

УДК 633.34:631.5

## Симбіотична активність та врожайність сої в умовах Лісостепу Західного

 Д. В. Козирський\*, І. Я. Сидорак

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», вул. Шевченка, 12, м. Кам'янець-Подільський, Хмельницька обл., 32316, Україна, \*e-mail: chinchik1978@gmail.com

**Мета.** Визначити вплив бактеризації насіння та позакореневого підживлення на ріст і розвиток сортів сої. **Методи.** Польові дослідження проводили впродовж 2019–2021 рр. на полях ТзОВ «Козацька долина 2006» (Хмельницька обл.). Досліди закладали за такою схемою: фактор А – інокуляція насіння: 1) без інокуляції, 2) інокуляція препаратом Ризоактив; фактор Б – позакореневе підживлення: 1) без підживлення, 2) підживлення препаратом Фульвогумін; фактор В – сорти сої: ‘Самородок’ (контроль), ‘Рогізнянка’, ‘Тріада’, ‘Орфей’, ‘Еввідіка’, ‘Аратта’, ‘Азимут’, ‘Аврора’. **Результати.** Позакореневе підживлення посівів сої добривом Фульвогумін сприяло отриманню на 4,09 шт./рослину більшої кількості бульбочок. Водночас застосування бактеризації на основі штамів *Bradyrhizobium japonicum* еко/001, еко/002 та еко/003 сприяло зростанню кількості бульбочок на 8,35 шт./рослину, проте на контролях без інокуляції їх у середньому було 29,5 шт./рослину. Тобто, на ділянках, де соя досить часто вирощується, підтримується певний аборигенний вид мікроорганізмів у ґрунті, здатний за вирощування сої інокулювати рослини, проте застосування чистих вузькоспеціалізованих штамів мікроорганізмів є більш дієвим способом підвищення ефективності симбіотичних взаємодій. У разі застосування інокуляції насіння Ризоактивом та позакореневого удобрення Фульвогуміном формувались кращі умови формування маси бульбочок у сортів ‘Азимут’ – 1,30, ‘Орфей’ – 1,31 та ‘Рогізнянка’ – 1,32 г/рослину. Отже, поліпшення фізіологічного стану рослин завдяки позакореневій обробці їх Фульвогуміном сприяло загалом підвищенню маси бульбочок на 0,20 г/рослину, проте більш дієвою була бактеризація штамми *Bradyrhizobium japonicum* еко/001, еко/002 та еко/003, адже завдяки витісненню аборигенних штамів мікроорганізмів отримано приріст маси бульбочок на рівні 0,36 г/рослину. За аналізом впливу факторів визначено, що інокуляція насіння фактично є драйвером змін кількості колоній активних бульбочкових бактерій на коренях сої (50 %), навіть за сильного впливу погодних умов вегетаційного періоду (33 %) важливість саме інокуляції в правильному старті фотосинтезу завдяки використанню штамів *Bradyrhizobium japonicum* еко/001, еко/002 та еко/003 є очевидною. Маса активних бульбочок на коренях рослин ще більш залежить саме від інокуляції насіння (57 %), що підтверджує припущення про те, що місцеві аборигенні види не здатні так ефективно співпрацювати з рослинами сої, як спеціально відібрані штами бульбочкових бактерій. У середньому по досліді врожайність насіння сої у 2019 р. була 3,41 т/га, у 2020-му – 3,10, у 2021-му – 3,92, а у 2022 р. – 3,20 т/га. Беззаперечним лідером за щорічним формуванням високого рівня врожайності зерна був сорт ‘Аврора’, проте добрий результат у 2019 р. показував і сорт ‘Тріада’, у 2020-му – ‘Азимут’ та ‘Тріада’, у 2021-му – ‘Тріада’, а у 2022 р. – ‘Орфей’, ‘Азимут’ та ‘Тріада’. Це свідчить про індивідуальну сортову реакцію на умови вирощування і важливість адаптації технології під певні сорти та їх поглибленої перевірки в зоні поширення щодо можливості формування високого рівня врожайності. **Висновки.** Правильний вибір мінерального живлення для вирощування сої забезпечив загальне стимулювання розвитку рослин без проблем з подальшим формуванням бобово-ризобіального взаємозв'язку та його функціонування з погляду засвоєння азоту з атмосфери. Це підкреслює роль невеликих доз стартових азотних добрив з позицій кращого розвитку посівів, особливо за комбінування його ще й із позакореневим підживленням рослин по вегетації. Навіть за максимуму потреби рослин в елементах живлення на час утворення бобів, насіння та наливу насіння – гарний старт їх на початку вегетації формує перевагу в подальшому, завдяки кращій укоріненості, розвитку й роботі бобово-ризобіального апарату тощо. А тому, на фоні основного удобрення  $N_{30}P_{60}K_{60}$  позакореневе застосування Фульвогуміна у поєднанні з передпосівною бактеризацією насіння сої сприяло формуванню високого рівня продуктивності. Усі без винятку сорти підвищували свою продуктивність у цих варіантах, тобто спостерігалось загальне стимулювання рослин у плані прояву реакції за зміною рівня врожайності. Висока врожайність була в сортів ‘Еввідіка’ – 3,70 т/га, ‘Аратта’ – 3,76, ‘Орфей’ – 4,02 т/га, водночас найвищі за роки досліджень показники відзначено в сортів ‘Азимут’ – 4,11 т/га, ‘Тріада’ – 4,12 та ‘Аврора’ – 4,16 т/га.

**Ключові слова:** позакореневе підживлення; інокулянт; кількість бульбочкових бактерій; маса колоній бульбочкових бактерій; урожайність насіння.

## Вступ

Симбіотична азотфіксація бобових культур відбувається в симбіозі та каталізується нітрогеназою, яку вперше виявили в 1974 році, і її активність мала вирішальне значення для ефективності фіксації азоту. Ферментний комплекс, який складається з нітрогенази і нітрогенаредуктази, контролює процес фіксації азоту [1–3].

Легемоглобіни, що формуються в бульбочках бобових культур, відіграють значну роль у ефективності симбіотичної азотфіксації. Адже саме за кольором і визначається активність бульбочкових бактерій: ті, які містять легемоглобіни, зафарбовуються в рожевий або червоний колір [4–7].

Ефективність фіксації азоту також пов'язана з розвитком і старінням бульбочок. Так, температура, посуха, кислотність, солоність ґрунту в регіоні вирощування сої обмежують фіксацію азоту симбіозом, і навіть ставлять під сумнів виживання ризобій [8, 9].

Посуха значно впливає на ріст і виробництво бобових культур у світі, причому бульбочки сої чутливі до посухи, оскільки вона пригнічує утворення бульбочок і фіксацію азоту. Добрі симбіотичні властивості ризобій можуть покращити стійкість бобових до посухи. Нещодавні дослідження показали, що ризобії з осмоотолерантністю та/або здатністю стимулювати ріст рослин значно покращили посухостійкість рослин. Таким чином, скринінг ризобій, який може покращити посухостійкість сої, і застосування модифікованих ризобій є ефективними для покращення фіксації азоту сої в умовах посухи [10–12].

Більшість ризобій мають оптимальну температуру росту 25–30 °С, надто висока та надто низька температура в ризосферному середовищі обмежить ріст і конкурентоспроможність ризобій і пригнічує симбіотичний процес. Низька температура в ризосферному середовищі може зменшити синтез і секрецію Nod, затримати початок утворення бульбочок і обмежити їх розвиток. Подібним чином, процеси інфікування, утворення вузлів і розвиток вузликів також пригнічуються за високої температури [8, 9].

Біологічна азотфіксація є найбільш продуктивною та економічно вигідною системою азотфіксації та відіграє важливу роль у вирощуванні рослин та внесенні добрив. Симбіотична система фіксації азоту, утворена бобовими ризобіями, забезпечує 70 % від загальної фіксації азоту культурами. Тому дуже важливо збільшити застосування симбіотичної азотфіксації сої в посівах, адже це одна з найбільш поширених бобових культур як в Україні, так і у світі [13, 14].

Незважаючи на те, що дослідження сої, інокульованої ризобіями, проводяться вже близько 100 років, надмірне внесення азотних добрив у ґрунт пригнічує утворення та азотфіксацію бульбочок. Симбіоз *Rhizobium* і сої дуже специфічний для господаря, і ефективність фіксації азоту обмежена сортом сої та штамом бактерій [15, 16].

Покищо вивчення симбіотичної азотфіксації сої було зосереджено на аспектах розуміння механізму розпізнавання для розширення діапазону інфекції ризобіями, скринінг високоефективних штамів, затримки старіння бульбочок, вирішення проблем утворення бульбочок і їх ефективності в умовах абіотичного стресу. А от питанням віднайдення індивідуальних взаємодій сортів сої з мікробіологічними препаратами для бактеризації насіння приділено досить мало уваги [13, 16].

**Мета досліджень** – визначити вплив бактеризації насіння та позакореневого підживлення на ріст і розвиток сортів сої.

## Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили впродовж 2019–2022 рр. на полях ТзОВ «Козацька долина 2006» (с. Вихрівка, Дунаєвецький р-н, Хмельницька обл.), що знаходяться в умовах Західного Лісостепу України.

Загалом погодні умови були сприятливими для росту й розвитку сої, проте відмінними в роки проведення досліджень, що сприяло отриманню цікавих експериментальних даних.

Основним типом ґрунтів на дослідному полі є глибокий малогумусний чорнозем на карбонатних лесовидних суглинках, середньосуглинковий. У шарі ґрунту 0–30 см міститься 120 мг/кг азоту, 95 мг/кг фосфору і 168 мг/кг калію. При цьому рН становить 6,7, сума ввібраних основ – 212 мг-екв/кг ґрунту, об'ємна маса – 1,39 г/см<sup>3</sup>, щільність твердої фази – 2,58 г/см<sup>3</sup>, загальна шпаруватість – 49 %, вологість в'янення – 26 мм, найменша польова вологомісткість – 39 мм, а повна вологомісткість – 72 мм.

Польовий трифакторний дослід з вивчення впливу інокуляції насіння та позакореневого підживлення на різні сорти сої закладався за такою схемою:

| Інокуляція             | Сорт                   | Позакореневе підживлення                              |
|------------------------|------------------------|---|
| Без оброблення насіння | 'Самородок' – контроль | N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> (фон) |
|                        | 'Рогізнянка'           |   |
|                        | 'Тріада'               |   |
|                        | 'Орфей'                |   |
|                        | 'Еврідика'             |   |
|                        | 'Аратта'               |   |
|                        | 'Азимут'               |   |
| 'Аврора'               |                        |   |
| Ризоактив              | 'Самородок' – контроль |   |
|                        | 'Рогізнянка'           |   |
|                        | 'Тріада'               |   |
|                        | 'Орфей'                |   |
|                        | 'Еврідика'             |   |
|                        | 'Аратта'               |   |
|                        | 'Азимут'               |   |
| 'Аврора'               |                        |   |
| Без оброблення насіння | 'Самородок' – контроль | Фон + Фульвогумін                                     |
|                        | 'Рогізнянка'           |   |
|                        | 'Тріада'               |   |
|                        | 'Орфей'                |   |
|                        | 'Еврідика'             |   |
|                        | 'Аратта'               |   |
|                        | 'Азимут'               |   |
| 'Аврора'               |                        |   |
| Ризоактив              | 'Самородок' – контроль |   |
|                        | 'Рогізнянка'           |   |
|                        | 'Тріада'               |   |
|                        | 'Орфей'                |   |
|                        | 'Еврідика'             |   |
|                        | 'Аратта'               |   |
|                        | 'Азимут'               |   |
| 'Аврора'               |                        |   |

Загальна площа елементарної ділянки – 35 м<sup>2</sup>, облікової – 30 м<sup>2</sup>. Повторність – трикратна. Норма висіву досліджуваних сортів сої 700 тис. схожих насінин/га.

Передпосівне інокулювання насіння сої препаратом Ризоактив проводили в день висіву з розрахунку 1 л/т. Для оброблення насіння препарат суспендували у дистильованій воді (кількість води становила 1–1,5 % від маси насіння). Препарат вносили у розраховану кількість води, ретельно перемішували й відразу ж проводили бактеризацію насіння. Оброблене насіння захищали від потрапляння прямого сонячного проміння. Насіння в контрольному варіанті обробляли дистильованою водою.

Фульвогумін вносили двічі позакоренево: перший обробка – у фазі 2–3 пари справжніх листків (1,25 л/га), друга – у фазі бутонізації культури (1 л/га).

Дослідження проводили за загальними та спеціальними методиками дослідної справи в рослинництві [17].

Показники симбіотичної взаємодії рослин з колоніями бульбочкових бактерій встановлювали за методикою Г. С. Посипанова.

Збирання врожаю проводили суцільно-поділянково за допомогою селекційного комбайна. Зібране насіння очищували та зважували, приводячи до стандартної вологості, та перераховували на гектарну площу.

Статистичний аналіз результатів досліджень проводили, використовуючи програмні продукти Excel та Statistica 6.0 [18].

**Результати дослідження**

У процесі досліджень використовували препарат Ризоактив, що містить штами мікроорганізмів на основі *Bradyrhizobium japonicum* – еко/001, еко/002 та еко/003. Бактеризацію насіння біопрепаратом проводили безпосередньо перед висівом.

Отже, звернемо увагу на дані щодо формування показників кількості та маси активних колоній бульбочкових бактерій на коренях сої залежно від впливу досліджуваних факторів (табл. 1).

Таблиця 1

**Кількість та маса активних колоній бульбочкових бактерій на коренях сої залежно від сорту, обробки насіння та позакоренових підживлень (середнє за 2019–2022 рр.)**

| Інокуляція          | Сорт                   | Удобрення   | Бульбочкові бактерії   |                 |
|---------------------|------------------------|---|------------------------|-----------------|
|                     |                        |   | кількість, шт./рослину | маса, г/рослину |
| Без обробки насіння | ‘Самородок’ – контроль | N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> (фон) | 28,2                   | 0,70            |
|                     | ‘Рогізнянка’           |   | 27,5                   | 0,69            |
|                     | ‘Тріада’               |   | 29,2                   | 0,73            |
|                     | ‘Орфей’                |   | 25,8                   | 0,71            |
|                     | ‘Еврідіка’             |   | 27,2                   | 0,71            |
|                     | ‘Аратта’               |   | 28,4                   | 0,73            |
|                     | ‘Азимут’               |   | 27,2                   | 0,76            |
|                     | ‘Аврора’               |   | 29,2                   | 0,74            |
| Ризоактив           | ‘Самородок’ – контроль | Фон + Фульвогумін                                     | 33,2                   | 0,92            |
|                     | ‘Рогізнянка’           |   | 32,9                   | 0,99            |
|                     | ‘Тріада’               |   | 34,2                   | 0,98            |
|                     | ‘Орфей’                |   | 33,7                   | 0,98            |
|                     | ‘Еврідіка’             |   | 36,2                   | 0,99            |
|                     | ‘Аратта’               |   | 38,3                   | 0,98            |
|                     | ‘Азимут’               |   | 36,2                   | 0,98            |
|                     | ‘Аврора’               |   | 38,2                   | 0,97            |
| Без обробки насіння | ‘Самородок’ – контроль | Фон + Фульвогумін                                     | 31,4                   | 0,77            |
|                     | ‘Рогізнянка’           |   | 32,2                   | 0,78            |
|                     | ‘Тріада’               |   | 31,2                   | 0,83            |
|                     | ‘Орфей’                |   | 31,0                   | 0,78            |
|                     | ‘Еврідіка’             |   | 30,6                   | 0,79            |
|                     | ‘Аратта’               |   | 30,2                   | 0,82            |
|                     | ‘Азимут’               |   | 31,2                   | 0,85            |
|                     | ‘Аврора’               |   | 31,1                   | 0,84            |
| Ризоактив           | ‘Самородок’ – контроль | НІР <sub>0,05</sub>                                   | 39,2                   | 1,26            |
|                     | ‘Рогізнянка’           |   | 40,3                   | 1,32            |
|                     | ‘Тріада’               |   | 40,3                   | 1,27            |
|                     | ‘Орфей’                |   | 39,3                   | 1,31            |
|                     | ‘Еврідіка’             |   | 41,5                   | 1,28            |
|                     | ‘Аратта’               |   | 39,2                   | 1,28            |
|                     | ‘Азимут’               |   | 41,3                   | 1,30            |
|                     | ‘Аврора’               |   | 41,2                   | 1,29            |
|                     |                        |   | 0,63                   | 0,14            |

У середньому за сортами, які випробовували в досліді, у сорту ‘Самородок’ було утворено 33,0 шт./рослину бульбочок, а найменше їх було в ‘Орфей’ – 32,5 шт./рослину. Такі сорти, як ‘Рогізнянка’, ‘Тріада’ та ‘Еврідіка’ також мали подібні до контрольного сорту показники – 33,2; 33,7 та 33,9 шт./рослину. Найбільшу кількість бульбочкових бактерій відзначено в сортів ‘Аратта’, ‘Азимут’ та ‘Аврора’ – 34,0; 34,0 та 34,9 шт./рослину відповідно.

Загалом застосування бактеризації на основі штамів *Bradyrhizobium japonicum* еко/001, еко/002 та еко/003 сприяло зростанню кількості бульбочок на 8,35 шт./рослину, проте на контролях без інокуляції їх було 29,5 шт./рослину. Тобто, на ділянках, де соя досить часто вирощується, підтримується певний аборигенний вид мікроорганізмів у ґрунті, здатний за висівання сої інокулювати рослини. Звичайно, що застосування чистих вузькоспеціалізованих штамів мікроорганізмів є більш дієвим способом підвищення ефективності симбіотичних взаємодій. Проте, аборигенні види мікробіоти часто бувають стійкішими до впливу несприятливих умов вирощування, ніж чисті штами.

Також було виявлено, що позакореневе підживлення посівів сої добривом Фульвогумін сприяло отриманню на 4,09 шт./рослину більшої кількості бульбочок. За аналогією з працями інших науковців можемо припустити, що це пов'язано з кращим забезпеченням рослин поживними речовинами, а відповідно й більш ефективною взаємодією культури з бактеріями.

Відповідно лише поєднання факторів досліду сприяло отриманню в таких сортів сої, як 'Азимут' та 'Аврора' по 41,3 та 41,2 шт./рослину бульбочок, коли кращим у досліді був сорт 'Еврідика' – 41,5 шт./рослину.

Важливо знати також закономірності формування маси бульбочок як вимір їх активності з позицій азотфіксації культури. Зокрема, в сорту 'Самородок' маса активних бульбочок була 0,91 г/рослину, причому інші досліджувані сорти мали схожі показники, що різнились на 0,03–0,04 г/рослину. Проте, найбільшою була маса бульбочок у сорту 'Азимут' – 0,97 г/рослину.

Поліпшення фізіологічного стану рослин завдяки позакореневій обробці їх Фульвогуміном сприяло загалом підвищенню маси бульбочок на 0,20 г/рослину, проте дієвішою була бактеризація штамми *Bradyrhizobium japonicum* еко/001, еко/002 та еко/003, адже завдяки витісненню аборигенних штамів мікроорганізмів отримано приріст маси бульбочок на рівні 0,36 г/рослину.

Загалом було визначено, що за інокуляції насіння Ризоактивом та позакореневого удобрення Фульвогуміном були кращі умови формування маси бульбочок у сортів 'Азимут' – 1,30, 'Орфей' – 1,31 та 'Рогізнянка' – 1,32 г/рослину.

Також цікавим науковим питанням є визначення ефектів взаємодії факторів досліду та впливу навколишнього середовища на кількість (рис. 1) та масу колоній активних бульбочкових бактерій (рис. 2).

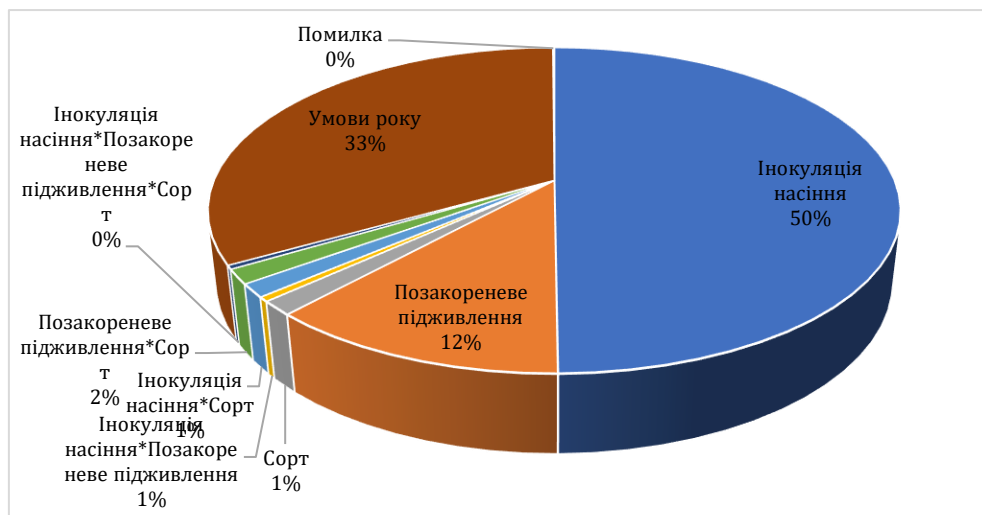


Рис. 1. Вплив факторів досліду на кількість активних бульбочкових бактерій

Як бачимо, інокуляція насіння фактично є драйвером змін у кількості колоній активних бульбочкових бактерій на коренях сої (50%), навіть за сильного впливу погодних умов вегетаційного періоду (33%) важливість саме інокуляції в правильному старті фотосинтезу завдяки використанню штамів *Bradyrhizobium japonicum* еко/001, еко/002 та еко/003 очевидна.

Водночас маса активних бульбочок на коренях рослин ще більш залежить саме від інокуляції насіння (57%), що підтверджує припущення про те, що місцеві аборигенні види не здатні так ефективно співпрацювати з рослинами сої, як спеціально відібрані штами бульбочкових бактерій.

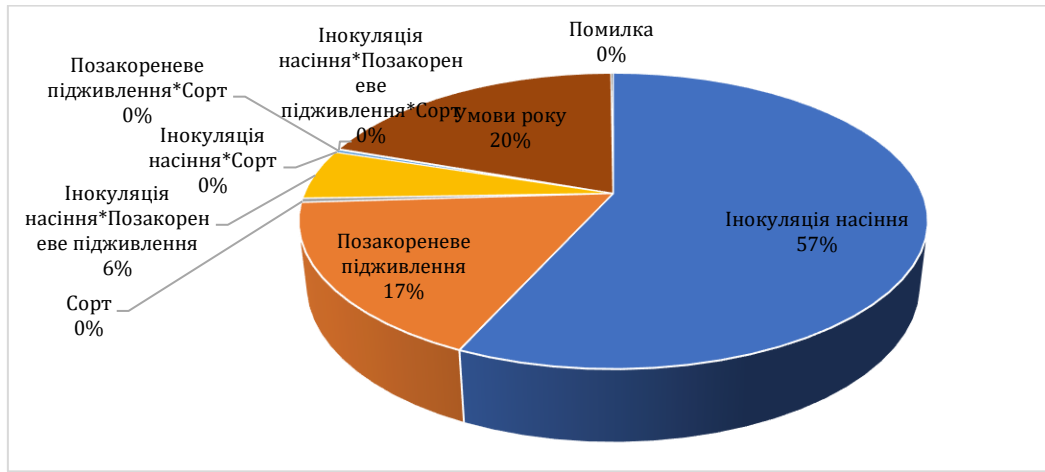


Рис. 2. Вплив факторів дослідження на формування маси активних бульбачкових бактерій

Розглянемо особливості формування врожайності посівів сої залежно від сорту, обробки насіння та позакореневих підживлень за роками досліджень (табл. 2).

Таблиця 2

Урожайність насіння сої залежно від сорту, обробки насіння та позакореневих підживлень, т/га (середнє за 2019–2022 рр.)

| Інокуляція          | Сорт                   | Удобрення | 2019  | 2020 | 2021 | 2022 |
|---------------------|------------------------|-----------|---|------|------|------|
| Без обробки насіння | 'Самородок' – контроль |           | 2,90  | 2,63 | 3,33 | 2,72 |
|                     | 'Рогізнянка'           |           | 2,74  | 2,49 | 3,15 | 2,57 |
|                     | 'Тріада'               |           | 2,91  | 2,65 | 3,35 | 2,73 |
|                     | 'Орфей'                |           | 3,02  | 2,75 | 3,47 | 2,83 |
|                     | 'Еврідіка'             |           | 3,03  | 2,76 | 3,48 | 2,84 |
|                     | 'Аратта'               |           | 3,00  | 2,73 | 3,45 | 2,81 |
|                     | 'Азимут'               |           | 3,22  | 2,93 | 3,70 | 3,02 |
|                     | 'Аврора'               |           | 3,26  | 2,96 | 3,75 | 3,06 |
| Ризоактив           |                        |           | N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> (фон) |      |      |      |
|                     | 'Самородок' – контроль |           | 3,27  | 2,98 | 3,77 | 3,08 |
|                     | 'Рогізнянка'           |           | 3,07  | 2,79 | 3,53 | 2,88 |
|                     | 'Тріада'               |           | 3,34  | 3,04 | 3,85 | 3,14 |
|                     | 'Орфей'                |           | 3,44  | 3,13 | 3,96 | 3,23 |
|                     | 'Еврідіка'             |           | 3,51  | 3,20 | 4,04 | 3,30 |
|                     | 'Аратта'               |           | 3,39  | 3,08 | 3,90 | 3,18 |
|                     | 'Азимут'               |           | 3,76  | 3,42 | 4,33 | 3,54 |
| Без обробки насіння |                        |           | Фон + Фульвогумін                                     |      |      |      |
|                     | 'Самородок' – контроль |           | 3,19  | 2,90 | 3,67 | 2,99 |
|                     | 'Рогізнянка'           |           | 3,06  | 2,79 | 3,53 | 2,88 |
|                     | 'Тріада'               |           | 3,17  | 2,88 | 3,64 | 2,98 |
|                     | 'Орфей'                |           | 3,35  | 3,05 | 3,85 | 3,15 |
|                     | 'Еврідіка'             |           | 3,33  | 3,03 | 3,83 | 3,13 |
|                     | 'Аратта'               |           | 3,33  | 3,03 | 3,83 | 3,13 |
|                     | 'Азимут'               |           | 3,60  | 3,28 | 4,15 | 3,39 |
| Ризоактив           |                        |           | Фон + Фульвогумін                                     |      |      |      |
|                     | 'Самородок' – контроль |           | 3,57  | 3,25 | 4,11 | 3,35 |
|                     | 'Рогізнянка'           |           | 3,40  | 3,10 | 3,92 | 3,20 |
|                     | 'Тріада'               |           | 4,12  | 3,75 | 4,74 | 3,87 |
|                     | 'Орфей'                |           | 4,01  | 3,66 | 4,63 | 3,78 |
|                     | 'Еврідіка'             |           | 3,70  | 3,36 | 4,25 | 3,47 |
|                     | 'Аратта'               |           | 3,76  | 3,42 | 4,33 | 3,54 |
|                     | 'Азимут'               |           | 4,11  | 3,74 | 4,73 | 3,86 |
| 'Аврора'            |                        | 4,16      | 3,78  | 4,79 | 3,91 |      |
| HIP <sub>0,05</sub> |                        |           | 0,20  | 0,15 | 0,18 | 0,21 |

У 2019 році складались досить сприятливі умови для реалізації біологічного потенціалу сої: середня врожайність по дослідженню була на рівні 3,41 т/га. Якщо усереднити за сортами, то 'Самородок' мав 3,23 т/га, а врожайність насіння сорту 'Рогізнянка' була меншою від еталонного сорту на

0,16 т/га, 'Тріада' мав на 0,15, 'Орфей' на 0,22, 'Еврідіка' на 0,16, 'Аратта' на 0,14 т/га відхилення врожайності в більший бік. А найкращими за врожайністю були сорти 'Азимут' та 'Аврора', що в середньому в умовах 2019 року формували 3,67 та 3,70 т/га насіння відповідно.

У варіантах досліду, де проводили бактеризацію насіння сої Ризоактивом, що містить штами *Bradyrhizobium japonicum* еко/001, еко/002 та еко/003, та в подальшому обробляти посіви Фульвогуміном урожайність сорту 'Тріада' була 4,12 т/га, а сорту 'Аврора' – 4,16 т/га.

В умовах 2020 року спостерігались дещо гірші погодні умови, порівнюючи із 2019-м, тому середня врожайність по досліді отримана на рівні 3,10 т/га. Сорт 'Самородок' формував урожай на рівні 2,94 т/га, 'Рогізнянка' – 2,79, 'Тріада' – 3,08, 'Орфей' – 3,15, 'Еврідіка' – 3,09, 'Аратта' – 3,06, 'Азимут' – 3,34 та 'Аврора' – 3,37 т/га.

Також, аналогічно попередньому року, було визначено, що у варіантах досліду, де проводили бактеризацію насіння сої Ризоактивом, що містить штами *Bradyrhizobium japonicum* еко/001, еко/002 та еко/003, та в подальшому обробляти посіви Фульвогуміном урожайність сорту 'Азимут' була 3,74 т/га, 'Тріада' – 3,75, а сорту 'Аврора' – 3,78 т/га.

Серед усіх років проведення наших досліджень, погодні умови 2021 року сприяли реалізації кращого рівня врожайності сої і в сорту 'Самородок' вона становила 3,72 т/га, тоді як сорт 'Рогізнянка' був менш продуктивним від еталонного сорту на 0,19 т/га, а 'Тріада' – на 0,18, 'Орфей' – на 0,26, 'Еврідіка' – на 0,18, 'Аратта' – на 0,16 т/га вищі показники рівня врожайності. При цьому ж кращими за врожайністю були сорти 'Азимут' та 'Аврора', що в середньому в умовах 2021 року сформували рівень продуктивності на рівні 4,23 та 4,26 т/га відповідно.

Аналогічно кращими за формуванням врожайності були варіанти досліду, де проводили бактеризацію насіння сої Ризоактивом, що містить штами *Bradyrhizobium japonicum* еко/001, еко/002 та еко/003, та в подальшому обробляти посіви сої Фульвогуміном. За таких умов у 2021 році було отримано врожайність сорту 'Тріада' 4,12, а сорту 'Аврора' – 4,16 т/га.

Натомість в умовах 2022 року були дещо гірші погодні умови, порівнюючи із 2021-м, тому середня по досліді врожайність отримана на рівні 3,20 т/га. Сорт 'Самородок' забезпечив урожай 3,04 т/га, 'Рогізнянка' – 2,88, 'Тріада' – 3,18, 'Орфей' – 3,25, 'Еврідіка' – 3,19, 'Аратта' – 3,16, 'Азимут' – 3,45 та 'Аврора' – 3,48 т/га.

У варіантах досліду, де проводили бактеризацію насіння сої Ризоактивом, що містить штами *Bradyrhizobium japonicum* еко/001, еко/002 та еко/003, та в подальшому обробляти посіви Фульвогуміном урожайність сорту 'Орфей' становила 3,78 т/га, 'Азимут' – 3,86, 'Тріада' – 3,87, а в сорту 'Аврора' – 3,91 т/га.

Отже, попри те, що щорічно беззаперечним лідером за показниками врожайності зерна був сорт 'Аврора', високі результати у 2019 році показував також і сорт 'Тріада', у 2020-му – 'Азимут' та 'Тріада', у 2021-му – 'Тріада', а у 2022 році – 'Орфей', 'Азимут' та 'Тріада'. Це свідчить про індивідуальну сортову реакцію на умови вирощування і важливість адаптації технології під певні сорти та їх поглибленої перевірки в зоні поширення щодо можливості формування високого рівня врожайності.

Загалом за роки досліджень було відзначено досить високий рівень урожайності насіння сої в досліді – 3,41 т/га.

Якщо проаналізувати усереднені дані за сортами, то сорт 'Самородок' забезпечив урожай насіння 3,23 т/га, 'Рогізнянка' – 3,07, 'Тріада' – 3,39, 'Орфей' – 3,46, 'Еврідіка' – 3,39, 'Аратта' – 3,37, 'Азимут' – 3,67 та 'Аврора' – 3,70 т/га.

Від інших факторів впливу суттєво залежала врожайність сої по досліді, адже за позакореневого підживлення рослин препаратом Фульвогумін отримано приріст 0,37 т/га порівнянні з базовим варіантом удобрення  $N_{30}P_{60}K_{60}$ . Ефективною була й бактеризація насіння Ризоактивом, що сприяла формуванню на 0,48 т/га насіння більше, ніж у варіантах без неї.

Отже, найкращими за врожайністю у варіантах досліду, де використовували лише інокуляцію насіння препаратом, що містить штами *Bradyrhizobium japonicum* еко/001, еко/002 та еко/003, були такі сорти 'Аврора' – 3,75 та 'Аратта' – 3,76 т/га.

Позакореневе удобрення Фульвогуміном у поєднанні з передпосівною бактеризацією насіння сої також позитивно позначилось на формуванні рівня продуктивності. Усі без винятку сорти підвищували свою продуктивність у цих варіантах, тобто спостерігалось загальне стимулювання рослин у плані прояву реакції за зміною рівня врожайності. Висока врожайність була в сортів



‘Еврідика’ – 3,70 т/га, ‘Аратта’ – 3,76, ‘Орфей’ – 4,02 т/га, водночас найвищі за роки досліджень показники відзначено в сортів ‘Азимут’ – 4,11 т/га, ‘Тріада’ – 4,12 та ‘Аврора’ – 4,16 т/га.

Отже, вибір мінерального живлення для вирощування сої забезпечив загальне стимулювання розвитку рослин без проблем з подальшим формуванням бобово-ризобіального взаємозв'язку та його функціонування з погляду засвоєння азоту з атмосфери. Це підкреслює роль невеликих доз стартових азотних добрив з позицій кращого розвитку посівів, особливо за комбінування його ще й із позакореневим підживленням рослин по вегетації. Навіть за максимуму потреби рослин в елементах живлення на час утворення бобів, насіння та наливу насіння – гарний старт їх на початку вегетації формує перевагу в подальшому, завдяки кращій укоріненості, розвитку й роботі бобово-ризобіального апарату тощо.

Проаналізуємо закономірності впливу факторів досліді на врожайність сої (рис. 3).

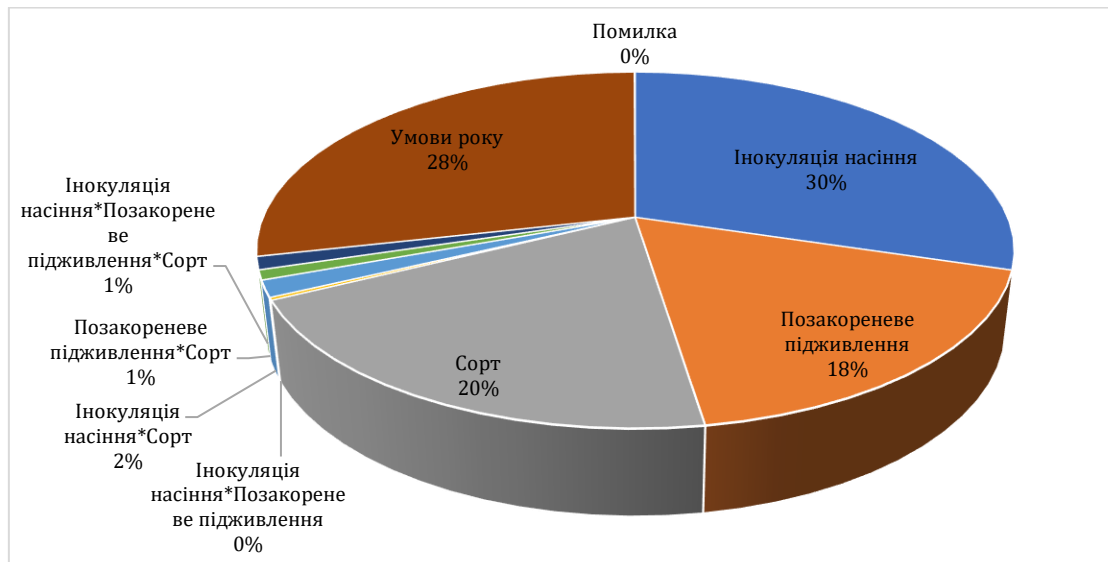


Рис. 3. Вплив факторів досліді на врожайність сої

Як бачимо, на врожайність впливали всі фактори досліді, а особливо інокуляція насіння (30%), сорт (20%), позакореневе підживлення (18%). При цьому значний вплив мали й погодні умови вегетаційних періодів – 28%. Отже, кожен з них є важливою ланкою технології вирощування культури на шляху до формування високопродуктивних посівів.

### Висновки

Позакореневе підживлення посівів сої добривом Фульвогумін сприяло отриманню на 4,09 шт./рослину більшої кількості бульбочок. Водночас застосування бактеризації на основі штамів *Bradyrhizobium japonicum* еко/001, еко/002 та еко/003 сприяло зростанню кількості бульбочок на 8,35 шт./рослину, проте на контролях без інокуляції їх у середньому було 29,5 шт./рослину. Тобто, на ділянках, де соя досить часто вирощується, підтримується певний аборигенний вид мікроорганізмів у ґрунті, здатний за вирощування сої інокулювати рослини, проте застосування чистих вузькоспеціалізованих штамів мікроорганізмів є більш дієвим способом підвищення ефективності симбіотичних взаємодій.

У разі застосування інокуляції насіння Ризоактивом та позакореневого удобрення Фульвогуміном формувались кращі умови формування маси бульбочок у сортів ‘Азимут’ – 1,30, ‘Орфей’ – 1,31 та ‘Рогізнянка’ – 1,32 г/рослину. Отже, поліпшення фізіологічного стану рослин завдяки позакореневій обробці їх Фульвогуміном сприяло загалом підвищенню маси бульбочок на 0,20 г/рослину, проте більш дієвою була бактеризація штамми *Bradyrhizobium japonicum* еко/001, еко/002 та еко/003, адже завдяки витісненню аборигенних штамів мікроорганізмів отримано приріст маси бульбочок на рівні 0,36 г/рослину.

За аналізом впливу факторів визначено, що інокуляція насіння фактично є драйвером змін кількості колоній активних бульбочкових бактерій на коренях сої (50%), навіть за сильного впливу погодних умов вегетаційного періоду (33%) важливість саме інокуляції в правильному старті фотосинтезу завдяки використанню штамів *Bradyrhizobium japonicum* еко/001, еко/002 та еко/003



є очевидною. Маса активних бульбочок на коренях рослин ще більш залежить саме від інокуляції насіння (57 %), що підтверджує припущення про те, що місцеві аборигенні види не здатні так ефективно співпрацювати з рослинами сої, як спеціально відібрані штами бульбочкових бактерій.

У середньому по досліді врожайність насіння сої у 2019 р. була 3,41 т/га, у 2020-му – 3,10, у 2021-му – 3,92, а у 2022 р. – 3,20 т/га. Беззаперечним лідером за щорічним формуванням високого рівня врожайності зерна був сорт 'Аврора', проте добрий результат у 2019 р. показував і сорт 'Тріада', у 2020-му – 'Азимут' та 'Тріада', у 2021-му – 'Тріада', а у 2022 р. – 'Орфей', 'Азимут' та 'Тріада'. Це свідчить про індивідуальну сортову реакцію на умови вирощування і важливість адаптації технології під певні сорти та їх поглибленої перевірки в зоні поширення щодо можливості формування високого рівня врожайності.

Правильний вибір мінерального живлення для вирощування сої забезпечив загальне стимулювання розвитку рослин без проблем з подальшим формуванням бобово-ризобіального взаємозв'язку та його функціонування з погляду засвоєння азоту з атмосфери. Це підкреслює роль невеликих доз стартових азотних добрив з позицій кращого розвитку посівів, особливо за комбінування його ще й із позакореневим підживленням рослин по вегетації. Навіть за максимуму потреби рослин в елементах живлення на час утворення бобів, насіння та наливу насіння – гарний старт їх на початку вегетації формує перевагу в подальшому, завдяки кращій укоріненості, розвитку й роботі бобово-ризобіального апарату тощо. А тому, на фоні основного удобрення  $N_{30}P_{60}K_{60}$  позакореневе застосування Фульвогуміна у поєднанні з передпосівною бактеризацією насіння сої сприяло формуванню високого рівня продуктивності. Усі без винятку сорти підвищували свою продуктивність у цих варіантах, тобто спостерігалось загальне стимулювання рослин у плані прояву реакції за зміною рівня врожайності. Висока врожайність була в сортів 'Еврідика' – 3,70 т/га, 'Аратта' – 3,76, 'Орфей' – 4,02 т/га, водночас найвищі за роки досліджень показники відзначено в сортів 'Азимут' – 4,11 т/га, 'Тріада' – 4,12 та 'Аврора' – 4,16 т/га.

### Використана література

1. Ball R. A., Purcell L. C., Vories E. D. Optimizing Soybean Plant Population for a Short-Season Production System in the Southern USA. *Crop Science*. 2000. Vol. 40, Iss. 3. P. 757–764. doi: 10.2135/cropsci2000.403757x
2. Barker D. W., Sawyer J. E. Nitrogen application to soybean at early reproductive development. *Agronomy Journal*. 2005. Vol. 97, Iss. 2. P. 615–619. doi: 10.2134/agronj2005.0615
3. Boroomandan P., Khoramivafa M., Haghi Y., Ebrahimi A. The effects of nitrogen starter fertilizer and plant density on yield, yield components and oil and protein content of soybean. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 2009. Vol. 12, Iss. 4. P. 378–382. doi: 10.3923/pjbs.2009.378.382
4. Carciocchi W. D., Schwalbert R., Andrade F. H. et al. Soybean Seed Yield Response to Plant Density by Yield Environment in North America. *Agronomy Journal*. 2019. Vol. 111, Iss. 4. P. 1923–1932. doi: 10.2134/agronj2018.10.0635
5. Chen G., Wiatrak P. Soybean development and yield are influenced by planting date and environmental conditions in the southeastern coastal plain, United States. *Agronomy Journal*. 2010. Vol. 102, Iss. 6. P. 1731–1737. doi: 10.2134/agronj2010.0219
6. Ciampitti I., Salvaggiotti F. New insights into soybean biological nitrogen fixation. *Agronomy Journal*. 2018. Vol. 110, Iss. 4. P. 1185–1196. doi: 10.2134/agronj2017.06.0348
7. Corassa G. M., Amado T. J. C., Strieder M. L. et al. Optimum soybean seedin rates by yield environment in southern Brazil. *Agronomy Journal*. 2018. Vol. 110, Iss. 4. P. 2430–2438. doi: 10.2134/agronj2018.04.0239
8. Liu L., Sun C., Zu W. Effects of nitrogen on nodule-forming and nitrogen concentration in soybean leaves. *Journal of Northeast Agricultural University*. 2005. Vol. 36, Iss. 2. P. 133–137.
9. Matsuo N., Yamada T., Takada Y. et al. Effect of plant density on growth and yield of new soybean genotypes grown under early planting condition in southwestern Japan. *Plant Production Science*. 2018. Vol. 21, Iss. 1. P. 16–25. doi: 10.1080/1343943X.2018.1432981
10. Gai Z., Zhang J., Li C. Effects of starter nitrogen fertilizer on soybean root activity, leaf photosynthesis and grain yield. *Plos One*. 2017. Vol. 7. Article e0174841. doi: 10.1371/journal.pone.0174841
11. Hompson J. A., Nelson R. L., Schweitzer L. E. Relationships among specific leaf weight, photosynthetic rate, and seed yield in soybean. *Crop Science*. 1995. Vol. 35, Iss. 6. P. 1575–1581. doi: 10.2135/cropsci1995.0011183X003500060010x
12. Бабич А. О., Бабич-Побережна А. А. Світові та вітчизняні тенденції розміщення виробництва і використання сої для розв'язання проблеми білка. *Корми і кормовиробництво*. 2012. Вип. 71. С. 12–26.
13. Бабич А. О., Бахмат М. І., Бахмат О. М. Соя: агроекологічні основи вирощування, переробки і використання. Кам'янець-Подільський : ПП «Медобори-2006», 2013. 268 с.

14. Кулібаба М. Ю. Ріст і розвиток сої залежно від строків сівби та мікробіопрепарату. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2015. № 1–2. С. 155–159.

15. Лавриненко Ю. О., Вожегова Р. А., Клубук В. В., Марченко Т. Ю. Прояв і мінливість ознак «висота рослин» і «висота кріплення нижнього бобу» у сортів та гібридів сої різних груп стиглості при зрошенні. *Таврійський науковий вісник*. 2013. № 83. С. 67–74.

16. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф., Іващук П. В. *Зерновиробництво*. Львів : Українські технології, 2008. 623 с.

17. Ткачик С. О., Присяжнюк О. І., Лещук Н. В. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина. 4-те вид., випр. і доп. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2016. 118 с.

18. Присяжнюк О. І., Каражбей Г. М., Лещук Н. В. та ін. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 10 : методичні вказівки. Київ : Нілан-ЛТД, 2016. 54 с.

## References

1. Ball, R. A., Purcell, L. C., & Vories, E. D. (2000). Optimizing Soybean Plant Population for a Short-Season Production System in the Southern USA. *Crop Science*, 40(3), 757–764. doi: 10.2135/cropsci2000.403757x

2. Barker, D. W., & Sawyer, J. E. (2005). Nitrogen application to soybean at early reproductive development. *Agronomy Journal*, 97(2), 615–619. doi: 10.2134/agronj2005.0615

3. Boroomandan, P., Khoramivafa, M., Hagh, Y., & Ebrahimi, A. (2009). The effects of nitrogen starter fertilizer and plant density on yield, yield components and oil and protein content of soybean. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 12(4), 378–382. doi: 10.3923/pjbs.2009.378.382

4. Carciochi, W. D., Schwalbert, R., Andrade, F. H., Corassa, G. M., Carter, P., Gaspar, A. P., Schmidt, J., & Ciampitti, I. A. (2019). Soybean Seed Yield Response to Plant Density by Yield Environment in North America. *Agronomy Journal*, 111(4), 1923–1932. doi: 10.2134/agronj2018.10.0635

5. Chen, G., & Wiatrak, P. (2010). Soybean development and yield are influenced by planting date and environmental conditions in the southeastern coastal plain, United States. *Agronomy Journal*, 102(6), 1731–1737. doi: 10.2134/agronj2010.0219

6. Ciampitti, I., & Salvagiotti, F. (2018). New insights into soybean biological nitrogen fixation. *Agronomy Journal*, 110(4), 1185–1196. doi: 10.2134/agronj2017.06.0348

7. Corassa, G. M., Amado, T. J. C., Strieder, M. L., Schwalbert, R., Pires, J. L. F., Carter, P. R., & Ciampitti, I. A. (2018). Optimum soybean seedin rates by yield environment in southern Brazil. *Agronomy Journal*, 110(4), 2430–2438. doi: 10.2134/agronj2018.04.0239

8. Liu, L., Sun, C., & Zu, W. (2005). Effects of nitrogen on nodule-forming and nitrogen concentration in soybean leaves. *Journal of Northeast Agricultural University*, 36(2), 133–137.

9. Matsuo, N., Yamada, T., Takada, Y., Fukami, K., & Hajika, M. (2018). Effect of plant density on growth and yield of new soybean genotypes grown under early planting condition in southwestern Japan. *Plant Production Science*, 21(1), 16–25. doi: 10.1080/1343943X.2018.1432981

10. Gai, Z., Zhang, J., & Li, C. (2017). Effects of starter nitrogen fertilizer on soybean root activity, leaf photosynthesis and grain yield. *Plos One*, 7, Article e0174841. doi: 10.1371/journal.pone.0174841

11. Hompson, J. A., Nelson, R. L., & Schweitzer, L. E. (1995). Relationships among specific leaf weight, photosynthetic rate, and seed yield in soybean. *Crop Science*, 35(6), 1575–1581. doi: 10.2135/cropsci1995.0011183X003500060010x

12. Babych, A. O., & Babych-Poberezhna, A. A. (2012). World and domestic trends in the placement of production and use of soybeans to solve the protein problem. *Fodder and Fodder Production*, 71, 12–26. [In Ukrainian]

13. Babych, A. O., Bakhmat, M. I., & Bakhmat, O. M. (2013). *Soybeans: agro-ecological basics of cultivation, processing and use*. Kamianets-Podilskyi: PP "Medobory-2006". [In Ukrainian]

14. Kulibaba, M. Yu. (2015). Growth and development of soybeans depending on the timing of sowing and microbiological preparation. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 1–2, 155–159. [In Ukrainian]

15. Lavrynenko, Yu. O., Vozhegova, R. A., Klubuk, V. V., & Marchenko, T. Yu. (2013). Manifestation and variability of traits "plant height" and "lower bean attachment height" in soybean varieties and hybrids of different maturity groups under irrigation. *Taurian Scientific Bulletin*, 83, 67–74. [In Ukrainian]

16. Lykhochvor, V. V., Petrychenko, V. F., & Ivashchuk, P. V. (2008). *Grain production*. Lviv: Ukrainian Technologies. [In Ukrainian]

17. Tkachyk, S. O., Prysiashniuk, O. I., & Leshchuk, N. V. (2016). *Methodology of qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. General part* (4th ed., rew. and enl.). Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu. [In Ukrainian]

18. Prysiashniuk, O. I., Karazhbei, H. M., & Leshchuk, N. V. (2016). *Statistical analysis of agronomic research data in the Statistica 10 package: methodological guidelines*. Kyiv: Nilan-LTD. [In Ukrainian]

UDC 633.34:631.5

**Kozyrskyi, D. V.\***, & **Sydorak, I. Ya.** (2024). Symbiotic activity and productivity of soybean in the Western Forest Steppe. *Advanced Agritechnologies*, 12(2). <https://doi.org/10.47414/na.12.2.2024.306411> [In Ukrainian]

*Higher Education Institution "Podillia State University", 12 Shevchenko St., Kamianets-Podilskyi, Khmelnytskyi Region, 32316, Ukraine, \*e-mail: chinchik1978@gmail.com*

**Purpose.** To determine the effect of seed inoculation and foliar application of fertilisers on the growth and development of soybean. **Methods.** Field research was carried out in 2019–2021 in the fields of the Kozatska Dolyna 2006 LLC (Khmelnyskyi Region). Experiments were carried out according to the following design: factor A: inoculation of seeds: 1) without inoculation, 2) inoculation with the biopreparation Rizoactive; factor B: foliar feeding: 1) without foliar feeding, 2) foliar feeding with Fulvohumin; factor C: soybean varieties: 'Samorodok' (control), 'Rohiznianka', 'Triada', 'Orfei', 'Evridika', 'Aratta', 'Azymut', and 'Avrora'. **Results.** Foliar application of Fulvohumin contributed to obtaining 4.09 more nodules per plant. At the same time, inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* strains eko/001, eko/002, and eko/003 contributed to an increase in the number of nodules by 8.35 (29.5 nodules per plant in the control treatment). That is, in areas where soybean is grown quite often, a certain indigenous type of microorganisms is supported in the soil, capable of inoculating plants during soybean cultivation; however, the use of pure, dedicated strains of microorganisms is a more effective way of increasing the efficiency of symbiotic interactions. In the case of seed inoculation with Rizoactive and foliar application of Fulvohumin, the best conditions for the formation of nodules were formed by varieties 'Azymut' (1.30 g/plant), 'Orfei' (1.31 g/plant), and 'Rohiznianka' (1.32 g/plant). Therefore, the improvement of the physiological state of plants with foliar application of Fulvohumin contributed to a general increase in the weight of nodules by 0.20 g/plant. However, inoculation with strains of *Bradyrhizobium japonicum* eko/001, eko/002 and eko/003 was more effective, because, due to the displacement of indigenous strains of microorganisms an increase in the weight of nodules of 0.36 g/plant was obtained. Based on the analysis of the factors of influence, it was determined that seed inoculation is a driver of changes in the number of colonies of active nodule bacteria on soybean roots (50%), even under the strong influence of the weather conditions of the growing season (33%). The importance of inoculation in the beginning of photosynthesis with the use of *Bradyrhizobium japonicum* strains eko/001, eko/002 and eko/003 is obvious. The mass of active nodules on plant roots is even more dependent on seed inoculation (57%), which supports the assumption that local native species are not able to cooperate with soybean plants as effectively as specially selected strains of nodule bacteria. On average, according to the experiment, the yield of soybean seeds in 2019 was 3.41 t/ha, in 2020, it was 3.10, in 2021, it was 3.92, and in 2022, it was 3.20 t/ha. The all-year leader in grain yield was the 'Aurora' variety. However, in 2019, 'Triada' showed good results, in 2020 – 'Azymut' and 'Triada', in 2021 – 'Triada', and in 2022 – 'Orfei', 'Azymut' and 'Triada' showed good results. This indicates the individual varietal response to growing conditions and the importance of technology adaptation for certain varieties and their in-depth verification in the area of distribution regarding the possibility of forming a high yield level. **Conclusions.** The correct choice of mineral nutrition for soybean provided general stimulation of plant development and the subsequent formation of the legume-rhizobial relationship and its functioning from the point of view of assimilation of nitrogen from the atmosphere. This emphasises the role of small doses of starter nitrogen fertilisers from the standpoint of better crop development, especially when combined with foliar feeding of plants during the growing season. Even with the maximum need of plants for nutrients at the time of the formation of beans and seeds, and filling grain, their good start at the beginning of the growing season provided an advantage due to better rooting, development, and work of the leguminous rhizobial apparatus, etc. And therefore, against the background of the main fertilizer  $N_{30}P_{60}K_{60}$ , foliar application of Fulvohumin in combination with soybean seed inoculation contributed to the formation of a high level of productivity. All varieties increased their productivity in these treatments: 3.70 t/ha in 'Evridika', 3.76 t/ha in 'Aratta', and 4.02 t/ha in 'Orfei', while the highest indicators over the years of research were recorded in 'Azymut' (4.11 t/ha), 'Triada' (4.12 t/ha), and 'Avrora' (4.16 t/ha).

**Keywords:** foliar application of fertilisers; inoculant; number of nodular bacteria; mass of nodular bacteria colonies; seed yield.

Надійшла / Received 27.05.2024

Погоджено до друку / Accepted 17.06.2024