

УДК 633.34:631.53.027:631.811.98 (477.7)
DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.37.33>

ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ НАСІННЯ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ПЕРЕДПОСІВНОЇ ІНОКУЛЯЦІЇ В УМОВАХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

УГРІН О.М. – здобувач наукового ступеня доктора філософії (PhD)

orcid.org/0009-0002-0710-5852

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

БІДНИНА І.О. – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник

orcid.org/0000-0001-8351-2519

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Підвищення продуктивності сої в умовах Південного регіону України пов'язане не лише з розширенням площ посіву, а передусім із реалізацією генетичного потенціалу сортів за обмеженого ресурсного забезпечення та нестабільних погодних умов. Для культури сої, насіння якої одночасно є джерелом високоякісного білка й олії, технологічний прийом має оцінюватися за комплексом критеріїв: формуванням елементів структури врожаю, рівнем урожайності, концентрацією основних компонентів хімічного складу та їх фактичним збором з одиниці площі. Саме поєднання цих показників визначає виробничу цінність сорту і доцільність застосування конкретного інокуляційного комплексу.

Передпосівна інокуляція насіння препаратами на основі *Bradyrhizobium* є важливою складовою біологізованої технології вирощування сої. Проте врожайний ефект залежить від сумісності мікроорганізмів із генотипом рослини та від здатності бактеріального комплексу впливати не тільки на азотне живлення, а й на розвиток кореневої системи, мобілізацію фосфору, поглинання елементів живлення та стійкість рослин до стресів. Тому практичний інтерес становить порівняння монокомпонентного ризобіального препарату з композиціями, до складу яких входять представники родин *Bacillus* і *Pseudomonas*.

У посушливих умовах півдня України біологічні препарати розглядають як засіб підвищення продуктивності без пропорційного нарощування витрат мінерального азоту. Світові польові дослідження та метааналізи підтверджують, що коінокуляція сої може поліпшувати елементи структури врожаю, збільшувати врожайність і концентрацію азоту в насінні, однак величина ефекту змінюється залежно від сорту, штамового складу, ґрунту й погодних умов [2–6]. Для композицій РизобінК із *Bacillus velezensis* IMB B-8134, *Pseudomonas* sp. 6 та *Bacillus megaterium* УКМ B-5724 відсутнє достатнє порівняльне оцінювання за комплексом «структура врожаю – урожайність – якість насіння» в умовах Півдня України. Це визначає наукову та прикладну актуальність дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Результативність інокуляції сої значною мірою визначається взаємодією «штам – сорт – середовище».

У дослідженнях Szczerba et al. встановлено, що різні інокулянти *Bradyrhizobium* неоднаково впливали на фізіологічні й агрономічні ознаки сортів сої, що пов'язувалося з відмінностями експресії генів, залучених до нодуляції [2]. Польові дослідження в Німеччині також підтвердили істотну взаємодію штамів *Bradyrhizobium* із сортами та необхідність добору адаптованих симбіотичних пар [3]. Отже, навіть застосування високоефективного ризобіального препарату не гарантує однакового результату для сортів різної тривалості вегетації.

Додаткове введення до інокуляційної системи рістстимулювальних бактерій може розширювати спектр дії біопрепарату. Метааналіз польових досліджень показав, що коінокуляція *Bradyrhizobium* з *Azospirillum* підвищувала врожайність сої та концентрацію азоту в зерні порівняно з лише ризобіальною інокуляцією [4]. Масштабна п'ятирічна виробнича перевірка цієї технології засвідчила середній приріст урожайності 273 кг/га, хоча окремі польові реакції істотно варіювали [5]. Застосування *Pseudomonas* разом із *Bradyrhizobium* сприяло поліпшенню живлення та забезпечувало приріст урожайності на 10,85% у польовому досліді [6].

Перспективність бактерій родів *Bacillus* і *Priestia* пов'язують із продукуванням фітогормонів, мобілізацією важкодоступних сполук фосфору, формуванням біоплівки та підвищенням фізіологічної стійкості рослин. У дослідженні Marchão et al. додаткове застосування представників *Azospirillum*, *Pseudomonas*, *Priestia* і *Bacillus* на сої, попередньо інокуюваної *Bradyrhizobium*, підвищувало врожайність на 4–7%; композиція з *Priestia megaterium* і *Bacillus subtilis* позитивно впливала на масу 1000 зерен [7]. За трикомпонентної мікробної обробки у польових умовах також отримано збільшення кількості бобів та врожайності сої [8]. Водночас такі результати не можна безпосередньо переносити на інші штами та сорти, що зумовлює необхідність регіональної перевірки конкретних композицій.

Попередні дослідження переважно зосереджувалися на нодуляції, азотфіксації або загальному врожайному ефекті інокуляції. Менш вивченим залишається узгоджений вплив різних ендосимбіотично-ризобіальних композицій на морфологічні компоненти продуктивності,



вміст білка й жиру та їх збір з гектару у сортів із різними біологічними особливостями. У цій статті вперше в двохфакторній схемі узагальнено результати багаторічного дослідження щодо сортів Софія і Монарх та чотирьох способів інокуляції порівняно з необробленим контролем.

Мета дослідження. Встановити особливості формування елементів структури врожаю, урожайності та якості насіння сортів сої Софія і Монарх залежно від передпосівної інокуляції РизобіномК та його композиціями з *Bacillus velezensis* IMB B-8134, *Pseudomonas sp. 6* і *Bacillus megaterium* УКМ B-5724 в умовах Причорномор'я України.

Матеріали та методи досліджень. Польові дослідження проводили впродовж 2023–2025 рр. у Херсонській області на дослідних полях Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН на темно-каштановому ґрунті. Дослід закладали за двофакторною схемою. Фактор А – сорт: Софія; Монарх. Фактор В – передпосівна інокуляція насіння: контроль без обробки; РизобінК; РизобінК + *Bacillus velezensis* IMB B-8134; РизобінК + *Pseudomonas sp. 6*; РизобінК + *Bacillus megaterium* УКМ B-5724.

Структуру врожаю оцінювали за висотою рослин і прикріплення першого бобу, кількістю продуктивних вузлів, бобів і насінин на одній рослині, масою насіння з рослини та масою 1000 насінин. Урожайність визначали методом суцільного обліку з приведенням маси насіння до стандартної вологості. Вміст білка й жиру визначали у перерахунку на абсолютно суху речовину; збір білка й жиру розраховували за фактичною урожайністю та відповідною концентрацією компонента. Польові обліки і статистичне опрацювання здійснювали

відповідно до методики польового досліду [9]. Істотність часткових відмінностей урожайності оцінювали за НІР_{0,05}.

Результати досліджень. За усередненими даними 2023–2025 рр. сорти сої істотно різнилися за архітектонікою рослин і характером реакції на інокуляційні композиції (табл. 1).

Сорт Монарх формував вищі рослини, більшу кількість бобів і насінин, тоді як сорт Софія характеризувалася більшою масою 1000 насінин та вищою урожайністю. Ці відмінності свідчать, що продуктивність сортів формувалася за різними морфологічними моделями: у сорту Монарх – переважно через кількість генеративних органів, у сорту Софія – через поєднання достатньої озерненості та більшої крупності насіння.

У сорту Софія використання РизобінК без додаткового бактеріального компонента майже не змінював висоту рослин, кількість бобів і масу насіння з рослини порівняно з контролем. Натомість композиційні варіанти забезпечували чітку перебудову генеративної продуктивності. За поєднання РизобінК з *Pseudomonas sp. 6* кількість бобів зростала з 19 до 24 шт., кількість насінин – із 41 до 55 шт., маса насіння з рослини – із 7,3 до 8,6 г. Маса 1000 насінин становила 158,9 г проти 150,5 г у контролі. Варіант із доповненням *B. megaterium* був близьким за більшістю показників: 23 боби, 54 насінини та 8,4 г насіння з рослини. Водночас варіант при додаванні *B. velezensis* IMB B-8134 забезпечував меншу кількість бобів, ніж *Pseudomonas*, але формував 49 насінин і збільшував масу 1000 насінин до 158,0 г.

У сорту Монарх найпомітнішою була реакція кількості генеративних органів та індивідуальної продуктивності рослини. За використання в композиції *Pseudomonas sp. 6* кількість бобів збільшувалася

Таблиця 1

Морфологічні ознаки та структура врожаю сортів сої залежно від передпосівної інокуляції насіння (середнє за 2023–2025 рр.)

Варіант	Висота рослин, см	Висота прикріплення першого боба, см	Продуктивні вузли, шт.	Боби, шт.	Насіння, шт.	Маса насіння з рослини, г	Маса 1000 насінин, г
Сорт Софія							
Контроль	98	14	10	19	41	7,3	150,5
РизобінК	99	14	11	20	41	7,3	150,5
РизобінК + <i>B. velezensis</i>	100	15	11	21	49	8,2	158,0
РизобінК + <i>Pseudomonas sp. 6</i>	104	15	12	24	55	8,6	158,9
РизобінК + <i>B. megaterium</i>	103	16	12	23	54	8,4	157,2
Сорт Монарх							
Контроль	138	21	12	31	61	8,3	146,0
РизобінК	139	22	12	31	62	8,5	146,0
РизобінК + <i>B. velezensis</i>	141	24	14	32	75	10,3	149,2
Монарх – РизобінК + <i>Pseudomonas sp. 6</i>	143	24	14	35	78	12,5	152,5
РизобінК + <i>B. megaterium</i>	142	23	15	35	77	11,7	150,0
НІР _{0,05}	13,8	2,7	1,0	4,2	8,9	1,1	3,0

з 31 до 35 шт., кількість насінин – із 61 до 78 шт., а маса насіння з однієї рослини – з 8,3 до 12,5 г. Композиція з *B. megaterium* забезпечувала 35 бобів, 77 насінин і 11,7 г насіння з рослини, а *B. velezensis* – 32 боби, 75 насінин та 10,3 г. Отже, за окремими структурними ознаками найкращим був варіант із включенням *Pseudomonas sp. 6*, проте максимальні компоненти продуктивності однієї рослини не завжди прямо трансформувалися в найвищу врожайність посіву.

Ця невідповідність є важливою для інтерпретації польових результатів. Урожайність визначається не лише продуктивністю модельної рослини, а й густотою продуктивного стеблостою, виживанням рослин, рівномірністю розвитку, тривалістю наливу та здатністю сорту реалізувати підвищену кількість генеративних органів у межах усього агроценозу. Тому остаточну оцінку інокуляційних композицій здійснювали за фактичною врожайністю і збором білка та жиру (табл. 2).

Сорт Софія істотно переважав Монарх за врожайністю в усіх варіантах. На контролі різниця становила 1,03 т/га, а за найефективнішої композиції з *B. velezensis* – 1,23 т/га. Проте сорт Монарх характеризувався вищою концентрацією білка в насінні: на контролі – 39,37 проти 38,23% у сорту Софія; за інокуляційних варіантів – 39,90–40,88 проти 39,50–39,93%. Це підтверджує генотипову зумовленість співвідношення між врожайністю та біохімічним складом насіння.

У сорту Софія застосування РизобінуК підвищило врожайність із 3,08 до 3,47 т/га, тобто на 0,39 т/га, або 12,7%. Композиція РизобінК + *B. velezensis* IMB B-8134 забезпечила максимальну врожайність 3,73 т/га, що перевищувало контроль на 0,65 т/га, або 21,1%. Варіанти з *Pseudomonas sp. 6* та *B. megaterium* УКМ B-5724 сформували відповідно 3,47 і 3,49 т/га; їх перевага над контролем становила 12,7 і 13,3%. З урахуванням $HIP_{0,05}$ за фактором В найбільш переконливий приріст урожайності одержано саме за композиції з *B. velezensis*.

У сорту Монарх урожайність на контролі становила 2,05 т/га. Інокуляція препаратом РизобінК підвищувала її до 2,19 т/га, або на 6,8%. Максимум 2,50 т/га отримано за комбінації РизобінК + *B. velezensis* IMB B-8134; приріст до контролю становив 0,45 т/га, або 22,0%. Композиції з *Pseudomonas sp. 6* та *B. megaterium* забезпечили 2,27 і 2,24 т/га, що на 10,7 і 9,3% перевищувало контроль. Отже, в обох сортів найбільш стабільним за урожайністю був варіант із *B. velezensis*, хоча реакція інших елементів структури врожаю була неоднаковою.

Передпосівна інокуляція поліпшувала не лише кількісні, а й якісні показники продукції сої. У сорту Софія вміст білка в насінні підвищувався з 38,23% у контролі до 39,50–39,93% – у дослідних варіантах. Максимальний показник 39,93% отримано за наявності *B. velezensis*, що на 1,70 відсоткового пункту перевищувало контроль. Вміст жиру у цьому варіанті зростав із 16,94 до 18,37%, або на 1,43 відсоткового пункту.

У сорту сої Монарх найбільший вміст білка – 40,88% – встановлено за композиції з *Pseudomonas sp. 6*, тоді як за *B. velezensis* він становив 40,81%. Різниця між цими двома варіантами була мінімальною, але врожайність сої за використання *B. velezensis* була на 0,23 т/га вищою. Максимальний вміст жиру – 19,51% – також отримано за включення *B. velezensis*; близьке значення 19,39% забезпечував РизобінК. Це свідчить, що у сорту Монарх окремі інокулянти неоднаково впливали на білкову й олійну складові, а найкращий комплексний результат визначався поєднанням концентрації та врожайності.

Збір білка є інтегральним показником, який враховує обидві складові – урожайність і білковість насіння. У сорту сої Софія за *B. velezensis* він досягав 1489 кг/га проти 1177 кг/га – у контролі, тобто збільшувався на 312 кг/га, або 26,5%. Збір жиру зростав із 522 до 685 кг/га – на 163 кг/га, або 31,2%. У сорту Монарх відповідні показники становили 1020 і 488 кг/га проти

Таблиця 2

Урожайність, вміст і збір білка та жиру залежно від сорту й інокуляції (середнє за 2023–2025 рр.)

Фактор В	Урожайність, т/га	Білок, %	Жир, %	Збір білка, кг/га	Збір жиру, кг/га
Фактор А Сорт Софія					
Контроль	3,08	38,23	16,94	1177	522
РизобінК	3,47	39,50	17,40	1371	604
РизобінК + <i>B. velezensis</i>	3,73	39,93	18,37	1489	685
РизобінК + <i>Pseudomonas sp. 6</i>	3,47	39,86	17,97	1383	624
РизобінК + <i>B. megaterium</i>	3,49	39,73	17,95	1387	626
Фактор А Сорт Монарх					
Контроль	2,05	39,37	17,22	807	353
РизобінК	2,19	39,90	19,39	874	425
РизобінК + <i>B. velezensis</i>	2,50	40,81	19,51	1020	488
РизобінК + <i>Pseudomonas sp. 6</i>	2,27	40,88	18,74	928	425
РизобінК + <i>B. megaterium</i>	2,24	40,29	18,42	902	413
$HIP_{0,05}$ часткових різниць	A = 0,22; B = 0,34				
$HIP_{0,05}$ головних ефектів	A = 0,09; B = 0,24				

807 і 353 кг/га – у контролі; приріст дорівнював 213 кг/га білка та 135 кг/га жиру, або 26,4 і 38,2%.

Порівняння з літературними даними підтверджує загальну закономірність позитивного впливу інокуляції на продуктивність сої, але водночас демонструє специфічність отриманих реакцій. Książak і Wojarszczuk повідомляли про підвищення врожайності сої за інокуляції *B. japonicum* приблизно на 20% та збільшення збору білка [10]. У нашому дослідженні приріст від одного РизобінуК становив 6,8–12,7%, тоді як композиція з *B. velezensis* забезпечила 21,1–22,0%. Це вказує, що додатковий ендоефітний компонент підсилював практичну реалізацію ризобіального ефекту. Подібно до результатів Marchão et al. [7], представники *Bacillus* / *Priestia* впливали на масу 1000 насінин та інші структурні ознаки, однак найрезультативнішим у наших умовах виявився конкретний штам *B. velezensis* IMB B-8134.

Варіант із компонентом *Pseudomonas* sp. 6 заслуговує окремої оцінки. Він забезпечував формування максимальної кількості бобів, насінин і маси насіння з однієї рослини, а у сорту сої Монарх – найвищий вміст білка. Проте за фактичною врожайністю поступався *B. velezensis*. Подібну неоднозначність реакції можна пояснити тим, що стимулювання індивідуальної продуктивності рослин не завжди супроводжується однаковою стабільністю посіву. Дослідження Kumawat et al. [6] підтверджує здатність *Pseudomonas* у поєднанні з *Bradyrhizobium* покращувати живлення та врожайність, але величина ефекту залежить від штамів і умов середовища.

Використання композиції з *B. megaterium* УКМ B-5724 займала проміжне положення за урожайністю, однак помітно збільшувала кількість продуктивних вузлів і насінин, особливо у сорту Монарх. Фосфатомобілізувальні та рістстимулювальні властивості представників цієї групи можуть сприяти формуванню генеративних органів, але наявні результати не дають підстав приписувати конкретний механізм дії без спеціальних фізіолого-біохімічних досліджень.

Узагальнення результатів дає підстави диференціювати інокулянти за спрямованістю дії. Ризобінок формував базове підвищення урожайності та якості. *Pseudomonas* sp. 6 найсильніше впливав на елементи структури врожаю окремої рослини та білковість сорту Монарх. *B. megaterium* забезпечував виразний, але помірний комплексний ефект. *B. velezensis* IMB B-8134 найбільш послідовно поєднував підвищення урожайності, вмісту білка й жиру та їх збору з гектару в обох сортів. Саме стабільність результату за різних генотипів є ключовим аргументом на користь цього варіанта для виробничої перевірки.

Для умов Півдня України на основі трирічних даних 2023–2025 рр. встановлено сортоспецифічні особливості впливу РизобінуК та його композицій із *B. velezensis* IMB B-8134, *Pseudomonas* sp. 6 і *B. megaterium* УКМ B-5724 на структуру врожаю, урожайність і біохімічну якість насіння сої. Визначено, що максимальна індивідуальна продуктивність рослин і найвища врожайність сої може формуватися за використання різних бактеріальних композицій. Практично найбільш цінним

визначено варіант Ризобінок + *B. velezensis* IMB B-8134, який забезпечив максимальну урожайність і найбільший збір білка та жиру в обох сортів сої.

Висновки.

1. Встановлено, що передпосівна інокуляція насіння істотно впливала на формування структури врожаю, урожайність і якість насіння сортів сої Софія та Монарх. Ефективність застосованих композицій визначалася особливостями генотипу сорту та складом бактеріального консорціуму.

2. Найбільшу кількість бобів і насінин на рослині забезпечувало використання композиції Ризобінок + *Pseudomonas* sp. 6: у сорту Софія – 24 і 55 шт., у сорту Монарх – 35 і 78 шт.; маса насіння з рослини становила відповідно 8,6 і 12,5 г.

3. Максимальну урожайність в обох сортів сформовано за використання для інокуляції композиції Ризобінок + *Bacillus velezensis* IMB B-8134: 3,73 т/га у сорту Софія та 2,50 т/га – у сорту Монарх, що перевищувало контроль на 0,65 і 0,45 т/га, або 21,1 і 22,0%.

4. Застосування композиції з *B. velezensis* поєднувало одержання як високої врожайності, так і покращувало якість. Вміст білка при цьому становив 39,93% у сорту Софія та 40,81% – у сорту Монарх, жиру – 18,37 і 19,51%.

5. Найвищий збір білка і жиру отримано за використання Ризобінок + *B. velezensis*: у сорту Софія – 1489 і 685 кг/га, у сорту Монарх – 1020 і 488 кг/га. Приріст збору білка до контролю становив 26,5 і 26,4%, жиру – 31,2 і 38,2%.

6. В умовах Півдня України найбільш ефективним є застосування передпосівної інокуляції композицією Ризобінок + *B. velezensis* IMB B-8134; композицію з *Pseudomonas* sp. 6 доцільно розглядати як варіант спрямованого поліпшення окремих елементів структури врожаю та білковості насіння.

Перспективи подальших досліджень. Подальша робота має бути спрямована на встановлення стабільності ефектів композицій у виробничих посівах, аналіз взаємозв'язків між структурою врожаю, фотосинтетичною діяльністю й симбіотичною азотфіксацією, а також на економічну та енергетичну оцінку застосування інокулянтів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Голобородько С. П., Дубинська О. Д., Іутинська Г. О., Титова Л. В., Шевчук Н. В. Наукові основи підвищення ефективності бобово-ризобіального симбіозу рослинами сої на зрошуваних землях Південного Степу України : монографія. Одеса : ОЛДІ ПЛЮС, 2025. 162 с.
2. Szczerba A., Płazek A., Kopeć P., et al. Effect of different *Bradyrhizobium japonicum* inoculants on physiological and agronomic traits of soybean associated with different expression of nodulation genes. *BMC Plant Biology*. 2024. 24, 1201. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-05911-x>
3. Reckling M., Bergkvist G., Watson C. A., et al. Enhanced soybean productivity by inoculation with indigenous *Bradyrhizobium* strains in agroecological conditions of Northeast Germany. *Frontiers in Plant Science*. 2021. 12, 707080. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.707080>

4. Barbosa J. Z., Hungria M., Sena J. V. S., et al. Meta-analysis reveals benefits of co-inoculation of soybean with *Azospirillum brasilense* and *Bradyrhizobium* spp. in Brazil. *Applied Soil Ecology*. 2021. 163, 103913. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2021.103913>
5. Prando A. M., Barbosa J. Z., de Oliveira A. B., Nogueira M. A., Possamai E. J., Hungria M. Benefits of soybean co-inoculation with *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense*: Large-scale validation with farmers in Brazil. *European Journal of Agronomy*. 2024. 155, 127112. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2024.127112>
6. Kumawat K. C., Singh I., Nagpal S., Sharma P., Gupta R. K., Sirari A. Co-inoculation of indigenous *Pseudomonas oryzae* and *Bradyrhizobium* sp. modulates the growth, symbiotic efficacy, nutrient acquisition, and grain yield of soybean. *Pedosphere*. 2022. 32(3), 438–451. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(21\)60085-1](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(21)60085-1)
7. Marchão R. L., da Silva G. C., de Andrade S. R. M., et al. Improving soybean development and grain yield by complementary inoculation with growth-promoting bacteria *Azospirillum*, *Pseudomonas*, *Priestia*, and *Bacillus*. *Plants*. 2025. 14(3), 402. <https://doi.org/10.3390/plants14030402>
8. Rafique M., Naveed M., Mumtaz M. Z., et al. Tripartite microbial augmentation of *Bradyrhizobium diazoefficiens*, *Bacillus* sp. MN54, and *Piriformospora indica* on growth, yield, and nutrient profiling of soybean (*Glycine max* L.). *Frontiers in Microbiology*. 2024. 15, 1437489. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1437489>
9. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Методика польового дослідження (зрошування землеробство) : навчальний посібник. Херсон : Гринь Д. С., 2014. 448 с.
10. Książak J., Bojarszczuk J. The Effect of Mineral N Fertilization and *Bradyrhizobium japonicum* Seed Inoculation on Productivity of Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). *Agriculture*. 2022. Vol. 12, No. 1. Art. 110. DOI: 10.3390/agriculture12010110.
11. Вожегова Р. А., Боровик В. О., Рубцов Д. К., Біднина І. О., Клубук В. В. Сучасні аспекти вирішення проблеми економії азотних добрив при вирощуванні сої в умовах зрошення. *Аграрні інновації*. 2020. № 1. С. 11–16. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.1.2>
12. Silvestrini G. R., Rosa E. J. da, Corrêa H. C. et al. Potential Use of Phosphate-Solubilizing Bacteria in Soybean Culture. *AgriEngineering*. 2023. Vol. 5, No. 3. P. 1544–1554. DOI: 10.3390/agriengineering5030095.
- soybean associated with different expression of nodulation genes. *BMC Plant Biology*, 24, 1201. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-05911-x>
3. Reckling, M., Bergkvist, G., & Watson, C. A., et al. (2021). Enhanced soybean productivity by inoculation with indigenous *Bradyrhizobium* strains in agroecological conditions of Northeast Germany. *Frontiers in Plant Science*, 12, 707080. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.707080>
4. Barbosa, J. Z., Hungria, M., & Sena, J. V. S., et al. (2021). Meta-analysis reveals benefits of co-inoculation of soybean with *Azospirillum brasilense* and *Bradyrhizobium* spp. in Brazil. *Applied Soil Ecology*, 163, 103913. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2021.103913>
5. Prando, A. M., Barbosa, J. Z., de Oliveira, A. B., Nogueira, M. A., Possamai, E. J., & Hungria, M. (2024). Benefits of soybean co-inoculation with *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense*: Large-scale validation with farmers in Brazil. *European Journal of Agronomy*, 155, 127112. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2024.127112>
6. Kumawat, K. C., Singh, I., Nagpal, S., Sharma, P., Gupta, R. K., & Sirari, A. (2022). Co-inoculation of indigenous *Pseudomonas oryzae* and *Bradyrhizobium* sp. modulates the growth, symbiotic efficacy, nutrient acquisition, and grain yield of soybean. *Pedosphere*, 32(3), 438–451. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(21\)60085-1](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(21)60085-1)
7. Marchão, R. L., da Silva, G. C., & de Andrade, S. R. M., et al. (2025). Improving soybean development and grain yield by complementary inoculation with growth-promoting bacteria *Azospirillum*, *Pseudomonas*, *Priestia*, and *Bacillus*. *Plants*, 14(3), 402. <https://doi.org/10.3390/plants14030402>
8. Rafique, M., Naveed, M., & Mumtaz, M. Z., et al. (2024). Tripartite microbial augmentation of *Bradyrhizobium diazoefficiens*, *Bacillus* sp. MN54, and *Piriformospora indica* on growth, yield, and nutrient profiling of soybean (*Glycine max* L.). *Frontiers in Microbiology*, 15, 1437489. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1437489>
9. Ushkarenko, V. O., Vozhehova, R. A., Holoborodko, S. P., & Kokovikhin, S. V. (2014). *Metodyka polovoho doslidu (zroshuvane zemlerobstvo) [Methods of field experiment (irrigated agriculture)]*. Kherson : Hrin D. S. [in Ukrainian].
10. Książak, J., & Bojarszczuk, J. (2022). The effect of mineral N fertilization and *Bradyrhizobium japonicum* seed inoculation on productivity of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). *Agriculture*, 12(1), 110. <https://doi.org/10.3390/agriculture12010110>
11. Vozhehova, R. A., Borovyk, V. O., Rubtsov, D. K., Bidnyna, I. O., & Klubuk, V. V. (2020). Suchasni aspekty vyryshennia problemy ekonomii azotnykh dobryv pry vyroshchuvanni soi v umovakh zroshennia [Modern aspects of solving the problem of nitrogen fertilizer saving in irrigated soybean cultivation]. *Agrarian Innovations*, 1, 11–16. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.1.2> [in Ukrainian].
12. Silvestrini, G. R., da Rosa, E. J., & Corrêa, H. C., et al. (2023). Potential use of phosphate-solubilizing bacteria in soybean culture. *AgriEngineering*, 5(3), 1544–1554. <https://doi.org/10.3390/agriengineering5030095>

REFERENCES:

1. Holoborodko, S. P., Dubynska, O. D., Iutynska, H. O., Tytova, L. V., & Shevchuk, N. V. (2025). *Naukovi osnovy pidvyshchennia efektyvnosti bobovo-ryzobialnoho symbiozu roslynamy soi na zroshuvanykh zemliakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [Scientific foundations for increasing the efficiency of legume-rhizobial symbiosis by soybean plants on irrigated lands of the Southern Steppe of Ukraine]*. Odesa: OLDI PLUS, 162 [in Ukrainian].
2. Szczerba, A., Płazek, A., Kopeć, P., et al. (2024). Effect of different *Bradyrhizobium japonicum* inoculants on physiological and agronomic traits of

Угрін О.М., Біднина І.О. Продуктивність та якість насіння сортів сої залежно від передпосівної інокуляції в умовах Півдня України

Мета. Встановити вплив передпосівної інокуляції на структуру врожаю, урожайність, вміст і збір білка та жиру в сортів сої Софія і Монарх. **Методи:** польовий, аналітичний, розрахунково-порівняльний, математичної статистики. Польові дослідження проведено в Херсонській області у 2023–2025 рр. на дослідних полях Інституту кліматично орієнтованого сільськогосподарства НААН. Досліджували контроль без обробки, РизобінК та його композиції з *Bacillus velezensis* IMV B-8134, *Pseudomonas* sp. 6 і *Bacillus megaterium* UKM B-5724. Визначали висоту рослин і прикріплення першого боба, кількість продуктивних вузлів, бобів і насінин, масу насіння з рослини та 1000 насінин, урожайність, вміст і збір білка й жиру. **Результати.** Композиція з *Pseudomonas* sp. 6 формувала найбільшу кількість бобів і насінин на рослині: у сорту Софія – 24 і 55 шт., у сорту Монарх – 35 і 78 шт. Максимальну урожайність забезпечило застосування композиції РизобінК + *B. velezensis* IMV B-8134 – 3,73 т/га у сорту Софія та 2,50 т/га у сорту Монарх, що на 21,1 і 22,0% перевищувало контроль. У цьому варіанті вміст білка становив відповідно 39,93 і 40,81%, жиру – 18,37 і 19,51%. Збір білка досягав 1489 і 1020 кг/га, жиру – 685 і 488 кг/га. **Висновки.** Реакція сортів сої на інокуляційні композиції була диференційованою. *Pseudomonas* sp. 6 найбільше впливав на окремі елементи структури врожаю, тоді як *B. velezensis* IMV B-8134 забезпечував найкраще поєднання урожайності та якості насіння. Для умов Півдня України на основі трирічних даних 2023–2025 рр. встановлено сортоспецифічні особливості впливу РизобінуК та його композицій із *B. velezensis* IMV B-8134, *Pseudomonas* sp. 6 і *B. megaterium* UKM B-5724 на структуру врожаю, урожайність і біохімічну якість насіння сої. Визначено, що максимальна індивідуальна продуктивність рослин і найвища урожайність сої може формуватися за використання різних бактеріальних композицій. Практично найбільш цінним визначено варіант РизобінК + *B. velezensis* IMV B-8134, який забезпечив максимальну урожайність і найбільший збір білка та жиру в обох сортів сої.

Ключові слова: соя, Софія, Монарх, інокуляція, *Bacillus velezensis*, *Pseudomonas*, *Bacillus megaterium*, структура врожаю, урожайність, білок, жир.

Uhrin O.M., Bidnyna I.O. Productivity and seed quality of modern soybean varieties depending on pre-sowing inoculation under the conditions of the Black Sea region of Ukraine

Purpose. To determine the effect of pre-sowing inoculation on crop structure, yield, and protein and fat content and yield in the soybean varieties Sofia and Monarch. **Methods:** field, analytical, computational-comparative, and mathematical statistics. Field studies were conducted in the Kherson region in 2023–2025 on experimental fields of the Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. The study included a control without treatment, RhizobinK, and its formulations with *Bacillus velezensis* IMV B-8134, *Pseudomonas* sp. 6, and *Bacillus megaterium* UKM B-5724. The following parameters were determined: plant height and the position of the first pod, the number of productive nodes, pods, and seeds, seed weight per plant and per 1,000 seeds, yield, and protein and fat content and yield. **Results.** The formulation containing *Pseudomonas* sp. 6 produced the highest number of pods and seeds per plant: 24 and 55, respectively, in the Sofia variety, and 35 and 78, respectively, in the Monarch variety. The highest yield was achieved with the application of the RhizobinK + *B. velezensis* IMV B-8134 mixture – 3.73 t/ha for the Sofia variety and 2.50 t/ha for the Monarch variety, which exceeded the control by 21.1% and 22.0%, respectively. In this treatment, the protein content was 39.93% and 40.81%, respectively, and the fat content was 18.37% and 19.51%. Protein yield reached 1,489 and 1,020 kg/ha, and fat yield reached 685 and 488 kg/ha. **Conclusions.** The response of soybean varieties to the inoculation mixtures varied. *Pseudomonas* sp. 6 had the greatest effect on individual components of the yield structure, while *B. velezensis* IMV B-8134 provided the best combination of yield and seed quality. For the conditions of Southern Ukraine, based on three-year data from 2023–2025, the variety-specific features of the influence of RhizobinK and its compositions with *B. velezensis* IMV B-8134, *Pseudomonas* sp. 6 and *B. megaterium* UKM B-5724 on the crop structure, yield and biochemical quality of soybean seeds were established. It was determined that the maximum individual productivity of plants and the highest soybean yield can be formed using different bacterial compositions. The RhizobinK + *B. velezensis* IMV B-8134 variant was determined to be practically the most valuable, which ensured the maximum yield and the highest protein and fat collection in both soybean varieties.

Key words: soybean, Sofia, Monarch, inoculation, *Bacillus velezensis*, *Pseudomonas*, *Bacillus megaterium*, yield structure, yield, protein, fat.

Дата першого надходження статті до видання: 26.07.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.08.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.09.2026