов Н.А. Сельскохозяйственная биология как основа устойчивого агропроизводства: фундаментальные и прикладные аспекты. *Сельскохозяйственная биология*. 2011. № 3. С. 3–9.
- 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.
- 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 Міжнар. наук. конф., м. Одеса. 23–26 червня 2014 р. Одеса, 2014. С. 241–243.
- The Rhizobiaceae. *Molecular Biology of Model Plant-Associated Bacteria* / H.P. Spaink, A. Kondorosi, P. Hooykaas (Eds). Dordrecht : Springer. 566 p. DOI: 10.1007/978-94-011-5060-6.
- Дидович С.В. Координирование селекции люцерны и клубеньковых бактерий на повышение эффективности симбиотической азотфиксации. *Агроекологічний журнал*. 2003. № 2. С. 43–46
- Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях / за ред. Р.А. Вожегової. Херсон, 2014. 285 с.
- Методические рекомендации для курсов повышения квалификации научных сотрудников по сельскохозяйственной микробиологии / под. ред. Л.М. Доросинского. Ленинград, 1981. С. 11.
- Колісник А.В., Колісник І.В., Федосієнко Д.В., Коваль Р.І. Економіко-технологічні аспекти біологічної азотфіксації в екологічному рослинництві. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2005. Вип. 15.6. С. 488–491.
- Pereira P.A., Miranda B.D., Attewell J.R. et al. Selection for increased nodule number in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant and Soil*. 1993. Vol. 148. Isss. 2. P. 203–209. DOI: 10.1007/BF00012858.



## REFERENCES:

1. Sytnikov, D.M. (2012). Biotekhnologiya mikroorganizmiv azotfiksatoriv i perspektivy primeneniya na ikh osnove [Biotechnology of nitrogen-fixing microorganisms and prospects for their application]. *Biotekhnologiya – Biotechnology*, 5, 4, 43-46 [in Russian].
  2. Morhun, V.V., & Kots', S.Ya. (2018). Rol' biologichnoho azotu v azotnomu zhyvlenni roslyn [The role of biological nitrogen in nitrogen nutrition of plants]. *Visnyk NAN Ukrainy – Bulletin of the NAS of Ukraine*, 1, 62-73. DOI: <https://doi.org/10.15407/vsn2018.01.062> [in Ukrainian].
  3. Dugald E. Reid, Brett J. Ferguson, Satomi Hayashi, Yu-Hsiang Lin and Peter M. Gresshoff. (2011). Molecular mechanisms controlling legume autoregulation of nodulation. *Annals of Botany*, 108, 5, 789-795 [in English].
  4. Glyan'ko, A.K., Ishchenko, A.A., & Filinova, N.V. (2017). Bobovo-rizobial'nyy simbioz: nekotoryye sovremennyye znaniya [Legume-rhizobial symbiosis: some modern knowledge]. *Visnyk Kharkivs'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu. Seriya Biologiya – Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Biology series*, 3 (42), 6-22 [in Russian].
  5. Mishustin, Ye.N. (1972). *Mikroorganizmy i produktivnost' zemledeliya [Microorganisms and agricultural productivity]*. Moskva : Nauka, 343 [in Russian].
  6. Tikhonovich, I.A., & Provorov, N.A. (2011). Sel'skokhozyaystvennaya biologiya, kak osnova ustoychivogo agropromyshlennosti: Fundamental'nyye i prikladnyye aspekty [Agricultural biology as the basis for sustainable agricultural production: Fundamental and applied aspects]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya – Agricultural Biology*, 3, 3–9 [in Russian].
  7. Tolkachev, N.Z. (2002). Biotekhnologicheskiye aspekty koordinirovannoy selektsii kluben'kovykh bakteriy i bobovykh rasteniy [Biotechnological aspects of coordinated selection of nodule bacteria and leguminous plants]. *Mikrobiologiya i biotekhnologiya KHKHÍ stoletiya : materialy Mezhdunarodnoy konferentsii (g. Minsk, 22–24 maya 2002 r.) – Microbiology and Biotechnology of the 21st Century: Materials of the International Conference (Minsk, May 22–24, 2002)*. Minsk, 152–153 [in Russian].
  8. Dydovych, S.V. (2014). Koordinovana selektsiya Mesorhizobium cicuri i *Cicer arietinum* L. na pidvyshchennya azotfisksuval'noho potentsialu symbiotichnoyi systemy [Coordinated selection of Mesorhizobium cicuri and *Cicer arietinum* L. to increase the nitrogen-fixing potential of the symbiotic system]. *Selektsiya ta henetyka bobovykh kul'tur: suchasni aspekty ta perspektyvy : tezy Mizhnar. nauk. konf. (m. Odesa. 23–26 chervnya 2014 r.) – Selection and genetics of legumes: modern aspects and prospects: thesis International Science conf. (Odessa, June 23-26, 2014)*. Odesa, 241–243 [in Ukrainian].
  9. Spaink, H.P., Kondorosi, A., & Hooykaas, P. (Eds). *The Rhizobiaceae. Molecular Biology of Model Plant-Associated Bacteria*. Dordrecht: Springer, 566 DOI: 10.1007/978-94-011-5060-6 [in English].
  10. Didovich, S.V. (2003). Koordinirovaniye selektsii lyutserny i kluben'kovykh bakteriy na povysheniye effektivnosti simbioticheskoy azotfiksatsii [Coordination of selection of alfalfa and nodule bacteria to increase the efficiency of symbiotic nitrogen fixation]. *Ahroekologichnyy zhurnal – Agroecological journal*, 2, 43–46 [in Russian].
  11. Vozhehova, R.A. (ed). (2014). *Metodyka pol'ovyykh i laboratornykh doslidzhen' na zroshuvanykh zemlyakh [Methods of field and laboratory research on irrigated lands]*. Kherson, 285 [in Ukrainian].
  12. Dorosinskogo, L.M. (ed.) (1981). *Metodicheskiye rekomendatsii dlya kursov povysheniya kvalifikatsii nauchnykh sotrudnikov po sel'skokhozyaystvennoy mikrobiologii [Guidelines for advanced training courses for researchers in agricultural microbiology]*. Leningrad, 11 [in Russian].
  13. Kolisnyk, A.V., Kolisnyk, I.V., Fedosiienko, D.V., & Koval', R.I. (2005). Ekonomiko-tekhnologichni aspekty biologichnoyi azotfiksatsiyi v ekolohichnomu roslinnytstvi [Economic and technological aspects of biological nitrogen fixation in ecological crop production]. *Nauk. visn. NLTU Ukrainy – Science. spring NLTU of Ukraine*, 15-16, 488–491 [in Ukrainian].
  14. Pereira, P.A., Miranda, B.D., & Attewell, J.R. et al. (1993). Selection for increased nodule number in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant and Soil*, 148, 2, 203–209. DOI: 10.1007/BF00012858 [in English].
- Тищенко О.Д., Тищенко А.В., Пілярська О.О., Куц Г.М. Мінливість симбіотичних ознак у генотипів люцерни**
- Мета.** Оцінити селекційний матеріал люцерни за інтенсивністю бульбочкоутворювального процесу, визначити кореляційні зв'язки з нітрогеназною активністю; виділити кращі генотипи для використання їх у практичній селекції. **Методи.** Вегетаційний, статистичний. **Результати.** Проведено аналіз зразків, популяцій люцерни за кількістю сформованих бульбочок та їхнім фракційним складом. Встановлено широкий спектр мінливості накопичення бульбочок. У доборів, порівняно з вихідними формами: підвищилася їхня кількість розміром більш як 1 мм (середня і велика фракція) та бактероїдна маса. В інокульованих рослин на 7,6–44,5 % утворюється більше бульбочок щодо контролю. Сорти розрізнялись за кількістю сформованих бульбочок розміром більш як 1 мм з варіюванням від 19,3 до 82,9 %. Розміщення бульбочок на кореневій системі має свої особливості. Інтерес для подальшої селекції становлять популяції: Унітро, добір № 3 – Spr. 2, добір № 5 – Ks. – 2007, в яких рослини формували 81,2–99,4% бульбочок розміром 1–2 мм та 22,7–27,3 % їх розташовано на головному корені. Інтенсивність бульбочкоутворювального процесу у рослин визначається ступенем розвитку кореневої системи, від її потужності. Зі збільшенням об'єму кореневої системи формується більше бульбочок. Рівень нітрагеназної активності залежить від потужності кореневої системи, загальної кількості бульбочок у рослин люцерни, зокрема за фракціями 1–2 мм та > 2 мм. **Висновки.** Встановлено, що розмір симбіотичного апарату визначається не тільки кількістю накопичених бульбочок, а їхнім фракційним складом і масою. Інтенсивність бульбочкоутворювального процесу у рослин залежить від потужності кореневої системи. Зі збільшенням обсягу кореневої системи, як наслідок, формується більше бульбочок. Високі коефі-

цієнти кореляції встановлено між рівнем нітрагеназної активності та потужністю кореневої системи, загальною кількістю бульбочок у рослин люцерни, зокрема за фракціями 1–2 мм та > 2 мм ( $r = 0,893; 0,751; 0,908; 0,784$ ) відповідно.

**Ключові слова:** люцерна, бульбочкоутворення, мінливість, фракція, добір, кількість, кореляція, нітрогеназна активність.

**Tishchenko O.D., Tishchenko A.V., Piliarska O.O., Kuts G.M. Variability of symbiotic characters in alfalfa genotypes**

**Purpose.** Conduct an assessment of the selection material of alfalfa by the intensity of the nodule-forming process, determine the correlation with nitrogenase activity. Identify the best genotypes for use in practical breeding. **Methods.** Vegetational, statistical. **Results.** The samples, the populations of alfalfa by the number of nodules formed and their size were analyzed. The variation in the number of nodules on the plant was established. In selections, in comparison with the initial forms, their amount increases in size larger than 1 mm (medium and large fraction) and the bacterial mass increases. At inoculated plants on 7.6–44.5 % more nodules are formed, in relation to the control. Varieties differ in the number of nodules formed more than 1 mm with

a variation from 19.3 to 82.9 %. The placement of nodules on the root system has its own characteristics. Interest for further selection is represented by populations: Unitro, Selection № 3 – Spr. 2, Selection № 5 Ks. – 2007, their plants formed 81.2–99.4 % of nodules with a size of 1–2 mm and 22.7–27.3 % of them were located on the main root. The intensity of the nodule-forming process is determined by the degree of development of the root system, its capacity. With the increase in the power of the root system, more nodules are formed on them. The level of nitrogenase activity depends on the developmental capacity of the root system, the total number of nodules on alfalfa plants and in sizes of 1–2 mm and > 2 mm. **Conclusions.** It is established that the size of the symbiotic apparatus depends not only on the number of nodules on the plant, but its mass. The intensity of the nodule-forming process is determined by the capacity of the root system. With the increase in the volume of the root system, as a result, more nodules are formed. High correlation coefficients are established between the level of nitrogenase activity and the thickness of the root system, the total number of nodules in alfalfa plants, including fractions 1–2 mm, > 2 mm.

**Key words:** alfalfa, nodulation, selection, variability, fraction, amount, correlation, nitrogenase activity.