

Характеристика симбіотичних ознак у генотипів люцерни (*Medicago L.*) та їх мінливість

Р. А. Вожегова*, О. Д. Тищенко, А. В. Тищенко

Інститут зрошуваного землеробства НААН України, смт Наддніпрянське, м. Херсон, 73483, Україна,
*e-mail: izz.ua@ukr.net

Мета. Оцінити селекційний матеріал люцерни за інтенсивністю бульбочкоутворювального процесу, визначити кореляційні зв'язки з нітрогеназною активністю, а також виділити кращі генотипи для використання їх у практичній селекції. **Методи.** Вегетаційний, статистичний. **Результати.** Проведено аналіз зразків, популяції люцерни за кількістю сформованих бульбочок та їх фракційним складом. Встановлено широкий спектр мінливості накопичення бульбочок на рослині. У доборів, порівняно з вихідними формами, збільшилася кількість бульбочок розміром більше 1 мм (середня і велика фракція) та бактероїдна маса. З інокульованих рослин на 7,6–44,5% утворюється більше бульбочок порівняно з контролем. Сорти різнилися за кількістю сформованих бульбочок розміром більше 1 мм з варіюванням від 19,3 до 82,9%. Розміщення бульбочок на кореневій системі мало певні особливості. Для подальшої селекції становлять інтерес 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 в рослин визначається ступенем розвитку кореневої системи та 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 по фракціях 1–2 мм та > 2 мм. **Висновки.** Встановлено, що розмір симбіотичного апарату визначається кількістю бульбочок, їх фракційним складом та масою. Інтенсивність бульбочкоутворювального процесу в рослин залежить від потужності кореневої системи. Зі збільшенням її об'єму формується й більше бульбочок. Високі коефіцієнти кореляції встановлено між рівнем нітрагеназної активності та потужністю кореневої системи, загальною кількістю бульбочок у рослин люцерни, в т. ч. по фракціях 1–2 мм та > 2 мм.

Ключові слова: люцерна, бульбочкоутворення, маса бактероїдної тканини, добір.

Вступ

Стале землеробство визначають як систему, що забезпечує високу ефективність використання й економію природних ресурсів за збереження довкілля. Тому 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 з ґрунтовими мікроорганізмами [1]. Саме максимальне використання можливостей мікробно-рослинно-

го взаємозв'язку має становити основу адаптивної, або «біологічної», взаємодії, провідним принципом якої є оптимізація сільськогосподарського виробництва як для задоволення потреб людини, так і для збереження й примноження природних ресурсів та поліпшення стану довкілля [1, 2]. Використання чистих джерел «біологічного азоту» здебільшого екологічно виправдане. Вирощування рослин, що забезпечують накопичення «біологічного азоту», знижує потребу в азотних добривах і поліпшує родючість ґрунту [3]. У зв'язку з цим широке використання біологічного азоту набуває дедалі більшої важливості та є одним з основних ланцюжків екологізації сільськогосподарського виробництва, що дає змогу отримувати високі та сталі врожаї, забезпечуючи відтворення родючості ґрунтів [4]. Тому посилюється інтерес до біологічного азоту, який здатні накопичувати багаторічні бобові тра-

Raisa Vozhegova
<http://orcid.org/0000-0002-3895-5633>

Helen Tischenko
<http://orcid.org/0000-0002-8095-9195>

Andrey Tischenko
<http://orcid.org/0000-0001-5971-8349>

ви. Серед останніх найбільш поширеною є люцерна (*Medicago sativa* L.), азотфіксувальний потенціал якої оцінюють у 150–200 кг/га азоту, а за деякими дослідженнями, за сприятливих умов – близько 400 [5]. Люцерна, безперечно, є активним накопичувачем азоту в ґрунті з наростанням цього процесу на другому році вирощування культури. Але рівень його накопичення залежить від сорту, а саме від сортових особливостей розташування й розвитку кореневої системи рослин [6]. Про розміри симбіотичного апарату бобових рослин можна судити, насамперед, за кількістю та масою бульбочок. Саме від цих показників залежать активність симбіотичного потенціалу та розміри азотфіксації. Проте сорти різняться за ступенем утворення бульбочок і кінцевою продуктивністю цього процесу [7, 8]. Більшість видів бобових культур показують високу мінливість за ознаками, пов'язаними з симбіотичною азотфіксацією (кількість і маса бульбочок, відсоток азоту, засвоєного з атмосфери, господарська специфічність, активність ферментів) [2]. У квасолі, наприклад, у результаті двох-трьох циклів рекурентного добору отримано форми, що перевищують за кількістю бульбочок вихідні сорти більш ніж удвічі. При цьому загальна маса бульбочок підвищувалася тільки на 60%, а маса однієї знижувалася на 14–30% [9]. Аналогічні результати отримано під час масового добору на підвищену інтенсивність утворення бульбочок у нуту та квасолі [10]. У конюшини підземної (*Trifolium subterraneum*) добір на підвищення кількості бульбочок супроводжувався зменшенням їх розмірів, у результаті загальний обсяг бульбочок не змінювався [11]. У люцерни індикаторами рівня азотфіксації слугують забарвлення, розмір і маса корневих бульбочок, а також показник відновлення ацетилену [12]. Хоча це не завжди підтверджується даними, оприлюдненими дослідниками [13].

Мета досліджень – оцінити селекційний матеріал люцерни за інтенсивністю бульбочкоутворювального процесу, визначити кореляційні зв'язки з нітрогеназною активністю, а також виділити кращі генотипи для використання їх у практичній селекції.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили протягом 2011–2015 рр. (вегетаційний експеримент). Були залучені:

1) колекційні зразки, при вивченні яких використовували ґрунт легкого механічного складу (ґрунт + пісок; 1:1). Висівали насіння

люцерни у паперові стаканчики, після появи справжнього листка проріджували до однієї рослини. Об'єм вибірки становив 50 рослин, повторення – двократне. Рослини аналізували у фазі бутонізації–початок цвітіння, враховуючи при цьому кількість бульбочок, їх фракційний склад, вагу бактероїдної маси та потужність кореневої системи;

2) у разі використання піщаної культури (річковий пісок, збіднений на азот) висівали насіння доборів чотирьох сортів люцерни селекції Інституту зрошуваного землеробства НААН, які було виділено за насінневою продуктивністю за двох строків сівби: пізньолітньому та весняному, та сорти, гібридні популяції з високими господарсько цінними ознаками. Насіння люцерни (100 шт., 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, їх фракційного складу, потужності кореневої системи [14]. Нітрогеназну активність бульбочкових бактерій визначали на газовому хроматографі Chrom 5 за методикою Інституту сільськогосподарської мікробіології [15].

Результати досліджень

Під час проведення спеціальних досліджень встановлено факт сортових відмінностей за бульбочкоутворювальним процесом. Первинна оцінка зразків з колекції засвідчила, що кількість сформованих бульбочок на рослині змінюється у широких межах. Тому за рівнем накопичення бульбочок зразки поділили на три групи: перша, яка сформувала на рослині до 20 бульбочок, друга – 20–30, третя – більше 30 шт. Крім того, з урахуванням величини і форми бульбочок, їх теж поділили на три групи. У першу включили бульбочки розміром до 1 мм. Зазвичай вони округлої форми, світлого (білого або світло-жовтого) кольору. Переважно вони розміщувалися на корневих волосках і тонких бічних коренях.

Другу групу сформували бульбочки розміром від 1 до 2 мм, округлої або яйцеподібної форми. Переважна їх більшість має світле забарвлення. Трапляються бульбочки паличко- або грушоподібної форми, зеленувато-рожевого або рожевого кольору. Розташовані вони на головному та бічних коренях друго-

го або третього порядків, кореневих волосках.

Третя група – це бульбочки розміром більше 2 мм, інтенсивно рожевого забарвлення. Вони можуть мати колоніальну, паличко-або грушоподібну форму, у яких обсяг бактероїдної тканини найбільший. Розташовуються такі бульбочки переважно на головному або на бічних коренях, але все ж ближче до головного кореня.

Дослідження засвідчили широкий спектр мінливості накопичення бульбочок (від 37,5 до 83,2%), що підтверджує можливість проведення доборів окремих рослин з великою кількістю бульбочок (табл. 1).

Таблиця 1

Фракційний склад бульбочок у вихідних зразків та їх доборів після двох циклів (2011, 2014 рр.)

Зразок	Форма селекційного матеріалу	Бульбочок, шт./роsl.			
		всього	у т.ч. за їх розміром		
			до 1 мм	1–2 мм	2–3 мм
К. 39964	вихідна	26	19	5	2
D ₂ (14) p.1	добір	21	2	8	11
D ₂ (14) p.3	добір	17	2	6	9
К. 39959	вихідна	18	14	4	0
D ₂ (15) p.1	добір	14	2	5	7
К. 42250	вихідна	17	17	0	0
D ₂ (12) p.1	добір	13	5	6	2
D ₂ (12) p.2	добір	16	8	5	3
D ₂ (12) p.3	добір	14	4	8	2
К. 39933	вихідна	26	17	7	2
D ₂ (8) p.1	добір	26	10	13	3
D ₂ (8) p.2	добір	18	3	10	5
D ₂ (8) p.3	добір	19	6	3	10
D ₂ (8) p.4	добір	25	5	14	6

Наведені дані свідчать, що фракційний склад бульбочок значно змінився у доборів порівняно з вихідними формами: збільшилася їх кількість розміром понад 1 мм. Таким чином, у відібраних біотипів, у разі зниження загальної кількості бульбочок на одній рослині, значно підвищується їх середня і велика фракція. Якщо у вихідного зразка 'К. 39964' дрібних бульбочок налічувалося 19 шт., а сума середніх і великих дорівнювала семи, то у кращих біотипів 'D₂ (14) p.1' і 'D₂ (14) p.2' відповідно: дрібних – дві, а середніх і великих – 19 і 15 шт.

Проте дані про кількість бульбочок дають приблизне уявлення про розмір симбіотичного апарату, оскільки генотипи різняться за розміром бульбочок, тому їх доцільно порівнювати ще й за масою.

Експериментальні дані засвідчують зміну загальної маси бульбочок (бактероїдної тканини), зокрема за фракціями (табл. 2).

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%, виявлено у доборів зразка 'К. 39098'. Отже, він становить інтерес для подальшої селекційної роботи.

На кореневій системі викопаних рослин у піщаній культурі бульбочки спостерігали як на контролі, так і на інокульованих рослинах. На контролі бульбочки були меншого розміру та переважно білого забарвлення. Це свідчить про заселення кореневої системи рослин ризобіями місцевого походження (автохтонними). Така мікрофлора допомогла рослинам вижити за майже повної відсутності доступного азоту. Аналіз бульбочкоутворювального процесу у рослин засвідчив різну кількість сформованих бульбочок в інокульованих рослинах та без інокуляції. На кореневій системі першої групи рослин утворилося бульбочок на 7,6–44,5% більше порівняно з контролем (табл. 3).

Крім того, вони відрізнялися за фракційним складом, збільшувалась кількість бульбочок розміром понад 1 мм. Але сорти розрізнялись за кількістю сформованих бульбочок розміром більше 1 мм з варіюванням від 19,3 до 82,9%. Високі показники накопичення бульбочок (+71,1...+82,9% порівняно з контролем) зафіксовано у сорту 'Серафіма', тому його залучено до селекційного процесу.

Аналіз багаторічних досліджень люцерни у піщаній культурі по сортах, гібридних популяціях показав, що максимальну кількість бульбочок (37–39 шт./роsl.) сформували популяція 'Різнокольорова Д-80' та сорт 'Унітро' (табл. 4).

Привертає увагу розміщення бульбочок на кореневій системі. Популяція 'Spredor 2 / Прогрес' взагалі їх не сформувала на головному корені й основна їх кількість (83,3%) – дрібні. Інтерес для подальшої селекції становлять популяції 'Унітро', 'Добір № 3', 'Добір № 5 – Кs.-2007', в яких рослини формували 81,2–99,4% бульбочок розміром 1–2 мм та 22,7–27,3% їх розташовано на головному корені. Популяції 'Прогрес / Флора-2', 'Флора-2 / Надєжда' мали на рослині 73,6–75,0% бульбочок більше 2 мм та на головному корені – 33,3%.

Дослідження засвідчили, що інтенсивність бульбочкоутворювального процесу в рослин залежить від потужності кореневої системи. Зі збільшенням об'єму кореневої системи формується більше бульбочок, що зазнача-

Таблиця 2

Сумарне і фракційне накопичення бактероїдної тканини на одній рослині люцерни (2011, 2014 рр.)

Зразок	Форма селекційного матеріалу	Маса бульбочок, мг				Збільшення маси бульбочок, %*
		загальна	у т.ч. за їх розміром			
			до 1 мм	1–2 мм	2–3 мм	
К. 39964	вихідна	62,5	34,2	17,5	10,8	–
D ₂ (14) р.1	добір	91,0	3,6	28,0	59,4	45,6
D ₂ (14) р.3	добір	73,2	3,6	21,0	48,6	17,1
К. 39959	вихідна	39,2	25,2	14,0	0,0	–
D ₂ (15) р.1	добір	58,9	3,6	17,5	37,8	50,3
К. 42250	вихідна	30,6	30,6	0,0	0,0	–
D ₂ (12) р.1	добір	40,8	9,0	21,0	10,8	33,3
D ₂ (12) р.2	добір	48,1	14,4	17,5	16,2	57,2
D ₂ (12) р.3	добір	46,0	7,2	28,0	10,8	50,3
К. 39933	вихідна	65,9	30,6	24,5	10,8	–
D ₂ (8) р.1	добір	79,7	18,0	45,5	16,2	20,9
D ₂ (8) р.2	добір	67,4	5,4	35,0	27,0	2,30
D ₂ (8) р.3	добір	75,3	10,8	10,5	54,0	14,3
D ₂ (8) р.4	добір	90,4	9,0	49,0	32,4	37,2
К. 39098	вихідна	67,8	36,0	21,0	10,8	–
D ₂ (4) р.1	добір	111,5	7,2	66,5	37,8	64,5
D ₂ (4) р.2	добір	115,0	7,2	70,0	37,8	69,6
D ₂ (4) р.4	добір	71,2	10,8	28,0	32,4	5,60

*Збільшення маси бульбочок порівняно з вихідною формою.

Таблиця 3

Накопичення бульбочок у сортів люцерни (піщана культура, середнє за 2010, 2011, 2015 рр.)

Сорт	Кількість бульбочок, шт./росл.				Збільшення бульбочок > 1 мм порівняно з контролем, %
	загальна	у т.ч. за фракціями			
		до 1 мм	1–2 мм	> 2 мм	
Наdejда, к.	18,5	9,1	4,6	4,8	–
Наdejда, п.п.	19,9	8,4	5,5	6,0	+22,3
Наdejда, в.п.	22,2	8,6	7,2	6,4	+18,3
Херсонська 9, к.	17,6	8,4	4,1	5,1	–
Херсонська 9, п.п.	19,7	7,6	6,5	5,6	+31,5
Херсонська 9, в.п.	23,0	8,6	6,9	7,5	+56,5
Серафіма, к.	14,6	7,0	3,6	4,0	–
Серафіма, п.п.	21,1	7,2	7,1	6,8	+82,9
Серафіма, в.п.	20,8	7,8	6,7	6,3	+71,1

Примітка. к – контроль, без інокуляції; п.п. – добір за пізньолітньої сівби; в.п. – добір за весняної сівби.

ється в друкованих джерелах [6, 9]. Аналіз кореляційних зв'язків підтверджує високу залежність між потужністю кореневої системи та кількістю бульбочок, у т.ч. і за фракціями. Зокрема, високої сили зв'язок ($r = 0,833 \pm 0,07$) спостерігався між потужністю кореневої системи та загальною кількістю бульбочок. Виявлено суттєве позитивне значення кореляції між потужністю та кількістю бульбочок розміром 1–2 та більше 2 мм ($r = 0,918 - 0,830$) відповідно.

Для планування селекційного процесу в цьому напрямі необхідно враховувати існування кореляційних зв'язків нітрагеназної активності з різними ознаками. Як свідчать

результати аналізу, рівень нітрагеназної активності має сильний зв'язок з потужністю кореневої системи, загальною кількістю бульбочок у рослин люцерни, зокрема по фракціях 1–2 мм та > 2 мм (табл. 5).

Згідно з даними таблиці 5, виняток становить кількість бульбочок розміром до 1 мм, зв'язок з якими дуже слабкий і негативний, тобто вони відіграють незначну, але від'ємну роль у рівні нітрагеназної активності. Розраховані коефіцієнти кореляції дають підстави вважати, що потужність кореневої системи є визначальним чинником у селекційній роботі на підвищення азотфіксувального потенціалу.

Таблиця 4

**Накопичення бульбочок у сортів люцерни
(піщана культура, середнє за 2010, 2011, 2015 рр.)**

Популяції	Сформувалося бульбочок					lim, шт./росл.
	загальна, кількість шт./росл.	у т.ч. по фракціях, %			розташовано на головному корені	
		до 1 мм	1–2 мм	≥ 2 мм		
Прогрес / Флора-2 F ₄	30	25,0	33,3	41,7	33,3	5–61
Різнокольорова Д-80	39	26,4	36,8	36,8	21,0	11–54
Флора-2 / Надежда F ₄	32	25,0	33,3	41,7	33,3	5–37
Унітро	37	18,8	54,5	26,7	22,7	7–50
Добір № 3 – Spr. 2	35	13,3	60,0	26,7	26,7	13–59
Добір № 5 – Ks.-2007	26	0,60	72,1	27,3	27,3	8–32
Spredor 2 / Прогрес F ₄	26	83,3	16,7	0,0	0,0	2–53
П/1987	39	54,2	37,5	8,3	8,3	9–46
Надежда, st	35	44,0	45,2	10,8	10,8	8–60

Таблиця 5

**Зв'язок між нітрагеназною активністю та потужністю кореневої системи
і кількістю бульбочок у люцерни (2010, 2011, 2015 рр.)**

Ознаки	Коефіцієнти кореляції (r±s)
Потужність кореневої системи	0,893±0,006
Загальна кількість бульбочок	0,751±0,014
По фракціях: до 1 мм	-0,175±0,030
1–2 мм	0,908±0,006
> 2 мм	0,784±0,012

Примітка. Коефіцієнти кореляції істотні на 5%-му рівні.

Таким чином, рівень азотфіксувальної 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 із застосуванням цих ознак має велике значення для первинної оцінки на першому етапі селекційного процесу й може бути використана для негативного добору – вибракування рослин із низьким рівнем азотфіксації. Тому на перших етапах селекційного процесу варто здійснювати оцінку сортів за загальною кількістю бульбочок, їх фракційним складом, забарвленням і розташуванням на кореневій системі, тобто за розміром симбіотичного апарату.

Висновки

За рівнем накопичення бульбочок досліджувані зразки поділено на три групи. Широкий спектр мінливості накопичення бульбочок $V = 37,5–83,2\%$ підтверджує можливість проведення доборів деяких рослин з великою кількістю бульбочок. У разі зниження загальної кількості бульбочок на одній рослині у відібраних біотипів значно підвищується їх середня і велика фракція. Під

час характеристики розміру симбіотичного апарату доцільно враховувати не тільки кількість, але і масу бульбочок. Інокульовані рослини утворюють на кореневій системі на 7,6–44,5% бульбочок більше порівняно з контролем. Сорти люцерни різняться за характером розміщення бульбочок на кореневій системі. Для подальшої селекції інтерес 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. Популяції 'Прогрес / Флора-2', 'Флора-2 / Надежда' мали на рослині 73,6–75,0% бульбочок більше 2 мм і на головному корені їх було 33,3%. Інтенсивність бульбочкоутворювального процесу в рослин залежить від потужності кореневої системи. Зі збільшенням її об'єму формується більше бульбочок. Значної сили кореляційний зв'язок спостерігався між потужністю кореневої системи та загальною кількістю бульбочок, кількістю бульбочок розміром 1–2 та більше 2 мм ($r = 0,833; 0,918; 0,830$). Високі коефіцієнти кореляції виявлено між рівнем нітрагеназної активності та потужністю кореневої системи, загальною кількістю бульбочок у рослин люцерни, в т.ч. по фракціях 1–2 мм та > 2 мм ($r = 0,893; 0,751; 0,908; 0,784$ відповідно).

Використана література

1. 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 г.). Минск, 2002. С. 152–153.
2. Дидович С. В. Координована селекція *Mesorhizobium cicuri* 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.
3. The Rhizobiaceae. *Molecular Biology of Model Plant-Associated Bacteria* / H. P. Spaink, A. Kondorosi, P. Hooykaas (eds). Dordrecht : Springer, 1998. 566 p. doi: 10.1007/978-94-011-5060-6
4. Тихонович И. А., Проворов Н. А. Сельскохозяйственная биология, как основа устойчивого агропроизводства: Фундаментальные и прикладные аспекты. *Сельскохозяйственная биология*. 2011. № 3. С. 3–9.
5. Дидович С. В. Координирование селекции люцерны и клубеньковых бактерий на повышение эффективности симбиотической азотфиксации. *Агроэкологічний журнал*. 2003. № 2. С. 43–46.
6. Колісник А. В., Колісник І. В., Федосієнко Д. В., Коваль Р. І. Економіко-технологічні аспекти біологічної азотфіксації в екологічному рослинництві. *Наук. вісн. НЛТУ України*. 2005. Вип. 15.6. С. 488–491.
7. Проворов Н. А., Федоров С. Н., Волошин М. И. Генетическая изменчивость бобовых растений по активности симбиоза с клубеньковыми бактериями. *Сборник научных трудов по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1988. Т. 120. С. 19–23.
8. Доев Д. Н. Оценка биоресурсного потенциала люцерны (*Medicago varia* Mart.) при использовании местных штаммов клубеньковых бактерий рода *Sinorhizobium* в условиях вертикальной зональности РСО-Алания : дис. ... канд. биол. наук : спец. 03.02.14 «Биологические ресурсы» / Горский ГАУ. Владикавказ, 2017. 172 с.
9. 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, Iss. 2. P. 203–209. doi: 10.1007/BF00012858
10. Казыдуб Н. Г., Маракаева Т. В., Золкин Д. А., Епанчинцев М. В. Оценка клубенькообразующей способности образцов зернобобовых культур в условиях южной лесостепи Западной Сибири. *Вест. Омского гос. аграр. ун-та*. 2015. № 1. С. 23–27.
11. Nutman P. S. Varietal differences in the nodulation of subterranean clover. *Austral. J. Agric. Res.* 1967. Vol. 18, Iss. 3. P. 381–425. doi: 10.1071/AR9670381
12. Катков В. А., Шаин С. С. Селекция многолетних трав на повышение симбиотической азотфиксация. *Селекция и семеноводство*. 1990. № 2. С. 60–63.
13. Чундерова А. И. О генетике бобово-ризобияльного симбиоза (обзор). *Сельскохозяйственная биология*. 1981. Т. 16, № 3. С. 402–406.
14. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях / за ред. Р. А. Вожегової. Херсон, 2014. 285 с.
15. Методические рекомендации для курсов повышения квалификации научных сотрудников по сельскохозяйственной микробиологии / под ред. Л. М. Доросинского. Ленинград, 1981. С. 11.
16. Biotechnology of the XXI Century: Materials Int. Conf.] (pp. 152–153). May 22–24, 2002, Minsk, Belarus. [in Russian]
17. Didovich, S. V. (2014) Coordinated selection of *Mesorhizobium cicuri* and *Cicer arietinum* L. for the symbiotic nitrogen-fixing potential increasing. In *Seleksiya ta henetyka bobovykh kultur: suchasni aspekty ta perspektyvy: tezy Mizhnar. nauk. konf.* [Selection and genetics of legumes: modern aspects and perspectives: Abstr. Int. Sci. Conf.] (pp. 241–243). June 23–26, 2014, Odesa, Ukraine. [in Ukrainian]
18. Spaink, H. P., Kondorosi, A., & Hooykaas, P. (Eds.). (1998). *The Rhizobiaceae. Molecular Biology of Model Plant-Associated Bacteria*. Dordrecht: Springer. doi: 10.1007/978-94-011-5060-6
19. Tikhonovich, I. A., & Provorov, N. A. (2011). Agricultural microbiology as the basis for ecologically sustainable agriculture: fundamental and applied aspects. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya* [Agricultural Biology], 3, 3–9. [in Russian]
20. Didovich, S. V. (2003). Coordinating selection of alfalfa and nodule bacteria for the symbiotic nitrogen fixation increase. *Ahroekologichnyi zhurnal* [Agroecological journal], 2, 43–46. [in Russian]
21. Kolisnyk, A. V., Kolisnyk, I. V., Fedosiienko, D. V., & Koval, R. I. (2005). Economic and technological aspects of the nitrogen bio-fixation in ecological crop production. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy* [Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University], 15.6, 488–491. [in Ukrainian]
22. Provorov, N. A., Fedorov, S. N., & Voloshin, M. I. (1988). Genetic variability of the leguminous plants according to symbiotic activity with nodule bacteria. *Sbornik nauchnykh trudov po prikladnoy botanike, genetike i seleksii* [Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding], 120, 19–23. [in Russian]
23. Doyev, D. N. (2017). *Otsenka bioresursnogo potentsiala lyutserny (Medicago varia Mart.) pri ispol'zovanii mestnykh shtammov klubenykovykh bakteriy roda Sinorhizobium v usloviyakh vertikal'noy zonal'nosti RSO-Alaniya* [Estimation of bioresource potential of alfalfa (*Medicago varia* Mart.) in combination with *Sinorhizobium* local nodule bacteria strains under conditions of vertical zonation of RSO-Alania] (Cand. Biol. Sci. Diss.). Gorsky State Agrarian University, Vladikavkaz, Russia. [in Russian]
24. Pereira, P. A., Miranda, B. D., Attewell, J. R., Kmiecik, K. A., & Bliss, F. A. (1993). Selection for increased nodule number in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant and Soil*, 148(2), 203–209. doi: 10.1007/BF00012858
25. Kazydub, N. G., Marakaeva, T. V., Zolkin, D. A., & Epanchinev, M. V. (2015). Evaluation of the nodule-forming ability of samples of legumes in the Southern Forest-Steppe of Western Siberia. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Omsk State Agrarian University], 1, 23–27. [in Russian]
26. Nutman, P. S. (1967). Varietal differences in the nodulation of subterranean clover. *Austral. J. Agric. Res.*, 18(3), 381–425. doi: 10.1071/AR9670381
27. Katkov, V. A., & Shain, S. S. (1990). Selection of perennial grasses for symbiotic nitrogen fixation increasing. *Seleksiya i semenovodstvo* [Plant Breeding and Seed Production], 2, 60–63. [in Russian]
28. Chunderova, A. I. (1981). On the genetics of bean-rhizobial symbiosis (review). *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya* [Agricultural Biology], 16(3), 402–406. [in Russian]
29. Vozhehova, R. A. (Ed.). (2014). *Metodyka polovykh i laboratornykh doslidzhen na zroshuvanykh zemliakh* [Methods of field and laboratory studies on irrigated lands]. Kherson: N.p. [in Ukrainian]
30. Dorosinskiy, L. M. (Ed.). (1981). *Metodicheskie rekomendatsii dlya kursov povysheniya kvalifikatsii nauchnykh sotrudnikov po sel'skokhozyaystvennoy mikrobiologii* [Methodical recommendations for the advanced training courses for researchers in agricultural microbiology]. Leningrad: N.p. [in Russian]

References

1. Tolkachev, N. Z. (2002). Biotechnological aspects of the coordinated selection – nodule bacteria and leguminous plants. In *Mikrobiologiya i biotekhnologiya KHKH stoletiya: materialy Mezhdunarodnoy konferentsii* [Microbiology and

УДК 633.31:631.52:575.2

Вожегова Р. А.*, **Тищенко Е. Д.**, **Тищенко А. В.** Характеристика симбиотических признаков у генотипов люцерны (*Medicago L.*) и их изменчивость // *Plant Varieties Studying and Protection*. 2018. Т. 14, № 1. С. 45–51. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.1.2018.126507>

*Институт орошаемого земледелия НААН Украины, пос. Наддніпрянське, г. Херсон, 73483, Украина, *e-mail: izz.ua@ukr.net*

Цель. Оценить селекционный материал люцерны по интенсивности клубенькообразовательного процесса, определить корреляционные связи с нитрогеназной активностью, а также выделить лучшие генотипы для использования их в практической селекции. **Методы.** Вегетационный, статистический. **Результаты.** Проведен анализ образцов, популяций люцерны по количеству сформированных клубеньков и их фракционному составу. Установлен широкий спектр изменчивости накопления клубеньков на растении. У отборов, по сравнению с исходными формами, повышается количество клубеньков размером больше 1 мм (средняя и большая фракция) и бактериоидная масса. У инокулированных растений на 7,6–44,5% формируется больше клубеньков по сравнению с контролем. Сорта различались по количеству сформированных клубеньков больше 1 мм с варьированием от 19,3 до 82,9%. Размещение клубеньков на корневой системе имеет свои особенности. Для дальнейшей селекции представляют интерес популяции 'Унітро', 'Отбор № 3 – Spr. 2', 'Отбор № 5 – Ks.-2007', у них растения формирова-

ли 81,2–99,4% клубеньков размером 1–2 мм и 22,7–27,3% их расположено на главном корне. Интенсивность клубенькообразовательного процесса у растений определяется степенью развития корневой системы, ее мощностью. С увеличением объема корневой системы формируется больше клубеньков. Уровень нитрагеназной активности зависит от мощности развития корневой системы, общего количества клубеньков на растениях люцерны и по размерам 1–2 мм и > 2 мм. **Выводы.** Установлено, что размер симбиотического аппарата определяется количеством клубеньков, их фракционным составом и массой. Интенсивность клубенькообразовательного процесса зависит от мощности корневой системы. С увеличением ее объема формируется больше клубеньков. Высокие коэффициенты корреляции установлены между уровнем нитрогеназной активности и мощностью корневой системы, общим количеством клубеньков у растений люцерны, в т.ч. и по фракциям 1–2 мм и > 2 мм.

Ключевые слова: люцерна, клубенькообразование, масса бактериоидной ткани, отбор.

UDC 633.31:631.52:575.2

Vozhehova, R. A.*, **Tyshchenko, O. D.**, & **Tyshchenko, A. V.** (2018). Symbiotic description for alfalfa (*Medicago L.*) genotypes and their variability. *Plant Varieties Studying and Protection*, 14(1), 45–51. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.1.2018.126507>

*Institute of Irrigated Agriculture, NAAS of Ukraine, Naddnyprianske, Kherson, 73483, Ukraine, *e-mail: izz.ua@ukr.net*

Purpose. To make an assessment of the alfalfa selective material according to the intensity of the nodule-forming process and find the correlation with nitrogenase activity. Identify the best genotypes for use in practical breeding. **Methods.** Vegetative, statistical. **Results.** Conventional varieties of alfalfa according to the number and size of root nodules were analyzed. The variations in the number of nodules were described. In selections, the amount of medium and large nodules (1 mm and bigger in size) increases and the bacterial mass increases too in comparison with the initial forms. Inoculated plants formed 7.6–44.5% more nodules, in comparison to the reference group. Varieties differ in the number of formed nodules of 1 mm and bigger in size with a variation from 19.3 to 82.9%. The nodules on the root system have specific locations. Interest for further selection related to populations: 'Unitro', 'Dobir № 3 – Spr. 2', 'Dobir № 5 – Ks.-2007', which formed 81.2–99.4% of me-

dium and large nodules 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 root system development. With the increasing of the root system power, the more nodules are formed on it. The level of nitrogenase activity depends on the developmental capacity of the alfalfa root system, total number of nodules 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, but on its mass too. 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 were found between the level of nitrogenase activity, the root system thickness and the total number of nodules on alfalfa plants, including fractions 1–2 mm, > 2 mm.

Keywords: alfalfa, tubers, bacterotherapy, mass, selection.

*Надійшла / Received 06.02.2018
Погоджено до друку / Accepted 12.03.2018*