

## СОРТОВІ ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ НОДУЛЯЦІЙНОГО АПАРАТУ БОБОВИХ КУЛЬТУР ЗА ВИКОРИСТАННЯ ІНОКУЛЯНТІВ І МІКОРИЗОУТВОРЮВАЛЬНОГО ПРЕПАРАТУ

**В. В. ЯЦЕНКО**, доктор філософії  
Уманський національний університет садівництва

*У статті наведено результати досліджень формування бобово-ризобіального симбіозу квасолі спаржевої, бобів овочевих і сої овочевої за використання біоінокулянтів та мікоризи. У ході вивчення впливу композицій препаратів на формування нодуляційного апарату бобових культур, підібрано більш ефективні симбіотичні поєднання для покращення функціонування нодуляційного апарату рослин, а саме: для бобів овочевих та квасолі спаржевої кращою виявилася композиція препаратів Андерізі 2 л/т + Мікофренд 1,5 л/т та окреме застосування інокулянту Андерізі; для сої овочевої – композиція препаратів Різолاین 2 л/т + Мікофренд 1,5 л/т та окреме застосування інокулянту Різолاین.*

**Ключові слова:** боби овочеві, квасоля спаржева, соя овочева, бульбочки, легоглобін.

**Постановка проблеми.** Кілька століть тому вплив господарської діяльності людини на природні умови Землі був незначним. Проте з інтенсивним розвитком промислового та сільськогосподарського виробництва збільшується антропогенне навантаження на навколишнє природне середовище [1]. Господарська діяльність людини значно впливає стан ґрунтового покриву, атмосфери, поверхневих та підземних вод, підсилюючи розвиток негативних процесів: ерозії, дегуміфікації, перезволоження, засолення та ін.

Зростання антропогенного впливу потребує певних зусиль щодо відновлення природних властивостей Землі. Для відновлення природно-ресурсного потенціалу земель необхідно забезпечити у процесі землеустрою – нормальне функціонування її як природно-біологічної системи. Зростає роль землеустрою у формуванні сталого землекористування, як екологізація стає нагальною проблемою сучасного періоду [2].

Охорона довкілля та необхідність підвищення сільськогосподарського виробництва зумовила необхідність дослідження нових стійких технологій. Симбіотичні відносини з мікроорганізмами відіграють важливу роль в житті рослин. Вони забезпечують мінеральне живлення, захист від патогенів і тварин, що живляться рослинами, адаптацію до стресів, а деякою мірою – і регуляцію розвитку рослин. Ці функції виконують різні внутрішньоклітинні симбіонти (бульбочкові бактерії, ендомікоризні гриби), ендofіти, які заселяють тканини

надземних і підземних органів, а також ектосимбіонти, які заселяють поверхню рослин. Хоча симбіотичні відносини з мікроорганізмами для рослини не є обов'язковими, в реальних екологічних умовах, за дефіциту основних елементів живлення і постійних стресів, її виживання значною мірою залежить від утворення симбіозів з мікроорганізмами.

Одним з найвагоміших результатів досліджень симбіотичної азотфіксації в останні роки стало виявлення сигналів, які регулюють специфіку мікробно-рослинної взаємодії. Арбускулярні мікоризні гриби і ризобактерії відіграють роль важливу роль як мікробних ендосимбіонтів у постачанні P і N до бобових рослин, що ростуть на ґрунтах із дефіцитом поживних речовин [3]. В обмін на P або N мікробні симбіонти отримують вуглець від бобових рослин-господарів. Таким чином утворена тристороння симбіотична асоціація (бобові–мікоризні гриби–ризобактерії). залежить від складного тристороннього відношення джерело-споживач, що включає обмін вуглецю на фосфор та вуглець на азот [4]. У більшості зареєстрованих випадків ці обміни мали позитивний вплив на ріст бобових [3, 5–12].

Бобові вважаються важливим джерелом білка для людини та кормом для тварин. Вони мають здатність фіксувати атмосферний азот ( $N_2$ ) через симбіоз з ризобактеріями. Ця характеристика дозволяє забезпечити їх азотне живлення без будь-яких хімічних добрив на відміну від інших культур. Фізіологічні особливості бульбочкових бактерій бобових культур становлять практичний інтерес. Наприклад, їхнє відношення до різних зольних елементів таке ж, як і в інших мікроорганізмів, оскільки вони живляться різними мінеральними солями [13]. Біологічна фіксація  $N_2$  за рахунок ризобій у бобових культур збільшує доступність N у порівнянні з неудобреними посівами [14–16]. Ризобактерії також можуть підвищити доступність P в ризосфері за допомогою солубілізуючих механізмів [17].

У цьому контексті дане дослідження було проведено з метою оцінки впливу симбіозу мікоризоутворюючого препарату та біоінокулянту на розвиток нодуляційного апарату квасолі спаржевої, бобів та сої овочевих.

**Методика дослідження.** Дослідження з вивчення сортових особливостей формування нодуляційного апарату бобових культур із застосуванням біоінокулянтів та мікоризоутворюючого препарату в умовах Правобережного Лісостепу України, проводилися у 2020–2021 рр. в НВВ Уманського НУС за схемою, яка включала по 12 варіантів з кожною культурою.

При вирощуванні бобів овочевих (сорти Віндзорські і Екстра grano violetto) та квасолі спаржевої (сорти Лаура і Пурпутова королева) вивчали вплив мікоризоутворюючого препарату Мікофренд (1,5 л/т) окремо і в суміші з біоінокулянтами Андеріз (2 л/т) та Ризоактив бобові (2 л/т); при вирощуванні сої овочевої (сорти Романтика та Sac (UD 0202500) вивчали вплив мікоризоутворюючого препарату Мікофренд (1,5 л/т) окремо і в суміші з біоінокулянтами Андеріз (2 л/т) та Різолан (2 л/т).

Закладання дослідів виконували методом рендомізації. Повторність досліду – чотириразова. Площа дослідної ділянки 100 м<sup>2</sup>. Посів бобів овочевих

проводили 25–28 березня, за схемою 45×10 см (222000 шт/га). Посів сої овочевої проводили 5–10 травня за схемою 45×5 см (444000 шт/га). Посів квасолі проводили 5–10 квітня за схемою 45×10 см (222000 шт/га).

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений важкосуглинковий з гумусовим горизонтом (гумусу біля 1,5 %) товщиною 40–45 см; рН (сольове) – 6,65; гідролітична кислотність – 2,6 мг.екв на 100 г ґрунту, ступінь насиченості основами 90–95 %, сума ввібраних основ – 24,6 мг.екв на 100г ґрунту. В орному шарі міститься 108,7 мг/кг ґрунту легкогідролізованого азоту (за Корнфілдом); 59 мг/кг – рухомого фосфору (за Чиріковим); 120,5 мг/кг – обмінного калію (за Чиріковим). Об’ємна маса ґрунту складає 1,26–1,34 г/см<sup>3</sup>, найменша польова вологемкість 16,2 % в орному і 14,6 % в підорному шарах [18]. Отже, тип ґрунту родючий за своїми фізико-хімічними властивостями та відповідає вимогам бобових культур.

Погодні умови були досить сприятливими у період проведення досліджень для вирощування бобових культур (рис. 1, 2).

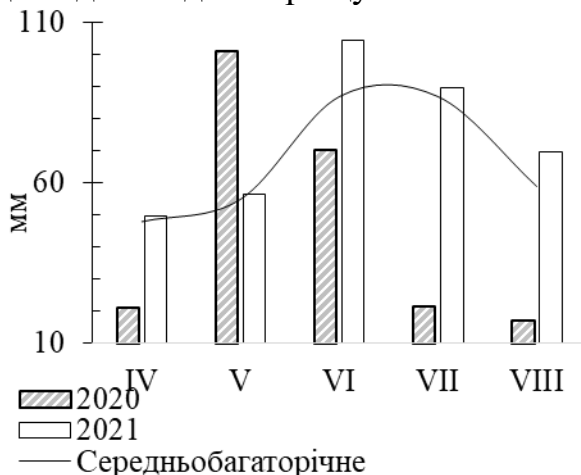


Рис. 1. Сума опадів, мм (2020-2021 рр.)

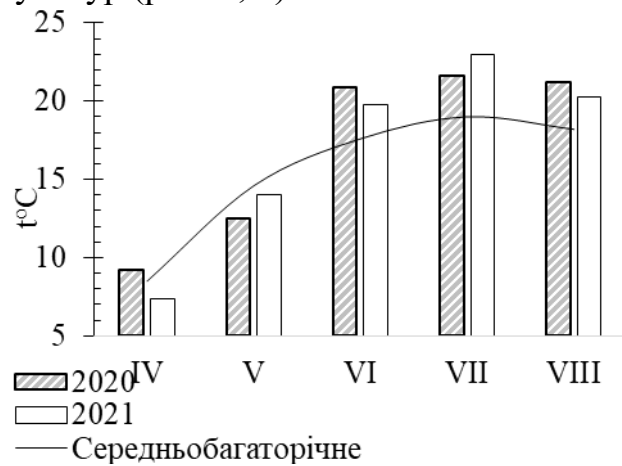


Рис. 2. Середня температура повітря, °C (2020-2021 рр.)

Бульбочки відокремлювали від коренів безпосередньо перед аналізом; брали 2 г бульбочок і розтирали за допомогою фарфорової ступки в калійфосфатному буфері (2 мл). Середні багаторічні дані суми опадів становлять 633 мм. Найбільше їх випадає у період червень-липень 25–30 %. Середньорічна кількість опадів за період вегетації рослин під час проведення досліджень в 2020–2021 рр. складала 230,9 і 370,7 мм, що менше від багаторічних на 105,1 мм і більше на 34,7 мм відповідно до року. Температура повітря за період досліджень істотно переважала середньобагаторічні дані (рис. 2), що звісно впливало на проходження фенологічних фаз росту і розвитку рослин, але не істотно. Погодні умови впродовж 2020–2021 рр. за основними показниками відрізнялися, тому ефективність дослідження оцінено об’єктивно, а отримані дані – достовірні.

**Облік розвитку нодуляційного апарату бобових культур** проводили у фазу технічної (збиральної) стиглості бобів:

- число і масу активних бульбочок визначали методом взяття моноліту (розмір 55×45×15 см), потім відмивали бульбочки.

- вміст левоглобіну знаходили користуючись методикою Г. С. Посипанова:

1. Приготування 0,1 М (КФБ), рН = 7,2;

2. Бульбочки відокремлювали від коренів безпосередньо перед аналізом; брали 2 г бульбочок і розтирали за допомогою фарфорової ступки в калійфосфатному буфері (2 мл);

3. Отриману масу переносили в охоложені центрифужні пробірки. Центрифугування – 20 хв., кількість оборотів – 7–8 тис. за хвилину;

4. Отриманий супернатант переносили у пробірки (10 мл);

5. Потім в пробірки додавали 2,43 г сульфату амонію, щоб ступінь насичення склав 40 % і перемішували отриману наважку скляною паличкою. Ставили супернатант у холодильник для одержання осаду на 3 год;

6. Отриманий осад відокремлювали за допомогою центрифугування, протягом 20 хв., кількість оборотів: 7–8 тис. за хвилину; центрифугат переносили в градуйовані пробірки і визначали отриманий об'єм, потім фотокolorиметрували (довжина хвилі – 525 нм, світлофільтр зелений, товщина кювети має бути 1 см).

Для аналізу мінливості досліджуваних ознак використовували показник коефіцієнта варіації, відносної величини, що характеризує розсіювання (мінливість) ознаки. Цей показник є відношенням середнього квадратичного відхилення (SD) до середнього арифметичного ( $\bar{x}$ ), і виражається у відсотках:

$$CV = \frac{SD}{\bar{x}}.$$

Коефіцієнт варіації застосовувався для порівняння мінливості ознак, що виражені в різних одиницях вимірювання. Ступінь варіювання вимірювали за шкалою відношень:

$CV < 10\%$  – варіація слабка;

$CV 11–25\%$  – середня;

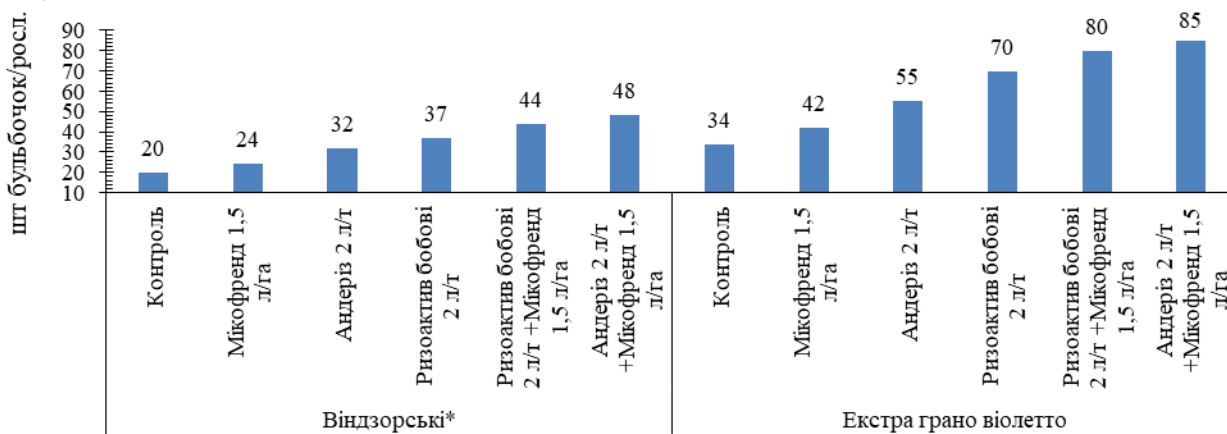
$CV > 25\%$  – значна [19, 20] з використанням комп'ютерних програм Excel та Statistica 10.

Статистичну обробку отриманих результатів проводили з розрахунком середнього арифметичного ( $\bar{x}$ ) стандартного відхилення (SD), розрахованого за допомогою Microsoft Excel 2016 та Statistica 10. Отримані дані порівнювали, використовуючи дисперсійний аналіз.

**Результати досліджень. Розвиток нодуляційного апарату бобів овочевих залежно від сорту та мікробіологічних препаратів.** У рослин кормових бобів тип азотного живлення змінюється в залежності від умов росту. З погляду біологізації землеробства вигідніше симбіотрофне живлення, ніж автотрофне, тому що при цьому покращуються екологічні умови в агроценозі та знижується техногенне навантаження на ґрунт, а також економія виробничих витрат. Для цього необхідно забезпечити оптимальні умови для бобово-ризобіального симбіозу. Фіксація атмосферного азоту бульбочковими

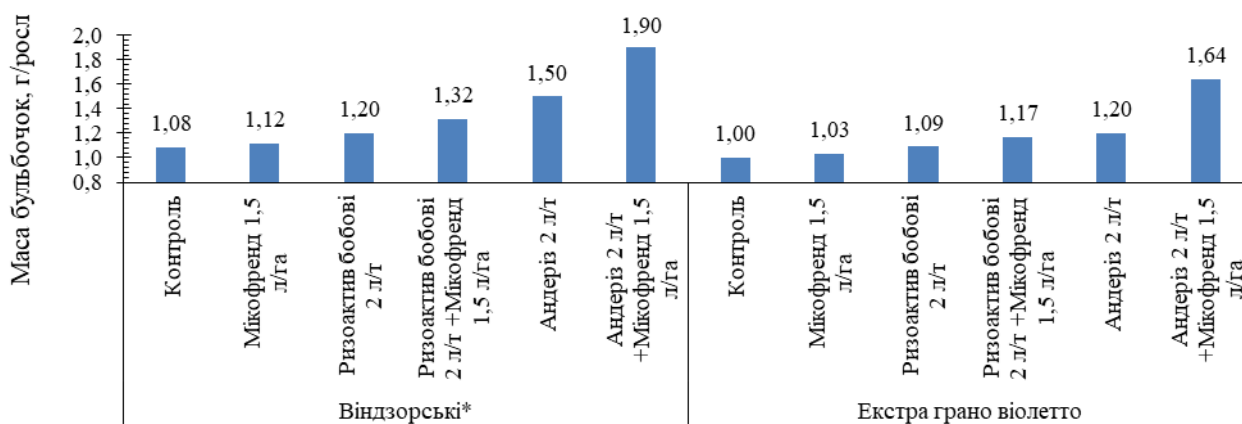
бактеріями починається приблизно на 15–20-й день після появи сходів, але на початку вегетаційного періоду азотфіксація проходить повільно. Триває цей процес до старіння рослин, а помітна активність його спостерігається у фазі цвітіння – утворення бобів.

Дані рисунків 3 та 4 свідчать про зміни показників симбіотичного апарату під впливом досліджуваних препаратів та значну варіацію отриманих результатів –  $CV = 43\%$ .



**Рис. 3. Кількість азотфіксуючих бульбочок бобу овчевого залежно від сорту та мікробіологічних препаратів, шт/росл. (2020–2021)**

( $HIP_{05} = A-1,96; B-1,24; AB-2,77; CV = 43\%$ )



**Рис. 4. Маса азотфіксуючих бульбочок бобу овчевого залежно від сорту та мікробіологічних препаратів, г/росл. (2020–2021)**

( $HIP_{05} = A-0,03; B-0,02; AB-0,04; CV = 21\%$ )

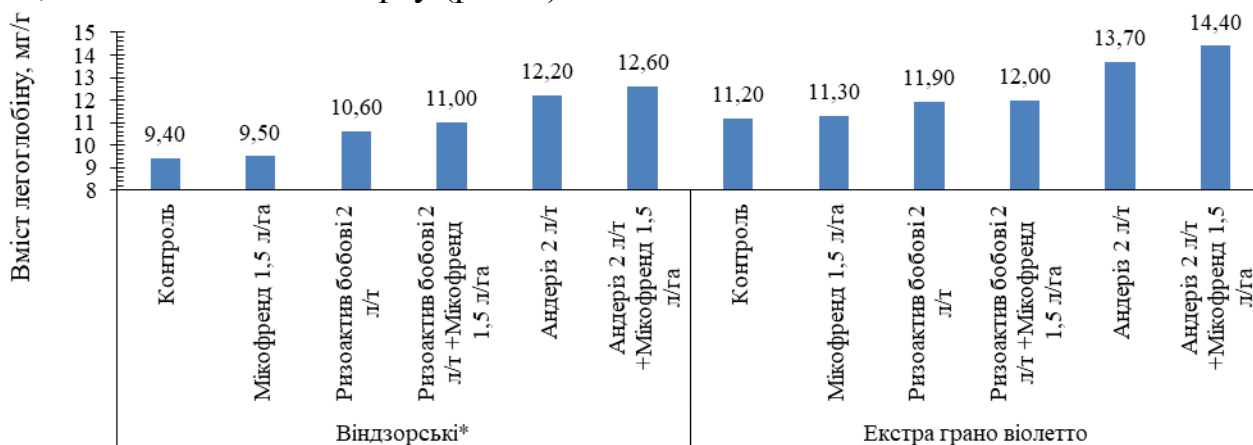
Сумісна обробка біоінокулянтами з мікоризоутворювачем була більш ефективною відносно інших варіантів дослідження. Передпосівна обробка сумішшю Андеріз + Мікофрнед сприяла збільшенню кількості бульбочок на одній рослині на 135 і 140 % та їх маси на 75,9 і 64,0 % відповідно до сорту.

Виявлено сортові особливості формування симбіотичного апарату, сорт Віндзорські утворював меншу кількість проте більших за масою бульбочок, а сорт Екстра grano violetto навпаки – більшу кількість, меншої маси, незалежно від варіанту. Варіювання показників даної ознаки складало 21 %.

Виявлено, що біоіноулянт Ризоактив бобові більш істотно збільшує кількість бульбочок на коренях, проте менш істотно сприяє збільшенню їх маси, в той час, як Андеріз має менший ефект на збільшення кількості бульбочок, проте істотно збільшує їх масу, що значно краще, адже саме великі бульбочки є активною складовою симбіотичного апарату, і саме вони залишають біологічний азот у ґрунті.

Одним із якісних показників симбіотичного апарату є вміст левоглобіну в бульбочках. Активність азотфіксації більшою мірою залежить якраз від вмісту та концентрації левоглобіну в бульбочках, ніж від їх кількості та маси. Тому вивчення впливу інокуляції та мікоризації насіння на вміст левоглобіну має високий практичний інтерес.

У наших дослідженнях концентрація левоглобіну в бульбочках найбільш істотно підвищувалася з окремим та сумісним застосуванням біоінокулянту Андеріз з мікоризоутворюючим препаратом. Передпосівна обробка сумішшю Андеріз + Мікофрнед сприяла збільшенню концентрації левоглобіну на 34,0 і 28,6 % відповідно до сорту (рис. 5).



**Рис. 5. Вміст левоглобіну в азотфіксуючих бульбочках бобу овочевого залежно від сорту та мікробіологічних препаратів, мг/г сирих бульбочок (2020–2021)**  
( $HIP_{05} = A-0,33; B-0,21; AB-0,47; CV = 12 \%$ )

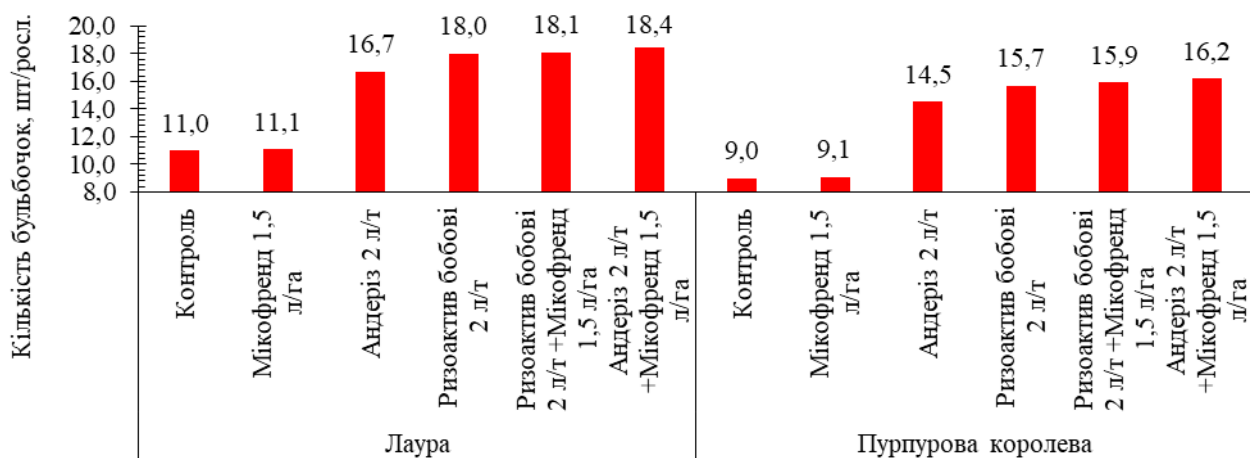
Застосування суміші Ризоактив бобові + Мікофрнед було дещо менш ефективними. Варіювання показників даної ознаки було середнім,  $CV = 12 \%$ , що вказує на низьку залежність від попередніх показників.

Неістотне збільшення левоглобіну у варіанті з Мікофрнедом свідчить про те, що зниження концентрації фітопатогенів у ризосфері сприяє покращенню функціонування азотфіксації, за рахунок зменшення конкуренції бульбочкових бактерій з фітопатогенами та іншими мікроорганізмами.

Таким чином, результативність функціонування симбіотичного апарату кормових бобів, а саме концентрація левоглобіну в бульбочках, крім кліматичних умов, багато в чому визначалася досліджуваними факторами.

**Формування продуктивності нодуляційного апарату квасолі спаржевої.** Біоінокулянти Андеріз та Ризоактив бобові проявили себе більш ефективно, як окремо так і в суміші з Мікофрнедом, де показники кількості

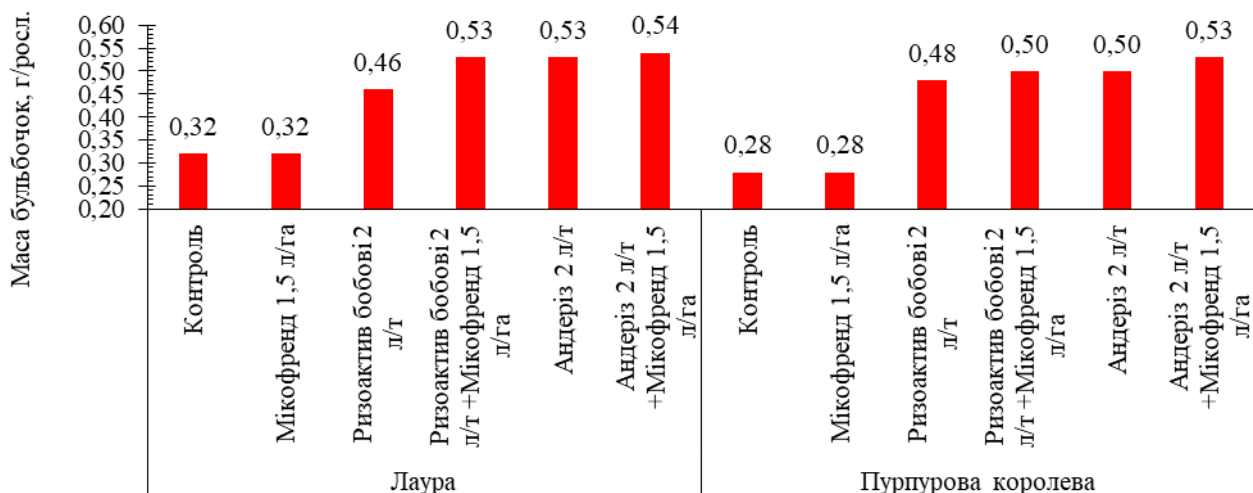
бульбочок на одній рослині становили 18,1 і 18,4 шт/роsl. у сорту Лаура та 15,9 і 16,2 шт/роsl. у сорту Пурпурова королева, що в свою чергу було більше від контрольного варіанті кожного сорту на 20,0–32,1 %. Розмах варіювання даної ознаки знаходився на межі середнього рівня – 23 % (рис. 6).



**Рис. 6. Кількість азотфіксуючих бульбочок квасолі спражевої залежно від сорту та мікробіологічних препаратів, шт/роsl. (2020–2021)**

( $HIP_{05} = A-0,38; B-0,24; AB-0,53; CV = 23\%$ )

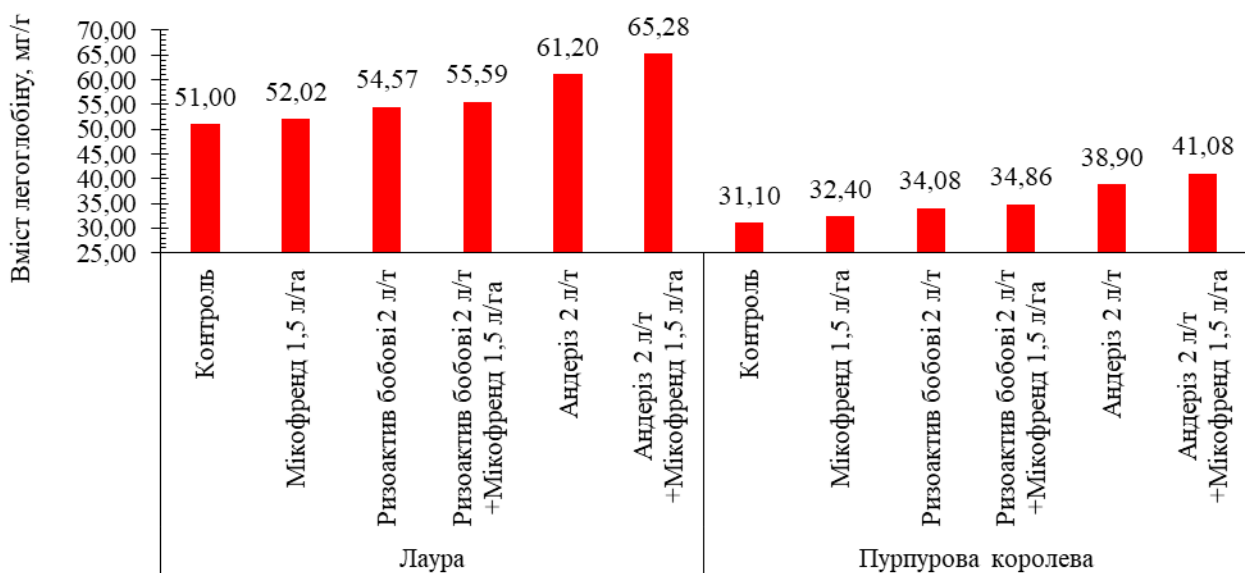
Маса бульбочок (рис. 7) також істотно зростала за окремого і комбінованого використання біоінокулянту Андеріс – 65,6–68,8 % у сорту Лаура та 78,6 і 89,0 % у сорту Пурпурова королева. Варіювання показників також становило 23 %.



**Рис. 7. Маса азотфіксуючих бульбочок квасолі спражевої залежно від сорту та мікробіологічних препаратів, г/роsl. (2020–2021)**

( $HIP_{05} = A-0,017; B-0,010; AB-0,023; CV = 23\%$ )

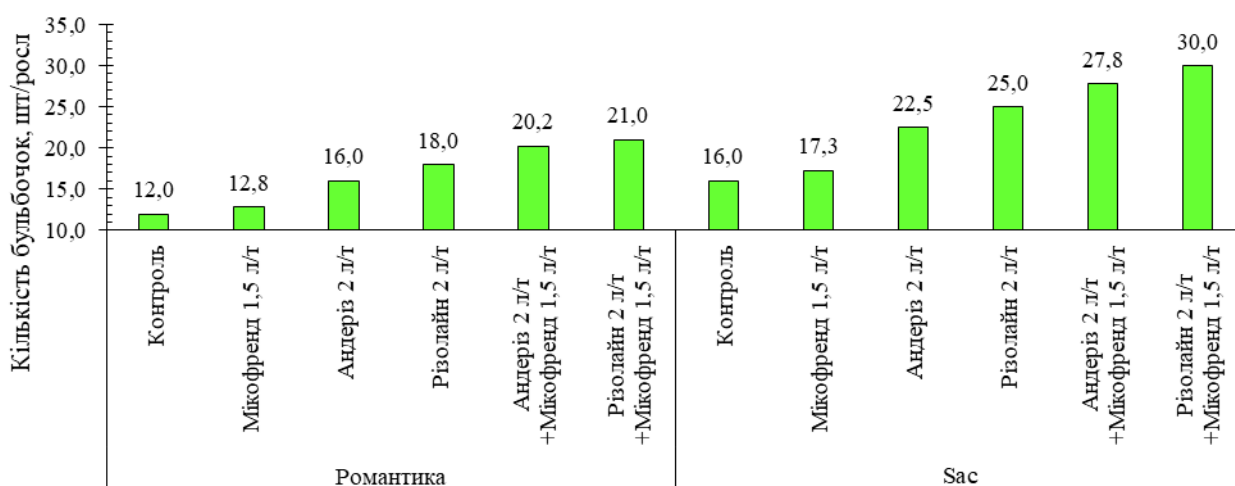
Концентрація леоглобіну за використання інокулянтів зростала з 54,57 мг/г або на 7,0 % з використанням інокулянту Ризоактив бобові до 65,28 мг/г або 28,0 % за комбінованого використання Мікофренду з інокулянтом Андеріс (рис. 8).



**Рис. 8. Вміст леґгемобіну в азотфіксуючих бульбочках квасолі спаржевої залежно від сорту та мікробіологічних препаратів, мг/г сирих бульбочок (2020 – 2021)**  
( $HIP_{05} = A-0,60; B-0,38; AB-0,85; CV = 25 \%$ )

Отримані дані значно варіювало, Отримані дані значно варіювали,  $CV = 25 \%$ , що вказує на певну залежність між показниками росту бульбочок і вмістом леґгемобіну.

**Розвиток нодуляційного апарату сої овочевої залежно від сорту та біопрепарату.** Формування азотфіксуючих бульбочок на коренях рослин сої овочевої істотно варіювало –  $CV = 27 \%$ , що вказує на високу ефективність досліджуваних препаратів (рис. 9).



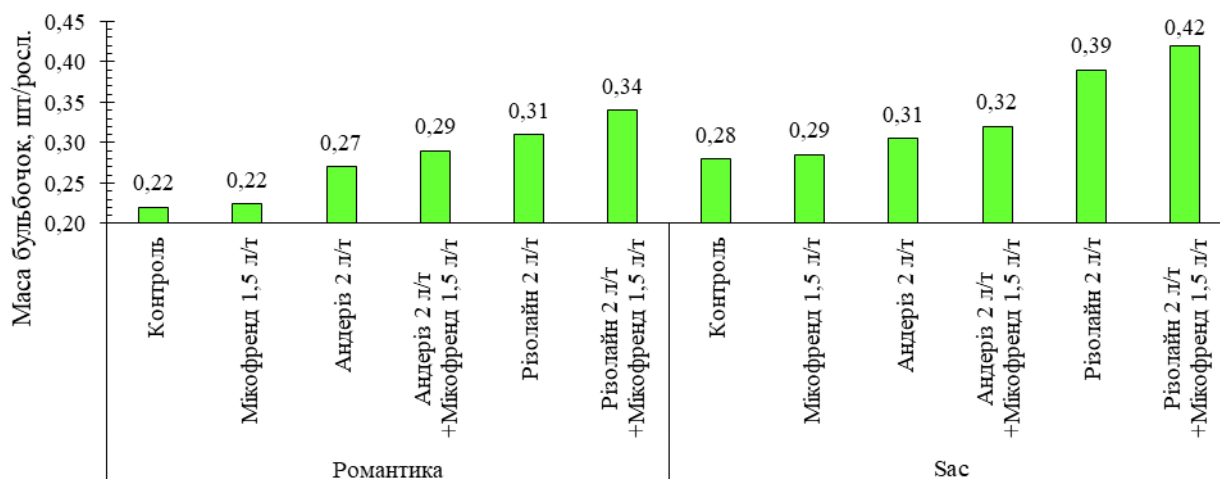
**Рис. 9. Кількість бульбочок на коренях рослин сої овочевої залежно від сорту та біопрепарату (2020-2021 рр.), шт/росл.**  
( $HIP_{05} = A-0,010; B-0,006; AB-0,014; CV = 27 \%$ )

Найбільш ефективним виявилось застосування комбінації препаратів. Суміш Різолайн+Мікофренд була найефективнішою у обох сортів, де кількість бульбочок збільшувалася на 75,0 і 87,5 % відносно контролю у сорту Романтика



і Sac. Дещо меншу ефективність показала суміш Андеріз+Мікофренд, де кількість ризобій збільшилася на 68,3 і 73,8 %. Окреме застосування біоінокулянтів сприяло збільшенню кількості ризобій на 33,3–56,3 % залежно від сорту і варіанту.

Маса бульбочок варіювала помітно – CV = 19 %, проте збільшення даного показника було також істотним. Суміш Різолاین+Мікофренд була найефективнішою у обох сортів, де маса бульбочок збільшувалася на 54,5 і 50,0 % відносно контролю у сорту Романтика і Sac (рис. 10).



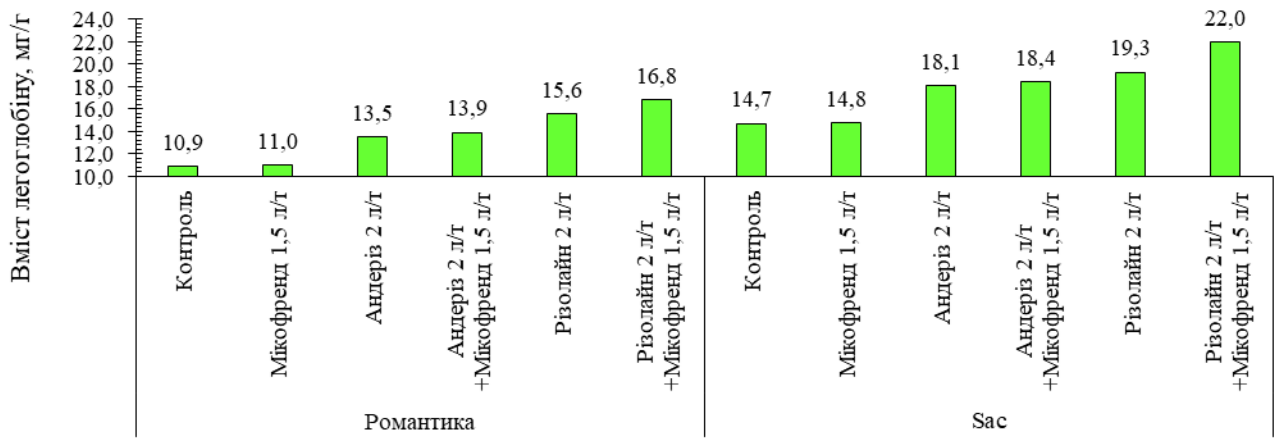
**Рис. 10. Маса бульбочок на коренях рослин сої овочевої залежно від сорту та біопрепарату (2020-2021 рр.), г/росл.**  
( $HIP_{05} = A-0,006; B-0,004; AB-0,008; CV = 19\%$ )

Ефективність окремо використаних біоінокулянтів була також досить високою. Маса бульбочок за використання інокулянтів Андеріз та Різолاین збільшувалася на 8,9–31,8 %.

Отже, результати проведеного дослідження свідчать про високу ефективність застосування біоінокулянтів окремо та сумісно з мікоризоутворюючим препаратом, для збільшення накопичення біологічного азоту в ґрунті. Концентрація леоглобіну у бульбочках сої овочевої збільшувалася до 54,1 % у сорту Романтика та до 49,7 % у сорту Sac за комбінованого використання препаратів Різолاین 2 л/т + Мікофренд 1,5 л/т. Варіювання показників при цьому було середнім, CV = 20 % (рис. 11).

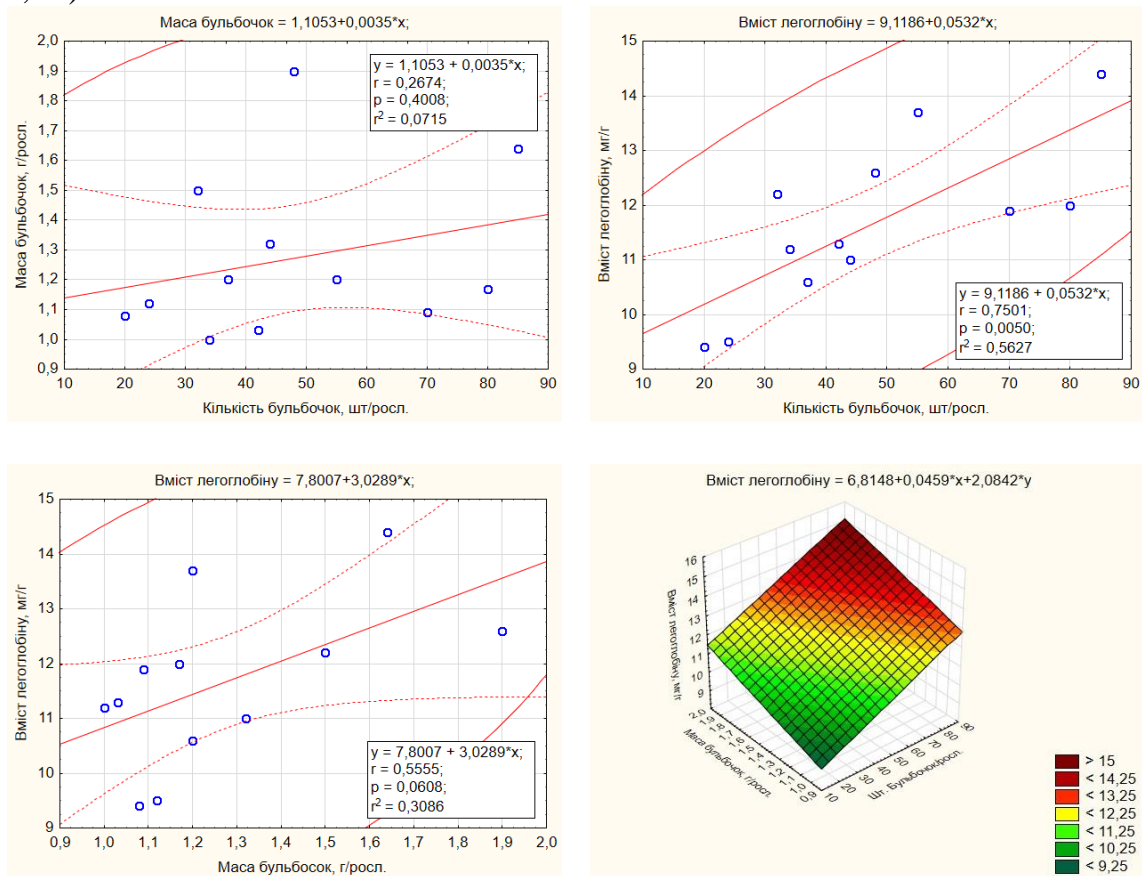
Показники варіації даних різних бобових культур вказали на посилення тісноти зв'язку між кількісними і якісними показниками азотфіксуючих бульбочок. Тобто, при більш-менш вирівняних показниках варіації прослідковується середня або сильна залежність.

Наведені результати статистичного аналізу відображають не тільки залежність росту і розвитку азотфіксуючих бульбочок, а й накопичення леоглобіну, адже саме від його концентрації і залежить ефективність симбіотичної фіксації азоту.



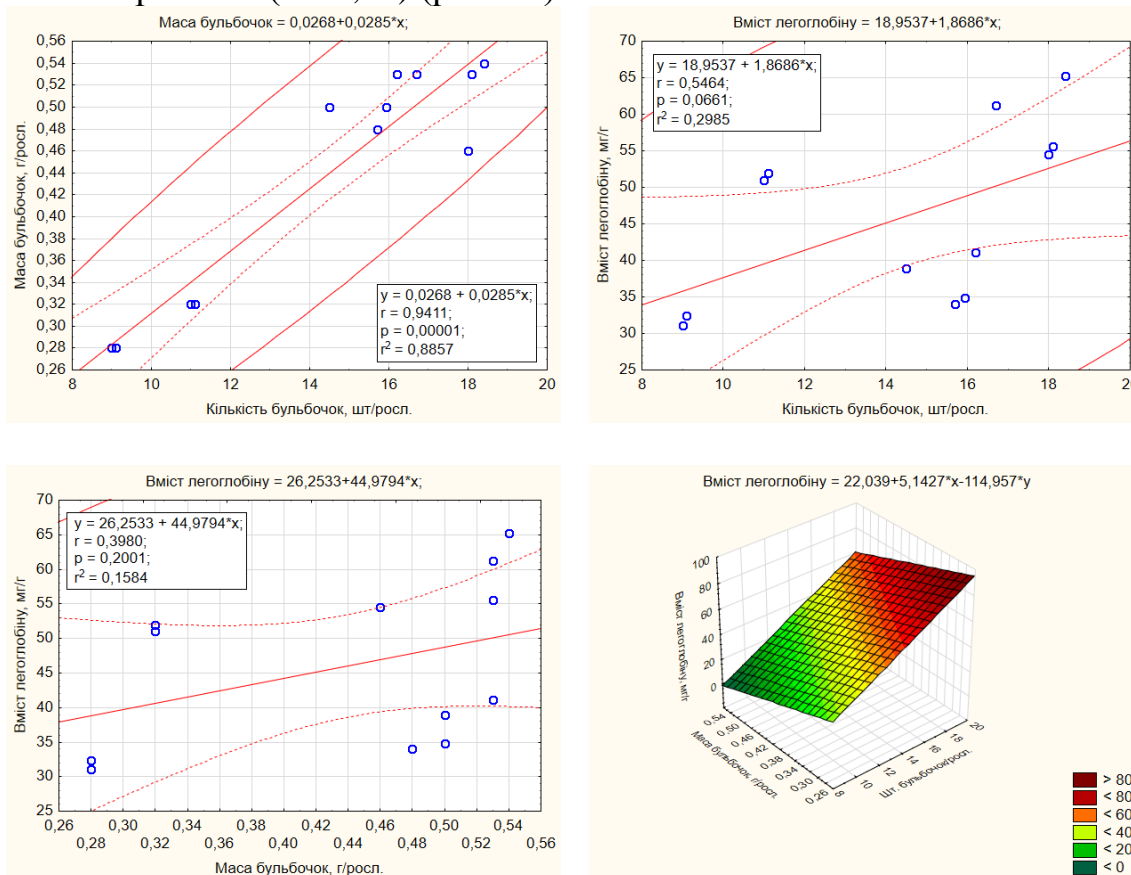
**Рис. 11. Вміст легоглобіну в азотфіксуючих бульбочках сої овочевої залежно від сорту та мікробіологічних препаратів, мг/г сирих бульбочок (2020 – 2021)**  
*(HIP<sub>05</sub> = A-0,33; B-0,21; AB-0,46; CV = 20 %)*

З графічного матеріалу рисунку 12 видно, що у бобів овочевих існує високий зв'язок між вмістом легоглобіну і масою бульбочок ( $r = 0,75$ ) та середню залежність між масою бульбочок, мг/росл. і вмістом легоглобіну мг/г ( $r = 0,55$ ).



**Рис. 12. Статистичні моделі залежності між показниками продуктивності нодуляційного апарату бобів овочевих**

У квасолі спаржевої виявлено тісний зв'язок між масою бульбочок та їх кількістю на рослині ( $r = 0,94$ ) (рис. 13).



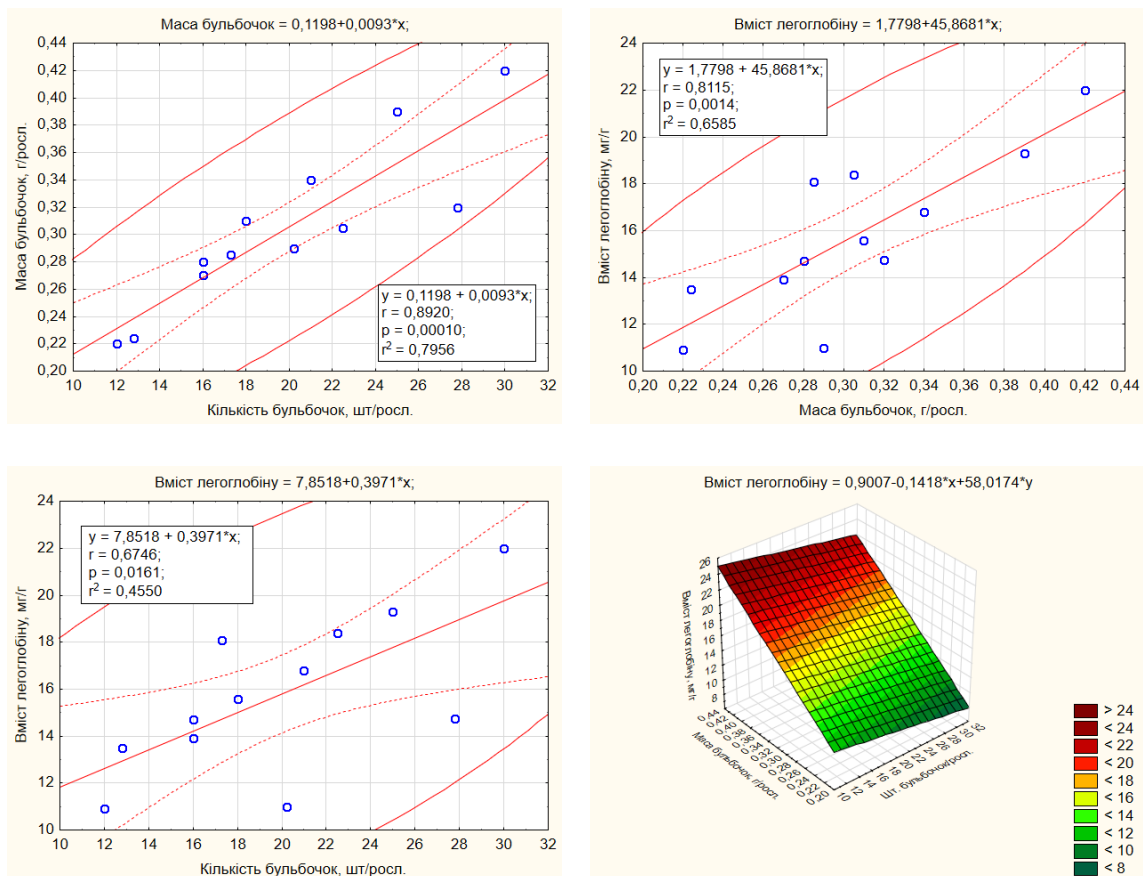
**Рис. 13. Статистичні моделі залежності між показниками продуктивності нодуляційного апарату квасолі спаржевої**

Встановлено середню залежність вмісту левоглобіну від кількості бульбочок на рослині ( $r = 0,54$ ) та слабку залежність між вмістом левоглобіну і масою бульбочок ( $r = 0,39$ ).

Статистична обробка даних по сої овочевої показала, більш тісний зв'язок між всіма показниками. Так, тісну кореляцію ( $r = 0,89$ ) виявлено між масою бульбочок і їх кількістю на рослині; високий зв'язок ( $r = 0,81$ ) – між вмістом левоглобіну і масою бульбочок та помітний зв'язок ( $r = 0,67$ ) між вмістом левоглобіну і кількістю бульбочок (рис. 14).

**Висновки.** За результатами дослідження випробувані симбіотичні поєднання покращували розвиток симбіотичного апарату бобових культур. Підібрано більш ефективні композиції препаратів для покращення функціонування нодуляційного апарату рослин, а саме: для бобів овочевих та квасолі спаржевої кращою виявилася композиція препаратів Андеріс 2 л/т + Мікофренд 1,5 л/т та окреме застосування інокулянту Андеріс; для сої овочевої – композиція препаратів Різолан 2 л/т + Мікофренд 1,5 л/т та окреме застосування інокулянту Різолан.

Види бобових культур так і їх сорти по різному реагують на умови вирощування, а перебіг продукційних процесів істотно залежить від сортових особливостей та мікробіологічних препаратів.



**Рис. 14. Статистичні моделі залежності між показниками продуктивності нодуляційного апарату сої овочевої**

Результати статистичного аналізу показали силу зв'язку росту і розвитку азотфіксуючих бульбочок й накопичення левоглобіну. Кореляційно-регресійний аналіз показав, що формування продуктивності нодуляційного апарату бобових культур істотно різниця між собою (у квасолі спаржевої та бобів овочевих спостерігався середній і слабкий зв'язок між показниками, а в сої овочевої – сильний і тісний), що в подальшому потрібно враховувати.

### Література:

1. Третяк А. М. Екологія землекористування: теоретико-методологічні основи формування та адміністрування: монографія. Херсон: Гринь Д. С., 2012. 440 с.
2. Korir H., Mungai N. W., Thuita M., Hamba Y., Masso C. Co-inoculation Effect of Rhizobia and Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Common Bean Growth in a Low Phosphorus Soil. *Front. Plant Sci.* 2017. № 8. P. 141.
3. Azcón D. A., Azcón R. B., Barea J. M., Endomycorrhizal fungi and Rhizobium as biological fertilizer for *Medicago sativa* in normal cultivation. *Nature* 1979. № 249. P. 325–327.
4. Brown M. S., Bethlenfalvay G. J. The Glycine–Glomus–Rhizobium symbiosis VI. Endophyte effects on leaf carbon, nitrogen and phosphorus nutrition. *Journal of Plant Nutrition.* 1986. № 9. P. 1199–1212.
5. Paul E. A., Kucey R. M. N. Carbon flow in plant microbial associations. *Science.* 1981. № 213. P. 473–474.

6. Harris D. S., Pacovsky R. S., Paul E. A. Carbon economy of soybean–Rhizobium–Glomus associations. *New Phytologist*. 1985. № 101. P. 427–440.
7. Brown M. S., Bethlenfalvay G. J. The Glycine–Glomus–Rhizobium Symbiosis VII. Photosynthetic nutrient-use efficiency in nodulated, mycorrhizal soybeans. *Plant Physiology*. 1988. № 86. P. 1292–1297.
8. Raklami A., Bechtaoui N., Tahiri A., Anli M., Abdelilah M., Oufdou, K. Use of Rhizobacteria and Mycorrhizae Consortium in the Open Field as a Strategy for Improving Crop Nutrition, Productivity and Soil Fertility. *Frontiers in Microbiology*. 2019. № 10. P. 106.
9. Islam M. S., Ali M., Hasan M., Wais A., Hakim M., Asm B., Hafeez A. G., Bari, A. K. M., Chowdhury M. Response of Sulphur and Zinc on The Growth and Yield Traits of Sesame (*Sesamum indicum* L.) At Old Himalayan Piedmont Plain Soil. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*. 2019. № 3(1). P. 98–115.
10. Loubna B., Lahrouni M., El Khalloufi F., Göttfert M., Oufdou K. Effects of Rhizobium leguminosarum inoculation on growth, nitrogen uptake and mineral assimilation in Vicia faba plants under salinity stress. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 2017. № 19. P. 889–901.
11. Ossler J., Zielinski C., Heath, K. Tripartite mutualism: Facilitation or trade-offs between rhizobial and mycorrhizal symbionts of legume hosts. *American journal of botany*. 2015. № 102. P. 1332–1341.
12. Oufdou K., Benidire L., Lyubenova L., Daoui K., Fatemi, Zain El A., Schröder P. Enzymes of the glutathione–ascorbate cycle in leaves and roots of rhizobia-inoculated faba bean plants (*Vicia faba* L.) under salinity stress. *European Journal of Soil Biology*. 2014. № 60. P. 98–103.
13. Pate J. S., Dart P. J. Nodulation studies in legumes – IV. The influence of inoculums strain and of application of ammonium nitrate on symbiotic response *Plant and Soil*. 1961. № 4. P. 329.
14. Zhao M., Jones C.M., Meijer J., Lundquist P.O., Fransson P., Carlsson G., Hallin S., Intercropping affects genetic potential for inorganic nitrogen cycling by root-associated microorganisms in Medicago sativa and Dactylis glomerata, *Appl. Soil Ecol*. 2017. № 119. P. 260–266.
15. Kabbadj A., Makoudi B., Mouradi M., Pauly N., Frendo P., Ghoulam C. Physiological and biochemical responses involved in water deficit tolerance of nitrogen-fixing *Vicia faba*, *PLoS One*. 2017. № 12 (12). P. 284.
16. Ehrmann J., Ritz K., Plant: soil interactions in temperate multi-cropping production systems, *Plant Soil*. 2014. № 376 (1–2). P. 1–29.
17. Khadraji A, Mouradi M., Bassour H., Ghoulam C. Phosphate solubilization capacity, salinity and drought tolerance of rhizobia nodulating chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Moroc. J. Chem*. 2017. № 5 (4). P. 722–729.
18. Недвига М. В. Морфологічні критерії та генезис сучасних ґрунтів України. Київ: Сільгоспосвіта, 1994. 344 с.
19. Shing M., Ceccarelli S., Hambling J. Estimation of heritability from varietal trials data. *Theoretical and Applied Genetics*. 1993. № 86. P. 437–441.
20. Любич В. В., Войтовська В. І., Третякова С. О., Климович Н. М. Технологічне оцінювання якості насіння сої залежно від сорту. *Вісник Уманського НУС*. Умань, 2020. № 2. С. 32–37.

## References:

1. Tretyak, A. M. (2012). *Ecology of land use: theoretical and methodological foundations of formation and administration*. Kherson: Green D.S., 2012. 440 p. (in Ukrainian).
2. Korir, H., Mungai, N. W., Thuita, M., Hamba, Y., Masso, C. (2017). Co-inoculation Effect of Rhizobia and Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Common Bean Growth in a Low Phosphorus Soil. *Front. Plant Sci.*, 2017, no. 8, pp. 141.
3. Azcón, D. A., Azcón, R. B., Barea, J. M. (1979). Endomycorrhizal fungi and Rhizobium as biological fertilizer for *Medicago sativa* in normal cultivation. *Nature*, 1979, no. 249, pp. 325–327.
4. Brown, M. S., Bethlenfalvay, G. J. (1986). The Glycine–Glomus–Rhizobium symbiosis VI. Endophyte effects on leaf carbon, nitrogen and phosphorus nutrition. *Journal of Plant Nutrition*, 1986, no. 9, pp. 1199–1212.
5. Paul, E. A., Kucey, R. M. N. (1981). Carbon flow in plant microbial associations. *Science*, 1981, no. 213, pp. 473–474.
6. Harris, D. S., Pacovsky, R. S., Paul, E. A. (1985). Carbon economy of soybean–Rhizobium–Glomus associations. *New Phytologist*, 1985, no. 101, pp. 427–440.
7. Brown, M. S., Bethlenfalvay, G. J. (1988). The Glycine–Glomus–Rhizobium Symbiosis VII. Photosynthetic nutrient-use efficiency in nodulated, mycorrhizal soybeans. *Plant Physiology*, 1988, no. 86, pp. 1292–1297.
8. Raklami, A., Bechtaoui, N., Tahiri, A., Anli, M., Abdelilah, M., Oufdou, K. (2019). Use of Rhizobacteria and Mycorrhizae Consortium in the Open Field as a Strategy for Improving Crop Nutrition, Productivity and Soil Fertility. *Frontiers in Microbiology*, 2019, no. 10, pp. 106.
9. Islam, M. S., Ali, M., Hasan, M., Wais, A., Hakim, M., Asm, B., Hafeez, A. G., Bari, A. K. M., Chowdhury, M. (2019). Response of Sulphur and Zinc on The Growth and Yield Traits of Sesame (*Sesamum indicum* L.) At Old Himalayan Piedmont Plain Soil. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 2019, no. 3(1), pp. 98–115.
10. Loubna, B., Lahrouni, M., El Khalloufi, F., Göttfert, M., Oufdou, K. (2017). Effects of *Rhizobium leguminosarum* inoculation on growth, nitrogen uptake and mineral assimilation in *Vicia faba* plants under salinity stress. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2017, no. 19, pp. 889–901.
11. Ossler, J., Zielinski, C., Heath, K. (2015). Tripartite mutualism: Facilitation or trade-offs between rhizobial and mycorrhizal symbionts of legume hosts. *American journal of botany*, 2015, no. 102, pp. 1332–1341.
12. Oufdou, K., Benidire, L., Lyubenova, L., Daoui, K., Fatemi, Zain, El A., Schröder, P. (2014). Enzymes of the glutathione–ascorbate cycle in leaves and roots of rhizobia-inoculated faba bean plants (*Vicia faba* L.) under salinity stress. *European Journal of Soil Biology*, 2014, no. 60, pp. 98–103.
13. Pate, J. S., Dart P. J. (1961). Nodulation studies in legumes – IV. The influence of inoculums strain and of application of ammonium nitrate on symbiotic response. *Plant and Soil*, 1961, no. 4, pp. 329.
14. Zhao M., Jones C.M., Meijer J., Lundquist P. O., Fransson P., Carlsson G., Hallin S., (2017). Intercropping affects genetic potential for inorganic nitrogen cycling by root-associated microorganisms in *Medicago sativa* and *Dactylis glomerata*. *Appl. Soil Ecol.*, 2017, no. 119, pp. 260–266.

15. Kabbadj A., Makoudi B., Mouradi M., Pauly N., Frendo P., Ghoulam C. (2017). Physiological and biochemical responses involved in water deficit tolerance of nitrogen-fixing *Vicia faba*, PLoS One, 12 (12) e0190284.
16. Ehrmann J., Ritz K. (2014). Plant: soil interactions in temperate multi-cropping production systems, Plant Soil, 376 (1–2), 1–29.
17. Khadraji A, Mouradi M., Bassour H., Ghoulam C. (2017). Phosphate solubilization capacity, salinity and drought tolerance of rhizobia nodulating chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Moroc. J. Chem.*, 2017, no. 5 (4), pp. 722–729.
18. Nedvyha M. V. (1994). Morphological criteria and genesis of modern soils of Ukraine. Kyiv: Agroeducation, 1994. 344 p. (in Ukrainian).
19. Shing M., Ceccarelli S., Hambling J. (1993). Estimation of heritability from varietal trials data. *Theoretical and Applied Genetics*, 1993, no. 86, pp. 437–441.
20. Lyubich V. V., Voitovska V. I., Tretyakova S. O., Klimovich N. M. (2020). Technological evaluation of soybean seed quality depending on the variety. *Bulletin of Uman NUS*, 2020, no. 2, pp. 32–37. (in Ukrainian).

### **Annotation**

**Yatsenko V.**

***Variety features of formation of nodulation apparatus of bean cultures using bioinoculants and micorise-forming drug***

*The presence of an active symbiotic apparatus is important to support the adaptation of legume cultivation. The aim of this study was to quantify the ability of legumes (haricot, beans and vegetable soybeans) to symbiotic productivity using mycorrhiza and bioinoculants. In the field, the study focused on two main factors: variety and separate or combined (combined) use of mycorrhiza with bioinoculants. Studies on the effects of inoculants Anderiz, Rizolayne and Rizoaktiv bobovi together with and separately with the mycorrhizal drug Mykofrend were conducted during 2020–2021 in the research field of the Departments of Vegetable and Crop production of Uman National University of Horticulture.*

*In the course of studying the influence of compositions on the formation of the nodulation apparatus of legumes, significant differences between crops were revealed. Thus, the variation of the studied traits in legumes was noticeable and significant: in beans CV = 43; 21 and 12 %; in haricot CV = 23; 23 and 25 %; in vegetables soybean CV = 27, 19 and 20 %.*

*More effective symbiotic combinations were selected to improve the functioning of the nodulation apparatus of plants, namely: for vegetable beans and asparagus beans the composition of Anderiz 2 l/t + Mykofriend 1.5 l/t and separate use of Anderiz inoculant was the best; for vegetable soybeans - composition of Rizoline line preparations 2 l/t + Mykofriend 1.5 l/t and separate application of Rizoline line inoculant.*

*It was found that the bioinoculant Rizoaktiv bobovi more significantly increases the number of nodules on the roots, but less significantly increases their weight, while Anderiz has less effect on increasing the number of nodules, but significantly increases their weight, which is much better, because it is larger tubers are an active component of the symbiotic apparatus, and they leave biological nitrogen in the soil. Developed scientifically sound provisions will increase the efficiency of management and ensure the biologization of technologies for growing legumes.*

**Key words:** *vegetable beans, haricot, vegetable soybeans, nodules, legoglobin.*