

## ВПЛИВ РІЗНИХ ШТАМІВ *SINORHIZOBIUM MELILOTI* НА РІВЕНЬ СИМБІОЗУ У ПОПУЛЯЦІЙ 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

**БІЛЯЄВА І.М.** – доктор сільськогосподарських наук,  
старший науковий співробітник

<https://orcid.org/0000-0003-0688-4209>

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

**Вступ.** Стале землеробство визначають як систему, що забезпечує високу ефективність використання та економію природних ресурсів за збереження навколишнього середовища. Ця система дозволяє задовольнити потреби теперішнього часу, не знижуючи такої можливості в майбутньому. Одним з основних напрямів сталого землеробства є контроль за циркуляцією азотних сполук в екосистемах. Обмеження внесення азоту в ґрунт необхідне для збереження його родючості та навколишнього середовища. Використання чистих джерел «біологічного азоту» здебільшого екологічно виправдане. Наприклад, вирощування рослин, що забезпечують накопичення «біологічного азоту», знижує потребу в азотних добривах і покращує якість ґрунту.

Однак сучасне землеробство здебільшого базується на використанні сортів інтенсивного типу, вирощування яких вимагає великої кількості мінеральних добрив. У цих умовах отримання високих врожаїв пов'язане зі значними енергетичними витратами, призводить до забруднення навколишнього середовища і зниження родючості ґрунтів. Тому досить актуальним є впровадження адаптивних форм землеробства, що забезпечують сільськогосподарські культури основними елементами живлення шляхом використання біологічних спільнот, формування яких значною мірою базується на взаємодії рослин з широким спектром ґрунтових мікроорганізмів. Саме максимальне використання можливостей мікробно-рослинного взаємозв'язку має скласти основу адаптивної, або «біологічної», взаємодії, основним принципом якої є оптимізація сільськогосподарського виробництва як для задоволення потреб людини, так і для збереження і примноження природних ресурсів та поліпшення стану навколишнього середовища, відновлення ґрунтової родючості [1; 2; 3].

Аналіз вітчизняних і зарубіжних даних показує, що в результаті інтенсивного землеробства відбувається зниження рівня гуміфікаційних процесів у сучасних

агроландшафтах, що призвело до розвитку глобальної деградації гумусу і родючості ґрунтів. Останніми роками землеробство України функціонує за негативного балансу гумусу, азоту, фосфору та інших поживних речовин, 80–90% ґрунтів орних земель є деградованими [4]. Середньорічні втрати гумусу становлять 0,18–0,37 т/га [5], що призводить до щорічного недобору рослинницької продукції (на 12–15 мільйонів тонн зерна. Питання про збереження і подальше покращення якості ґрунту особливо гостро стоїть у зрошуваному землеробстві, де існує проблема «зрошення – родючість». Під впливом води, що використовується для поливу, змінюються фізичні, хімічні та фізико-механічні властивості зрошуваних ґрунтів. Вони ущільнюються, втрачають структуру, знижують кількість гумусу, зазнають засолення, вторинного осолонцювання та ерозії [6]. Для відновлення родючості ґрунту необхідні мінеральні й органічні речовини. Тільки одного азоту щорічно потрібно внести 2,2 млн тонн, що становить 50–60 кг на 1 га ріллі. Останніми роками в результаті економічних труднощів, рівень внесення азоту на гектар знизився від 59, фосфору – 38, калію – 38 до 15, 4 і 2 кг/га д. р. [5].

Але виробництво мінеральних добрив – це енергоємний процес і в умовах наростаючої енергетичної кризи він є дорогим, який не дає можливості повністю вирішити проблему забезпечення вимог сільськогосподарського виробництва. До того ж всі використовувані в сільському господарстві хімічні засоби для підвищення родючості мають суттєві недоліки, оскільки забруднюють ґрунт і загалом природне середовище токсичними елементами і сполуками (миш'як, кадмій, кобальт, свинець, стронцій, селен, цинк, ванадій та ін.), що представляє серйозну небезпеку для організму людини, тварин і рослин.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Як основний прийом підвищення родючості ґрунту і поліпшення його структури рекомендуються посіви багаторіч-

них трав з їх тонко розгалуженою кореневою системою, яка пронизує шари ґрунту і спроможна до інтенсивної регенерації. Серед багаторічних трав особливе місце належить люцерні. Володіючи високою врожайністю надземної маси, завдяки потужній кореневій системі, вона здатна до симбіотичної азотфіксації, збагачення ґрунту органічною речовиною, покращення його фізичних, фізико-хімічних та біологічних властивостей, підвищення родючості та збільшення врожаю цих культур. Добре розвинена коренева система люцерни на другий-третій рік життя рослин залишає в орному шарі ґрунту кореневу масу, рівноцінну 40–60 т/га гною. Ґрунт після оранки люцерни і люцерно-злакових травосумішок стає більш структурним, збагачується як органічними, так і мінеральними речовинами, особливо азотом, фосфором, кальцієм, калієм, залізом і магнієм. Поза конкуренцією з іншими травами в сівозмінах зрошувального землеробства ставлять люцерну, її властивості як біологічного дренажу і фітомеліоранту. Маючи глибоко проникаючу і добре розвинену в орному шарі кореневу систему, а також завдяки великому водоспоживанню, вона запобігає вторинному засоленню і добре сприяє розсоленню ґрунтів [7; 8].

Встановлено, що цінність сортів люцерни як попередника, їх ступінь впливу на родючість ґрунту його структуру залежить від форми, розгалуженості кореневої системи, здатності накопичувати кореневу масу високої якості та рівня азотфіксуючої здатності. Види і сорти люцерни значно розрізняються за цими ознаками. Внаслідок цього після різних сортів люцерни в ґрунт заорюють неоднакову кількість органічної маси, валового азоту, фосфору, калію, які різною мірою покращують агрофізичні та агрохімічні властивості ґрунту [8].

Насичення сівозміни культурами-азотфіксаторами до 20–40% дає змогу зменшити внесення мінеральних азотних добрив на 25–30% [9; 10].

Оскільки азот, що фіксується в бульбочках бобових рослин, набагато дешевший, ніж азотні добрива, великий інтерес представляє визначення кількості азотних добрив, яку дозволяє заощадити симбіотична азотфіксація [11]. 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 [12].

У зв'язку з цим виникає великий інтерес до симбіотичної азотфіксації як джерела біологічного азоту. 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. Азотфіксація і кількість пов'язаного азоту у люцерни залежить також від характеру використання культури: на корм або насіння.

Інтенсивність азотфіксації різко знижується після скошування надземної маси і протягом 10–14 діб залишається на низькому рівні. Залежно від кількості укосів цей цикл буде повторюватися протягом усього часу

вирощування культури, що призводить до фіксації великої кількості азоту, оскільки недетерміновані бульбочки можуть функціонувати протягом кількох наступних циклів [12]. Обсяги азотфіксації можуть досягати 119 кг/га за один укос на фоні інокуляції високоефективним штамом [13].

Під час вирощування люцерни на насіння процес азотфіксації протікає по-іншому. Його можна розглянути на прикладі культури люпину. У фазі цвітіння люпину значно зростає споживання асимілянтів бульбочками, що зумовлено інтенсивною азотфіксацією, яка за цей період склала 62% до загального обсягу. У фазі наливу зерна люпин транспортує до коріння 54% продуктів фотосинтезу і дає 27% усього фіксованого азоту. До репродуктивних органів прямує 38% зв'язаного вуглецю, що вказує на порівняно невелику конкуруючу здатність плодів люпину відносно асимілянтів. Слід зазначити, що включення механізму конкуренції плодів за асиміляцію веде до початку дегенерації бульбочок [14]. Раннє цвітіння люцерни вказує на активний процес азотфіксації на коренях, який веде до початку дегенерації бульбочок. Біологічна фіксація азоту повітря – це складний біохімічний механізм, який проходить у бактеріодах, основна роль у якому належить ферменту *нітрогеназа*. Тому її активність – це один з основних показників інтенсивності азотфіксації [12; 15; 16].

Продуктивність фіксації азоту визначається комплексом чинників і умов, зокрема, найбільше значення мають біологічні особливості культур, генотипи рослин і фіксуєчих азот мікроорганізмів, відповідність екологічних умов потребам конкретних азотфіксуючих систем. Оптимізація і раціональне поєднання цих факторів дає можливість істотно підвищувати розміри фіксації азоту [17]. Ефективність біологічної фіксації азоту значною мірою залежить від характеру взаємодії макро- та мікросимбіонтів, який контролюється рослиною-господарем. [18]. Особливістю цього симбіозу є висока специфічність, яка виявляється в тому, що певні види (штами або групи) бульбочкових бактерій утворюють сумісні пари лише з певними родами (видами, різновидами) бобових культур [19; 20]. Ця взаємодія в генетичному плані дуже складна з огляду на генетичні відмінності рослини-господаря і рас *Sinorhizobium meliloti*. В цьому разі оптимальний ефект може бути отриманий від адитивної взаємодії генів. Інколи вона неадитивна через несумісність генотипів рослин і штамів бульбочкових бактерій. Тому симбіоз може давати як позитивний, так і негативний ефект.

**Метою дослідження** було визначення реакції різних сортів люцерни на інокуляцію штамми *Sinorhizobium meliloti* і виділення найбільш ефективного поєднання та взаємодії в симбіозі генотипів двох організмів.

**Матеріали і методи дослідження.** Наукова робота виконувалась у стерильних мікровегетаційних, вегетаційних дослідах посів насінням змоченими суспензією відповідного штаму бактерій в паперові стаканчики з ґрунтом легкого механічного складу (ґрунт + пісок, 1:1). Аналіз рослин проводили через 2,5 місяці. Під час аналізу враховували форму кореневої системи, кількість бульбочок їх фракційний склад та розташування

на корені. До вивчення були залучені 7 сортів, гібридних популяцій люцерни селекції Інституту зрошуваного землеробства НААН (Наdejда, Сінська, Унітро, НС/82, СН/82, ПН/82, В<sub>11</sub>/Н) і штами бульбочкових бактерій селекції Українського НДІ сільськогосподарської мікробіології (м. Чернігів), Всесоюзного НДІ сільськогосподарської мікробіології (м. Ленінград), Інституту мікробіології та вірусології ім. Заболотного (м. Київ) – СХМ-2, СХМ-1-214, Т-798, Т-482, Т-716, СХМ-3, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 1-239, 1-214, 1-71.

У польових дослідках при кормовому і насінневному використанні вивчали сорти Надежда, Сінська, Унітро, Вавіловка-2 та гібридні популяції ПНСН та ЦП-11. Посів насінням, попередньо обробленим желатином з відповідним штамом (оригінальна методика С.М. Черствого, Укр НДІ СГМ), суцільний при кормовому та широкарядний при насінневному використанні, площа ділянки 3,6–5,5 м<sup>2</sup>, повторність чотириразова. В контролі насіння замочували в холодній кип'яченій воді. Стандарти у вегетаційних і польових дослідках – сорт люцерни Надежда і виробничий штам бульбочкових бактерій 425а. Ефективність симбіозу визначали за збільшенням врожаю надземної маси, ацетиленредуктазну активність рослин на газовому хроматографі Хром 5.

#### Результати досліджень та їх обговорення.

Високоєфективні симбіотичні системи можна сформувати шляхом цілеспрямованого добору партнерів при їх компліментарності один одному. На підтвердження цього поданий у таблиці 1 експериментальний матеріал, отриманий з використанням вермикюліту О.Ю. Бутвіною, показав, що одні сорти вступають в ефективний симбіоз з кількома штамми бульбочкових бактерій, інші специфічні до певного штаму. Сорти Надежда, Унітро, гібридні популяції НС/82, В<sub>11</sub>/Н позитивно реагували на інокуляцію з шістьма штамми з високим ефектом симбіозу – сумарний показник склав +657,9 + 1061,4%. Специфічну взаємодію виявлено у сортів Сінська зі штамми СХМ 1-214, Т-798, Унітро зі штамми 425а, Т-482 і Т-716. Низький і негативний ефекти симбіозу з коливаннями від +17,0 до -13,0% спостерігали у гібридній популяції ПН/82 (табл. 1). Під час визначення азотфіксуючої активності також відмічалась вибірковість у комбінацій сорт-штам. Найбільш генетично комплементарними парами були сорти Сінська та Унітро з сумарною прибавкою рівня азотфіксуючої активності 825,2–831,7%. Максимальне збільшення рівня нітрогеназної активності спостерігалось у сорту Унітро зі штамом 425а (табл. 2).

Аналіз отриманого експериментального матеріалу не дозволяє говорити про якісні показники закономірності прояву ознак нітрогеназної активності та здатності збільшувати масу рослин за рахунок симбіозу. Так, сорти Сінська і Унітро, з високими показниками рівня азотфіксуючої активності, характеризувалися середнім ефектом симбіозу. У зв'язку з цим заслуговують на увагу дослідження П.А. Проворова та інших з 99 сортами люцерни різних видів на фоні інокуляції різними штамми [1], які показують, що азотфіксуюча активність і ефективність симбіозу люцерни з *Sinorhizobium meliloti* контролюються різними генами. Вони встановили лів-

осторонньо-асиметричний розподіл сортів за нітрогеназною активністю, тоді як вступ в активний симбіоз призводить до зрушення вправо симетрії розподілу за масою в інокульованих рослин.

У польових дослідках протягом шести років ми спостерігали варіювання сортів люцерни за здатністю до ефективного симбіозу з *Sinorhizobium meliloti* (табл. 3). Наведені дані свідчать про істотне сумарне збільшення (на 53,2–20,7%) врожаю зеленої маси рослин при інокуляції різними штамми у сортів Сінська, Унітро, Вавіловка 2, Надежда. Гібридні популяції ПНСН та ЦП-11 здебільшого негативно реагували на бактеризацію. Найбільші показники ефекту симбіозу (18,6–26,2%) досягались при інокуляції рослин люцерни сортів Вавіловка 2, Унітро, ПНСН ризобіями штаму 4. Це говорить про специфічність взаємодії сорт-штам і підтверджує необхідність урахування специфічної компліментарності під час добору симбіонтів.

Таким чином, спостерігається складна ситуація під час аналізу рівня ефективності бобово-ризобіального симбіозу, тому що він визначається генотипами обох партнерів – бобових рослин-господарів та бульбочкових бактерій. Звідси очевидно, що для успішного проведення селекції рослин і бактерій на підвищення симбіотичної активності необхідно знати величину їх вкладу в контроль утвореної системи. Для обчислення цього вкладу провели двохфакторний дисперсійний аналіз результатів, отриманих протягом багаторічного вивчення взаємодії сортів рослин і штамів бактерій. У цьому разі загальне варіювання симбіотичної ознаки слід розкласти на чотири складники, які виникають у результаті адитивних дій генотипів сортів і штамів бактерій, специфічної взаємодії сорт-штам, а також неконтрольованого варіювання симбіотичних ознак (рис. 1).

Основна роль у визначенні ефективності симбіозу в перший рік життя травостою належить ризобії (40,0%), з варіюванням за роками досліджень від 8,0 до 64,2%. Очевидно, що сила впливу генотипів штамів ризобій на показники активності симбіозу пов'язана з їх високою конкурентоспроможністю в порівнянні з «місцевими» штамми бактерій.

За даними Д.В. Крутило та А.Х. Козирєва, на формування і активність симбіотичного апарату впливає наявність специфічного вірулентно-активного штаму ризобій. Так, під час інокуляції сої і люцерни активними штамми спостерігаються суттєві зміни в «бульбочкових» популяціях ризобій: зменшується кількість бульбочок, утворених місцевими ризобіями, а інтродуковані штамми часто займають домінуюче становище [13; 19]. За рахунок їх високої конкурентоспроможності та активності внесок ризобії зберігається протягом дворічного періоду використання травостою з коливаннями від 15,88 до 45,8% (рис. 2).

Збільшення маси рослин значно меншою мірою залежить від сорту – відмінності їх генотипів зумовили 0,62–26,4% від загального варіювання маси інокульованих рослин. Оскільки всі досліджувані сорти високопродуктивні за зеленою масою, наявна різниця між ними неістотна і знаходиться в межах похибки досліджу, що може бути причиною незначного вкладу їх в ефективність симбіозу.

Таблиця 1 – Ефективність симбіозу різних сортів люцерни зі штамми *Sinorhizobium meliloti* на вермикуліті

Сорт (фактор А)	Урожай сухої маси рослини і прибавка, г/%										Сумарна прибавка по сорту, г/%
	контроль	425 <sup>а</sup>	СХМ-2	СХМ-1-214	Т - 798	Т - 482	Т - 716	СХМ-3			
Надєжда	11,2	20,4/ +82,1	18,0/ +60,7	21,0/ +87,5	20,9/ +86,6	24,6/ +119,6	22,3/ +99,1	24,9/ +122,3	94,0/ +657,9		
Сінська	7,9	10,1/ +27,8	12,6/ +59,5	18,8/ +138,0	14,8/ +87,3	10,3/ +30,4	10,5/ +32,9	11,5/ +45,5	60,2/ +421,5		
Унітро	9,7	20,7/ +113,4	10,9/ +12,4	16,0/ +64,9	15,0/ +54,6	20,4/ +110,3	22,2/ +128,9	14,7/ +51,5	76,6/ +536,0		
НС/82	9,1	22,3/ +145,0	17,9/ +96,7	20,1/ +110,9	23,2/ +154,9	18,6/ +104,4	24,3/ +167,0	21,0/ +130,8	130,9/ +909,7		
СН/82	8,8	10,1/ +14,8	14,2/ +61,4	12,2/ +38,6	12,3/ +47,7	13,0/ +61,4	12,4/ +40,9	9,7/ +10,2	39,3/ +275,0		
ПН/82	20,0	19,9/ -0,5	23,7/ +18,5	17,4/ -13,0	20,9/ +4,5	23,4/ +17,0	20,0/ +0,0	20,9/ +4,5	31,0/ +30,7		
В <sub>11</sub> /Н	8,4	23,3/ +177,4	22,7/ +158,0	20,9/ +137,5	21,3/ +142,0	18,3/ +117,9	22,9/ +172,6	21,5/ +156,0	15,6/ +1061,4		
Сумарна прибавка по штамму (фактор В), г /%	10,8	80,0/ +560,0	66,7/ +467,2	80,6/ +564,4	82,5/ +577,6	80,1/ +561,0	85,6/ +641,4	74,4/ +520,8			

Фактор А – НІР<sub>05</sub> = 2,43 а; фактор В НІР<sub>05</sub> = 2,58 а

Таблиця 2 – Азотфіксуюча активність різних сортів люцерни зі штамми *Sinorhizobium meliloti* на вермикуліті

Сорт (фактор А)	Азотфіксуюча активність (нМ етилена/ рослину в годину/ прибавка від інокуляції, %)									Сумарна прибавка по сорту
	контроль	425 <sup>а</sup>	СХМ-2	СХМ-1-214	Т - 798	Т - 482	Т - 716	СХМ-3		
Надежда	185	411/+122,2	430/+132,4	272/+47,0	254/+37,3	368/+98,9	396/+114,0	356/+92,4	355/+644,2	
Сінська	179	365/+103,9	394/+120,1	420/+134,6	324/+81,0	440/+145,8	423/+136,3	376/+110,0	392/+831,7	
Унітро	149	467/+213,4	400/+168,5	418/+180,5	378/+153,7	185/+24,6	151/+1,3	273/+83,2	325/+825,2	
НС/82	153	157/+2,6	314/+105,2	418/+173,2	258/+68,6	129/-15,7	204/+33,3	194/+26,8	239/+394,0	
СН/82	155	262/+69,0	137/-11,6	430/+177,4	198/+27,7	397/+156,1	233/+50,3	409/+163,8	295/+632,7	
ПН/82	181	390/+115,5	288/+59,1	365/+101,7	451/+149,2	399/+120,4	495/+173,5	190/+5,0	368/+724,4	
В <sub>11</sub> /Н	125	419/+153,9	249/+50,9	417/+152,7	403/+144,2	119/-27,9	267/+61,8	448/+171,5	332/+707,1	
Сумарна прибавка по штамму (фактор В), нМоль/роsl.год. / %	161	397/+780,5	316/+624,6	391/+967,1	324/+661,7	291/+502,2	310/+570,5	321/+652,7		

Фактор А – НІР<sub>05</sub>, нМоль/роsl. год = 78; Фактор В – НІР<sub>05</sub>, нМоль/роsl. год = 34

Таблиця 3 – Ефективність симбіозу різних сортів люцерни зі штамми *Sinorhizobium meliloti* в польових умовах (у середньому за 6 років)

Сорт (А)	Урожайність з/м, кг/ м <sup>2</sup> контроль	Штам (В)								Фактор А НІР <sub>05</sub> =0,17 кг, сума	
		1	2	3	4	5	6	7	8		425 <sup>a</sup>
Надежда	6,36	$\frac{-0,22}{-2,7}$	$\frac{+0,78}{+14,4}$	$\frac{+0,27}{+5,7}$	$\frac{+0,72}{+11,9}$	$\frac{+0,34}{+3,6}$	$\frac{-0,35}{-3,8}$	$\frac{-0,36}{-3,8}$	$\frac{-0,60}{-7,9}$	$\frac{+0,28}{+3,3}$	$\frac{+0,86}{+20,7}$
Сінська	6,17	$\frac{+0,37}{+7,4}$	$\frac{+0,76}{+13,2}$	$\frac{+0,38}{+7,7}$	$\frac{+0,90}{+14,6}$	$\frac{+0,09}{+1,6}$	$\frac{-0,35}{-4,9}$	$\frac{+0,09}{+1,3}$	$\frac{+0,38}{+7,5}$	$\frac{+0,17}{+4,8}$	$\frac{+2,79}{+53,2}$
Унітро	6,19	$\frac{+0,34}{+5,3}$	$\frac{+0,74}{+11,68}$	$\frac{+0,25}{+4,1}$	$\frac{+15,9}{+26,2}$	$\frac{-0,30}{-4,8}$	$\frac{+0,13}{+2,9}$	$\frac{+0,30}{+4,8}$	$\frac{-0,05}{-1,1}$	$\frac{+0,06}{+1,17}$	$\frac{+3,06}{+50,4}$
Вавіловка 2	6,67	$\frac{-0,34}{-5,12}$	$\frac{+0,09}{+1,2}$	$\frac{0,0}{0,0}$	$\frac{+1,66}{+25,2}$	$\frac{-0,03}{-0,05}$	$\frac{-0,47}{-6,8}$	$\frac{+0,28}{+3,65}$	$\frac{+0,17}{+3,2}$	$\frac{+0,01}{+1,80}$	$\frac{+1,37}{+23,0}$
ПНСН	6,59	$\frac{-0,14}{-2,55}$	$\frac{-0,33}{-5,0}$	$\frac{-0,46}{-7,35}$	$\frac{+1,24}{+18,6}$	$\frac{-0,46}{-6,9}$	$\frac{+0,06}{+0,85}$	$\frac{-0,24}{-3,7}$	$\frac{-0,33}{-4,78}$	$\frac{+0,34}{+5,60}$	$\frac{-0,34}{-5,20}$
ЦП-11	5,95	$\frac{-0,13}{-2,1}$	$\frac{+0,59}{+9,8}$	$\frac{+0,56}{+9,3}$	$\frac{+0,46}{+7,6}$	$\frac{-0,10}{-1,6}$	$\frac{-0,68}{-11,2}$	$\frac{-1,34}{-22,1}$	$\frac{+0,11}{+1,8}$	$\frac{+0,54}{+8,90}$	$\frac{-0,01}{-0,40}$
Фактор В НІР <sub>05</sub> =0,3 кг сума		$\frac{-0,12}{-0,23}$	$\frac{+2,63}{+32,4}$	$\frac{+1,0}{+19,4}$	$\frac{+6,57}{+104,1}$	$\frac{-0,46}{-8,2}$	$\frac{-1,66}{-23,0}$	$\frac{-1,27}{-199}$	$\frac{-0,32}{-1,28}$	$\frac{+1,40}{+25,6}$	

Примітка: в чисельнику – абсолютне збільшення урожаю зеленої маси при інокуляції, кг/м<sup>2</sup>; в знаменнику – відносне збільшення, %



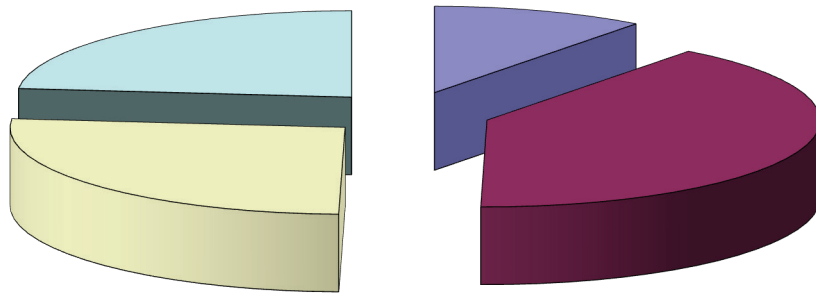
За взаємодії двох факторів сорт-штам у певному їх поєднанні спостерігається синергізм, специфічність взаємодії зумовила 11,5–44,3% (в перший рік) та 22,3–37,9% (другий рік) мінливості цієї ознаки. При середньому значенні взаємодії факторів (сорт-штам) з роками збільшується сорто-штамова взаємодія. Аналогічної думки дотримуються І.А. Тихонович та інші [21], які вважають, що ефективність симбіозу зростає від 1-го до 3-го року вирощування люцерни, паралельно з цим збільшуються вклади сорто-штамової взаємодії, а також загальні генотипові внески партнерів у варіювання показників активності симбіозу. Відбувається це внаслідок зменшення запасів зв'язаного азоту в ґрунті в процесі розвитку багаторічних трав і можливого зростання вкладу симбіозу в азотний баланс рослин. З плином років збільшуються і вклади неадитивної сорто-штамової взаємодії в ефективність симбіозу.

Багато авторів відмічають, що для підвищення продуктивності симбіотичної азотфіксації в агроценозах необхідно проводити селекцію сортів бобових культур і штамів бульбочкових бактерій, враховуючи конкретні

ґрунтово-кліматичні і агротехнічні умови, а також створювати сприятливі засади для ефективного функціонування бобово-ризбіального симбіозу [2].

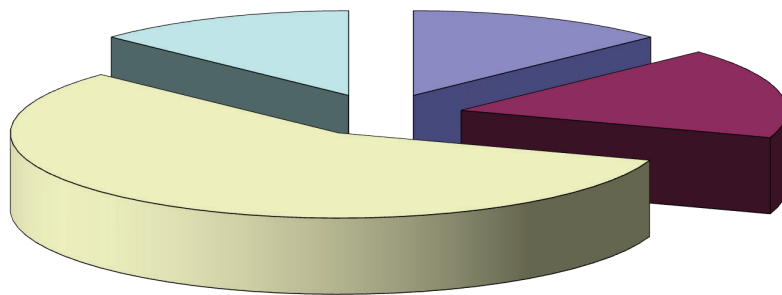
У зв'язку з цим слід відмітити, що значний вплив у загальне варіювання маси іноккульованих рослин здійснюють так звані «неконтрольовані» фактори, які визначають 4,40–59,3% ефективності симбіозу. Ми припускаємо, що до них можна віднести погодні умови, які складаються (температура повітря, ґрунту), вологість та типи ґрунтів, їх забезпеченість елементами живлення.

Однак збільшення врожаю рослин не є єдиним критерієм продуктивності азотфіксації. У ряді досліджень показано найбільш тісну кореляцію між вмістом або накопиченням білка в рослинах і розмірами фіксації азоту. Додаткове накопичення протеїну в урожаї іноккульованих рослин істотно збільшувалося і становило 102–225 кг/га для зернобобових і 240–620 кг/га для багаторічних трав. При цьому посилюється процес азотфіксації на 40–80% у багаторічних бобових трав або збільшення азотфіксації на 50–150 кг/га.



- Генотип сорту
- Генотип штаму Rh.meliloti
- Взаємодія генотипів сорт-штам
- «Неконтрольовані» фактори

**Рисунок 1. Вклад генотипів симбіонту рослина-штам у загальне варіювання маси рослин (перший рік життя травостою люцерни)**



- Генотип сорту
- Генотип штаму Rh.meliloti
- Взаємодія генотипів сорт-штам
- «Неконтрольовані» фактори

**Рисунок 2. Внески генотипів симбіонту рослина-штам у загальне варіювання маси рослин (другий рік життя травостою люцерни)**

Під час аналізу вмісту азоту в сухій речовині люцерни за інокуляції іншими штамми була також виявлена специфічна сорто-штамова взаємодія (табл. 4).

На інокуляцію досліджуваними штамми позитивно реагував сорт Унітро і популяція ЦП-11, за винятком стандартного штаму 425а. У інших сортів відзначається специфічна взаємодія: позитивне з одними і негативне з іншими. Треба відзначити, що високе накопичення азоту спостерігалось у рослин без бактеризації, його питомий вміст під час інокуляції не збільшується, а навпаки, знижується.

Нітрагіназація впливає і на вміст лізину в білку (табл. 5).

Ми проводили відповідні дослідження щодо впливу бактеризації люцерни на її насіннєву продуктивність. Отримані експериментальні дані показують різну частку участі кожного з факторів (сорт-штам) у визначенні цієї ознаки. Так, частка впливу генотипу сорту на урожай насіння становила 26,0%, генотип штаму – 19,3%. Синергізм відзначається за взаємодії цих двох факторів (37,2%). Погодні та ґрунтові умови (неконтрольовані фактори) також впливають на ефект симбіозу (17,5%) (рис. 3).

Сорти люцерни за насіннєвою продуктивністю розрізняються за сприйнятливістю до інокуляції штамми бульбочкових бактерій: частіше зустрічається специфічна взаємодія між генотипами сортів і штамми мікроорганізмів. У сорту Унітро відзначається максимальна відносна прибавка врожаю насіння (+58,1%), найбільш сприятливе поєднання у нього зі штамом

1-90 (+ 29,6%). Трохи нижче ефект співіснування у гібридній популяції ЦП-11 – 41,5% і 13,3% – у сорту Надєжда. Сорт Сінська здебільшого негативно реагував на інокуляцію. З усього набору (14 штамів) – з чотирма він дав незначну прибавку + 2,6-7,0% і тільки зі штамом 3-90 відзначений високий ефект симбіозу (+ 19,0%). Аналіз ефективності симбіозу у популяції люцерни за насіннєвою продуктивністю показав, що найбільш чутливою до інокуляції штамми бульбочкових бактерій є популяція ЦП-11.

**Висновки.** Таким чином, рівень ефективності бобово-ризобіального симбіозу визначається генотипами обох партнерів – бобових рослин-господарів та бульбочкових бактерій. Високоєфективні симбіотичні системи можна сформувати шляхом цілеспрямованого добору партнерів за умови їх компліментарності один одному. Отриманий експериментальний матеріал показав, що одні сорти вступають в ефективний симбіоз з кількома штамми бульбочкових бактерій, інші – специфічні до певного штаму.

Вміст азоту та лізину в білку в рослинах люцерни контролюється генотипами партнерів і залежить від специфіки сорто-штамової взаємодії.

Загальне варіювання симбіотичної ознаки включає чотири складники, які виникають у результаті адитивних дій генотипів сортів і штамів бактерій, специфічної взаємодії сорт-штам, а також неконтрольованого варіювання симбіотичних ознак. Вони різняться за роками та характером використання травостою люцерни.

Таблиця 4 – Вплив інокуляції на вміст азоту різних сортів люцерни (люцерна другого року життя, середнє за 2 роки)

Сорт	$\bar{x}$	Штами, $\Delta_x$ (%)				
		425 а	1-239	1-214	1-71	середнє по сорту
Надєжда	3,69	+1,55	-0,10	-0,20	+0,150	+0,35
Сінська	3,58	$\pm 0,00$	+0,65	+0,20	-2,45	-0,40
Унітро	3,42	+1,20	+1,50	+1,85	+1,90	+1,61
ПН/82	3,82	-1,10	-0,25	-1,50	-1,95	-1,20
ЦП-11	3,38	-0,20	+2,35	+2,10	+1,75	+1,50
ПНСН	3,50	+1,10	+0,35	-0,50	-2,05	-0,28

Примітка:  $\bar{x}$  – середня величина ознаки у рослин без інокуляції;  $\Delta_x$  – відносні зміни під час інокуляції

Таблиця 5 – Вплив інокуляції на вміст лізину в білку у сортів люцерни (люцерна другого року життя)

Сорт	$\bar{x}$	Штами, $\Delta_x$ (%)				
		425 а	1-239	1-214	1-71	середнє по сорту
Надєжда	3,70	+1,45	$\pm 0,00$	+0,20	+1,65	+0,82
Сінська	4,00	+5,20	+0,15	+1,75	+5,00	+3,00
Унітро	5,10	+0,05	+1,20	+1,15	+2,00	+1,10
ПН/82	4,35	+1,45	-0,95	+0,80	+1,10	+0,60
ЦП-11	4,25	+2,00	-0,35	+1,65	+1,85	+1,29
ПНСН	4,60	+0,90	+0,06	+1,30	+2,80	+1,40

Примітка:  $\bar{x}$  – середня величина ознаки у рослин без інокуляції;  $\Delta_x$  – відносні зміни під час інокуляції



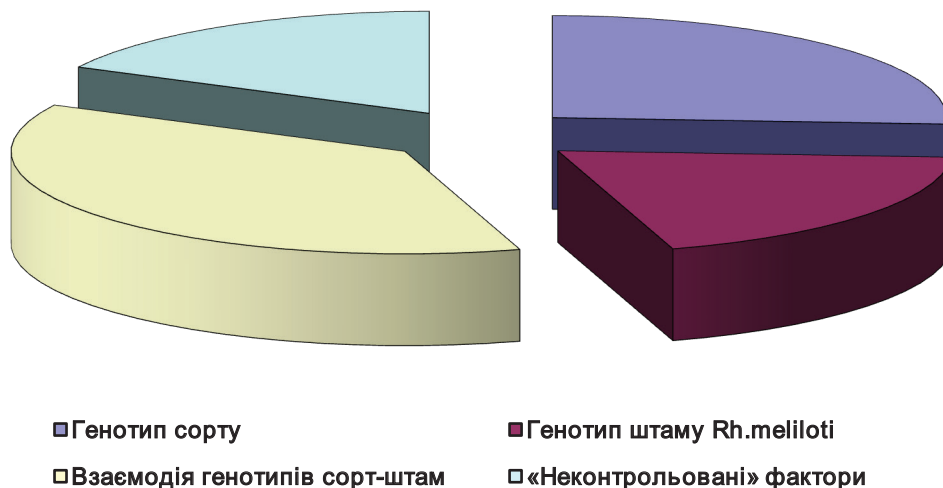


Рис. 3. Вклад генотипів симбіонту рослина-штам у загальне варіювання насіннєвої продуктивності

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Тихонович И.А., Проворов Н.А. Пути использования адаптивного потенциала систем «растение-микроорганизм» для конструирования высокопродуктивных агрофитоценозов. *Сельскохозяйственная биология*. 1993. № 5. С. 36–46.
2. Толкачев Н.З. Биотехнологические аспекты координированной селекции клубеньковых бактерий и бобовых растений. Материалы Международной конференции „Микробиология и биотехнология XXI столетия” (Минск, 22–24 мая 2002 р.). Минск, 2002. С. 152–153.
3. 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 Міжнародної наукової конференції 23–26 червня, 2014 р. Одеса : Астропринт, 2014. С. 241–243.
4. Тароріко 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.
5. Бомба М. Як можна зберегти та відновити родючість ґрунтів. *Пропозиція*. 2000. № 11. С. 36–37.
6. Собко О.О. Зрошення загострює проблему родючості ґрунтів. *Вісник аграрної науки*. 1992. № 9. С. 6–10.
7. Шеуджен А.Х., Онищенко Л.М., Хурум Х.Д. Люцерна. Майкоп : ОАО «Полиграфиздат Адыгея», 2007. 226 с.
8. Кененбаев С.Б., Бастаубаева Ш.О. Органическое сельское хозяйство в республике Казахстан: настоящее и будущее. *Материалы докладов, сообщений Международной научно-практической конференции: Фундаментальные и прикладные исследования в биоорганическом сельском хозяйстве России, СНГ и ЕС*, 9–12 августа 2016 года. Большие Вяземы, 2016. Том 2. С. 31–34.
9. Патица В.П., Гнатюк Т.Т., Булеца Н.М., Кириленко Л.В. Біологічний азот у системі землеробства. *Землеробство*. 2015. Вип. 2. С. 12–20.
10. Хасанова Р. Ф., Суюндуков Я. Т. Многолетние травы и плодородие южных черноземов Башкирского Зауралья. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2009. Т. 11, № 1(4). С. 556–561.
11. Molecular mechanisms controlling legume autoregulation of nodulation Dugald E. Reid, Brett J. Ferguson, Satomi Hayashi, Yu-Hsiang Lin and Peter M. Gresshoff. *Annals of Botany* Vol. 108, No. 5 (October 2011), pp. 789–795. DOI: 10.1093/aob/mcr205
12. Спайнк Г., Кондорози А., Хукас П. *Rhizobiaceae* молекулярная биология бактерий взаимодействующих с растениями / Русский перевод под ред. И.А. Тихоновича и Н.А. Проворова. Санкт-Петербург, 2002. С. 376–561.
13. Козырев А.Х. Научное обоснование реализации биологического потенциала люцерны в центральной части Северного Кавказа. Автореф. дис. д-ра с.-х. наук : 06.01.09. Владикавказ, 2009. 43 с.
14. Милто Н.И. Клубеньковые бактерии и продуктивность бобовых растений. Минск : Наука и техника. 1982. 293 с.
15. Манорик А.В., Старченков Ю.П., Доценко В.К. Зв'язування молекулярного азоту безклетинними екстрактами, одержаними із бактероїдів люпину жовтого (*Lupinus luteus*). *Сер. Біологія*. 1970. № 2. С. 177–181.
16. Старченков Е.П. Проблема симбиотической азотфиксации: народнохозяйственное значение, достижение и перспективы исследования. *Физиология и биохимия культурных растений*. 1996. Т. 28. № 1–2. С. 36–52.
17. Тихонович И.А., Круглов Ю.В. Биопрепараты в сельском хозяйстве. Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве. Москва, 2005. 154 с.
18. Ailin Liu, Carolina A. Contador Kejing Fan, Hon-Ming Lam. Interaction and Regulation of Carbon, Nitrogen, and Phosphorus Metabolisms in Root Nodules of Legumes. *Front. Plant Sci.*, 18 December 2018. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01860>.
19. Крутило Д.В., Пархоменко Т.П. Ефективність штамів бульбочкових бактерій сої на фоні місцевих популяцій ризобій. Тези Міжнародної наукової конференції :

Селекція та генетика бобових культур : сучасні аспекти та перспективи. Одеса : Астропринт, 2014. С. 246–248.

20. Шарк О.Ю., Борисов А.Ю., Жуков В.А. и др. Многокомпонентный симбиоз бобовых с полезными почвенными микроорганизмами: генетическое и эволюционное обоснование использования в адаптивном растениеводстве. *Экологическая генетика*. 2011. Т. IX. № 2. С. 80–94.

21. Тихонович И.А., Проворов Н.А. Эколого-генетические основы использования биоразнообразия симбиотических систем для повышения продуктивности растений в условиях экологически устойчивого земледелия. Материалы международного агропромышленного Конгресса Агрорусь : Инновации – основа развития агропромышленного комплекса. Санкт-Петербург : Ленэкспо, 2010. С. 38–61.

#### REFERENCES:

1. Tikhonovich, I.A., & Provorov, N.A. (1993). Puti ispol'zovaniya adaptivnogo potentsiala sistem "rasteniye-mikroorganizm" dlya konstruirovaniya vysokoproduktivnykh agrofytotsenozov [Ways of using the adaptive potential of the "plant-microorganism" systems for the construction of highly productive agrophytocenoses]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya – Agricultural biology*, 5, 36–46 [in Russian].

2. 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]. *Materialy Mezhdunarodnoy konferentsii "Mikrobiologiya i biotekhnologiya KHKHÍ stoletiya" – Materials of the International Conference "Microbiology and Biotechnology of the XXI Century" (Minsk, May 22–24)*, 152–153 [in Russian].

3. Dydovych, S.V. (2004). Koordynovana selektsiya Mesorhizobium cicuri i cicer arietinum L. na pidvyshchennya azotfisksuval'noho potentsialu symbiotychnoyi systemy [Coordinated selection of Mesorhizobium cicuri and cicer arietinum L. to increase the nitrogen-fixing potential of the symbiotic system]. *Selektsiya ta henytyka bobovykh kul'tur : suchasni aspekty ta perspektyvy. Tezy Mizhnarodnoyi naukovoyi konferentsiyi – Selection and genetics of legumes: modern aspects and prospects. Abstracts of the International Scientific Conference, June 23–26*, 241–243 [in Ukrainian].

4. Tarariko, O.H., Sherstoboyeva, O.V., Patyka, V.P. (1997). Kontseptsiya i naukovye obgruntuvannya osnovnykh napryamkiv udoskonalennya system vypusku i realizatsiyi mikrobiolohichnykh preparativ dlya sil'skohospodars'koho vyrobnytstva [The concept and scientific substantiation of the main directions of improvement of systems of release and realization of microbiological preparations for agricultural production]. *Mikrobiolohichnyy zhurnal – Microbiological Journal*, 4, 102–108 [in Ukrainian].

5. Bomba, M. (2000). Yak mozhna zberehty ta vidnovyty rodyuchist' [How to preserve and restore fertility]. *Propozytsiya – Offer*, 11, 36–37 [in Ukrainian].

6. Sobko, O.O. (1992). Zroshennya zahostryuye problemu rodyuchosti gruntiv [Irrigation exacerbates the problem of soil fertility]. *Visnyk ahrarnoyi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 9, 6–10 [in Ukrainian].

7. Sheudzen, A.Kh., Onishchenko, L.M., & Khurum, Kh.D. (2007). *Lyutserna [Alfalfa]*. Maykop : OAO "Poligrafizdat Adygeya", 226 [in Russian].

8. Kenenbayev, S.B., & Bastaubayeva, Sh.O. (2016). Organicheskoye sel'skoye khozyaystvo v respublikе Kazakhstan:nastoyashcheye i budushcheye [Organic agriculture in the Republic of Kazakhstan: present and future]. *Materialy dokladov, soobshcheniy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: Fundamental'nyye i prikladnyye issledovaniya v bioorganicheskom sel'skom khozyaystve Rossii, SNG i YES – Materials of reports, reports of the International Scientific and Practical Conference: Fundamental and Applied Research in Bioorganic Agriculture in Russia, CIS and EU, August 9–12, 2016*, 2, 31–34. *Bol'shiye Vyazemy* [in Russian].

9. Patyka, V.P., Hnatyuk, T.T., Buletsa, N.M., & Kyrylenko, L.V. (2015). Biolohichnyy azot u systemi zemlerobstva [Biological nitrogen in the system of agriculture]. *Zemlerobstvo – Agriculture*, 2, 12–20 [in Ukrainian].

10. Khasanova, R.F., & Suyundukov, Ya.T. (2009). Mnogoletniye travy i plodorodiye yuzhnykh chernozemov Bashkirskogo Zaural'ya [Perennial grasses and fertility of the southern chernozems of the Bashkir Trans-Urals]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk – Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 11, 1(4), 556–561 [in Russian].

11. Molecular mechanisms controlling legume autoregulation of nodulation Dugald E. Reid, Brett J. Ferguson, Satomi Hayashi, Yu-Hsiang Lin and Peter M. Gresshoff. *Annals of Botany* Vol. 108, No. 5 (October 2011), pp. 789–795. doi: 10.1093/aob/mcr205 [in English].

12. Spaynk, G., Kondoroshi, A., & Khukas, P. (2002). *Rhizobiaceae molekulyarnaya biologiya bakteriy vzaimod-eystvuyushchikh s rasteniyami; Russkiy perevod pod red. I.A. Tikhonovicha i N.A. Provorova [Rhizobiaceae molecular biology of bacteria interacting with plants; Russian translation, ed. I.A. Tikhonovich and N.A. Provorov]*. Sankt-Peterburg, 376–561 [in Russian].

13. Kozyrev, A.Kh. (2009). Nauchnoye obosnovaniye realizatsii biologicheskogo potentsiala lyutserny v tseentral'noy chasti Severnogo Kavkaza. Extended abstract of Doctor's thesis. Vladikavkaz, 43 [in Russian].

14. Milto, N.I. (1982). *Kluben'kovyye bakterii i produktivnost' bobovykh rasteniy [Nodule bacteria and the productivity of leguminous plants]*. Minsk : Nauka i tekhnika, 293 [in Russian].

15. Manoryk, A.V., Starchenkov, Yu.P., & Dotsenko, V.K. (1970). Zv'yazuvannya molekulyarnoho azotu bezkletynnyy ekstraktamy, oderzhanymy iz bakteroyidiv lyupynu zhovtoho (*Lupinus luteus*) [Binding of molecular nitrogen by cell-free extracts obtained from bacteroids of yellow lupine (*Lupinus luteus*)]. *Ser. Biolohiya – Series. Biology*, 2, 177–181 [in Ukrainian].

16. Tarchenkov, Ye.P. (1996). Problema simbioticheskoy azotfiksatsii: narodnokhozyaystvennoye znacheniye, dostizheniye i perspektivy issledovaniya [The problem of symbiotic nitrogen fixation: national economic significance, achievement and research prospects]. *Fiziologiya i biokhimiya kul'turnykh rasteniy – Physiology*

and biochemistry of cultivated plants, 28, 1-2, 36-52 [in Russian].

17. Tikhonovich, I.A., & Kruglov, Yu.V. (2005). *Biopreparaty v sel'skom khozyaystve. Metodologiya i praktika primeneniya mikroorganizmov v rastenyevodstve i kormoproizvodstve [Biopreparations in agriculture. Methodology and practice of using microorganisms in crop and fodder production]*. Moscow, 154 [in Russian].

18. Ailin Liu, Carolina A. Contador Kejing Fan, Hon-Ming Lam. (2018). Interaction and Regulation of Carbon, Nitrogen, and Phosphorus Metabolisms in Root Nodules of Legumes. *Front. Plant Sci.*, 18 December 2018. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01860> [in English].

19. Krutylo, D.V., & Parkhomenko, T.P. (2014). Efektyvnist' shtamiv bul'bochkovykh bakteriy soyi na foni mistsevykh populyatsiy ryzobiy [Efficiency of strains of soybean nodule bacteria against the background of local populations of rhizobia]. *Tezy Mizhnarodnoyi naukovoyi konferentsiyi : Seleksiya ta henetyka bobovykh kul'tur : suchasni aspekty ta perspektyvy – Abstracts of the International Scientific Conference: Breeding and Genetics of Legumes: Modern Aspects and Prospects*. Odesa : *Astropynt*, 246-248 [in Ukrainian].

20. Shtark, O.Yu., Borisov, A.Yu., & Zhukov, V.A. et al. (2011). Mnogokomponentnyy simbioz bobovykh s poleznymi pochvennyimi mikroorganizmami: geneticheskoye i evolyutsionnoye obosnovaniye ispol'zovaniya v adaptivnom rastenyevodstve [Multicomponent symbiosis of legumes with beneficial soil microorganisms: genetic and evolutionary substantiation of use in adaptive crop production]. *Ekologicheskaya genetika – Environmental genetics*, IX, 2, 80-94 [in Russian].

21. Tikhonovich, I.A., & Provorov, N.A. (2010). *Ekologo-geneticheskiye osnovy ispol'zovaniya bioraznoobraziya simbioticheskikh sistem dlya povysheniya produktivnosti rasteniy v usloviyakh ekologicheskoy ustoychivogo zemledeliya. Materialy mezhdunarodnogo agropromyshlennogo Kongressa Agrorus' : Innovatsii – osnovna razvitiya agropromyshlennogo kompleksa [Ecological and genetic foundations of using biodiversity of symbiotic systems to increase plant productivity in environmentally sustainable agriculture. Materials of the International Agro-Industrial Congress Agrorus: Innovation is the basis for the development of the agro-industrial complex]*. Sankt-Peterburg : Lenekspos, 38-61 [in Russian].

**Тищенко О.Д., Тищенко А.В., Біляєва І.М., Пілярська О.О., Куц Г.М. Вплив різних штамів *Sinorhizobium meliloti* на рівень симбіозу у популяції люцерни**

Останніми роками землеробство України функціонує за негативного балансу гумусу, азоту, фосфору та інших поживних речовин, 80–90% ґрунтів орних земель є деградованими. Тому як основний прийом підвищення родючості ґрунту і поліпшення його структури рекомендуються посіви багаторічних трав з їх тонко розгалуженою кореневою системою, яка пронизує шари ґрунту і спроможна до інтенсивної регенерації. Серед багаторічних трав особливе місце належить люцерні. **Метою** досліджень було визначення реакції різних сортів люцерни на інокуляцію штамми *Sinorhizobium meliloti* і виділення найбільш ефективного поєднання та взаємодії в симбіозі генотипів двох організмів. **Результати досліджень.** Високоєфективні симбіотичні системи можна сформувати шляхом ціле-

спрямованого добору партнерів за умови їх компліментарності один одному. За взаємодії двох факторів сорт-штам у певному їх поєднанні спостерігається синергізм, специфічність взаємодії зумовила 11,5–44,3% (в перший рік) та 22,3–37,9% (другий рік) мінливості цієї ознаки. При середньому значенні взаємодії факторів (сорт-штам) з роками збільшується сорто-штамова взаємодія. Сорти люцерни за насінневою продуктивністю розрізняються за сприйнятливістю до інокуляції штамми бульбочкових бактерій: частіше зустрічається специфічна взаємодія між генотипами сортів і штамми мікроорганізмів.

**Висновки.** Отриманий експериментальний матеріал показав, що одні сорти вступають в ефективний симбіоз з кількома штамми бульбочкових бактерій, інші – специфічні до певного штаму. Вміст азоту та лізину в білку в рослинах люцерни контролюється генотипами партнерів і залежить від специфіки сорто-штамової взаємодії. Загальне варіювання симбіотичної ознаки включає чотири складники, які виникають у результаті адитивних дій генотипів сортів і штамів бактерій, специфічної взаємодії сорт-штам, а також неконтрольованого варіювання симбіотичних ознак. Вони різняться за роками та характером використання травостою люцерни.

**Ключові слова:** люцерна, сорт, штам, симбіоз, мікроорганізми, насіннева продуктивність.

**Tishchenko O.D., Tishchenko A.V., Biliaieva I.M., Pilyarska O.O., Kuts G.M. Influence of different strains of *Sinorhizobium meliloti* on the level of symbiosis in alfalfa populations**

In recent years, Ukraine's agriculture has been operating with a negative balance of humus, nitrogen, phosphorus and other nutrients, 80-90% of arable soils are degraded. Therefore, as the main method of increasing soil fertility and improving its structure, it is recommended to sow perennial grasses with their thinly branched root system, which penetrates the soil layers and is capable of intensive regeneration. Among perennial herbs a special place belongs to alfalfa. **The aim** of the study was to determine the response of different varieties of alfalfa to inoculation with strains of *Sinorhizobium meliloti* and to identify the most effective combination and interaction in the symbiosis of genotypes of the two organisms. **Research results.** Highly effective symbiotic systems can be formed by purposeful selection of partners with their complementarity with each other. When the two factors of a variety-strain interact in a certain combination, synergism is observed, the specificity of the interaction caused 11.5–44.3% (in the first year) and 22.3–37.9% (second year) of the variability of this trait. With the average value of the interaction of factors (variety-strain) over the years increases the variety-strain interaction. Alfalfa cultivars differ in seed productivity in susceptibility to inoculation with nodule bacterial strains: specific interactions between cultivar genotypes and strains of microorganisms are more common. **Conclusion.** The obtained experimental material showed that some varieties enter into effective symbiosis with several strains of nodule bacteria, others are specific to a particular strain. The content of nitrogen and lysine in the protein in alfalfa plants is controlled by the genotypes of the partners and depends on the specifics of varietal-strain interaction. The general variation of the symbiotic trait includes four components that arise as a result of additive actions of genotypes of varieties and strains of bacteria, specific interaction of variety-strain, as well as uncontrolled variation of symbiotic traits. They differ in age and the nature of the use of alfalfa.

**Key words:** alfalfa, variety, strain, symbiosis, microorganisms, seed productivity.