

DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202001-221>

Available at (PDF): <http://mivg.iwpim.com.ua/index.php/mivg/article/view/221>

УДК 633.34:631.53.01:631.67 (477.7)

## ПРОДУКТИВНІСТЬ СОРТІВ СОЇ ЗА ІНОКУЛЯЦІЄ НАСІННЯ БУЛЬБОЧКОВИМИ Й ЕНДОФІТНИМИ БАКТЕРІЯМИ В УМОВАХ ЗРОШЕННЯ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

С.П. Голобородько<sup>1</sup>, докт. с.-г. наук, проф., Г.О. Іутинська<sup>2</sup>, докт. біол. наук, проф.,  
Л.В. Титова<sup>3</sup>, канд. біол. наук, с. н. с., О.Д. Дубинська<sup>4</sup>, аспірант

<sup>1</sup> Інститут зрошувального землеробства НААН, м. Херсон, Україна;

<https://orcid.org/0000-0002-6968-985X>, e-mail: [goloborodko1939@gmail.com](mailto:goloborodko1939@gmail.com)

<sup>2</sup> Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К.Заболотного НАН України, Київ, Україна;

e-mail: [galyna.iutynska@gmail.com](mailto:galyna.iutynska@gmail.com)

<sup>3</sup> Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К.Заболотного НАН України, Київ, Україна;

e-mail: [lytova.07@gmail.com](mailto:lytova.07@gmail.com)

<sup>4</sup> Асканійська ДСДС ІЗЗ НААН, с. Тавричанка, Україна;

<https://orcid.org/0000-0002-5572-0094>, e-mail: [klenova-dubinskaelena76@ukr.net](mailto:klenova-dubinskaelena76@ukr.net)

**Анотація.** У статті викладено результати наукових досліджень із встановлення продуктивності різних за швидкістю сортів сої залежно від комплексної інокуляції насіння бульбочковими та ендоефітними бактеріями. Доведено, що за інокуляції насіння сої, порівняно з контрольними варіантами, суттєво збільшується загальна кількість бобів на рослинах, а також насіння в одному бобі, що сприяє підвищенню урожайності ультраскоростиглого сорту Діона на 0,85–0,87 т/га і середньораннього сорту Аратта – на 0,47–0,48 т/га. Застосування інокуляції насіння сої бульбочковими й ендоефітними бактеріями комплексно з іншими агротехнічними заходами дозволяє знижувати хімічне навантаження на земельні ресурси, що сприяє істотному поліпшенню якості вирощуваної продукції. Максимальний збір білка і жиру отримано за інокуляції насіння Ризобіном<sup>к</sup> + *Vasillus sp.4*, який за вирощування сорту Діона досягав 1222 кг/га і 560 кг/га, а сорту Аратта – 1080 кг/га та 512 кг/га відповідно. Сумарне водоспоживання різних за швидкістю сортів сої у критичному міжфазному періоді “початок цвітіння–початок утворення бобів” суттєво зросло, що пов’язано з інтенсивним ростом вегетативної маси рослин, яке у ультраскоростиглого сорту Діона досягало 1024 м<sup>3</sup>/га і середньораннього сорту Аратта – 1511 м<sup>3</sup>/га. У міжфазному періоді “початок утворення бобів–початок дозрівання бобів” сумарне водоспоживання при вирощуванні сорту сої Діона не перевищувало 1318 м<sup>3</sup>/га і сорту Аратта 952 м<sup>3</sup>/га або 16,3–25,8% до загальної кількості води за вегетаційний період культури. Загалом при вирощуванні сорту Діона було проведено 10 вегетаційних поливів зрошувальною нормою 3610 м<sup>3</sup>/га, відповідно, сорту Аратта – 12 поливів зрошувальною нормою 4220 м<sup>3</sup>/га. Загалом за вегетаційний період сумарне водоспоживання сорту сої Діона із 0-70 см шару ґрунту досягало 5102 м<sup>3</sup>/га, відповідно, сорту Аратта – 5832 м<sup>3</sup>/га.

**Ключові слова:** соя, насіння, інокуляція, бульбочкові бактерії, ендоефіти, урожайність, вміст білка, вміст жиру.

**Постановка проблеми.** Серед введених у культуру зернобобових рослин соя в структурі посівних площ України протягом останніх років стала займати одне з провідних місць, що обумовлено високим вмістом у її насінні білка – до 38–42%, жиру – до 18–23% та вуглеводів – до 25–30% [2]. Зростанню посівних площ сої сприяє також і значний попит на її насіння на міжнародному ринку, що пов’язано з отриманням високоякісного рослинного білка, оскільки як бобова рослина вона забезпечує до 60–70% свою потребу в азотному живленні за рахунок фіксації бульбочковими бактеріями симбіотичного азоту [2].

Згідно з даними Державної служби статистики загальна посівна площа сої в Україні

у 2019 р. становила 1823,0 тис. га проти 93,0 тис. га у 1990 р. Поряд із високими якісними показниками насіння розширення посівних площ сої в розвинутих країнах світу обумовлено й невисокою енергоємністю її вирощування та універсальністю використання культури. Головними чинниками, які сприяють отриманню стабільно високих урожаїв сої, є створення та впровадження у сільськогосподарське виробництво високопродуктивних селекційних сортів нового покоління та удосконалення технології вирощування культури. Одним із ефективних заходів, що сприяє підвищенню насінневої продуктивності сої, є застосування екологічно безпечних інокулянтів, створених на основі бульбочкових бактерій.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Згідно з результатами наукових досліджень, проведених у різних природно-кліматичних зонах України, інокуляція насіння сої бульбочковими бактеріями істотно підвищує симбіотичну фіксацію молекулярного азоту атмосфери, а, отже, й урожай культури [7]. Поряд з цим залучення азоту з повітря в кругообіг поживних речовин зернобобовими культурами забезпечує покращення екологічного стану навколишнього середовища. Проте зараз при вирощуванні сої ще зовсім залишається не вивченим питання комплексного застосування бульбочкових та ендодітних бактерій, хоча об'єднання азотфіксуючих властивостей ризобій та рістрегулюючих функцій ендодітних бактерій, з господарської точки зору, є надзвичайно цінним [3]. Вперше вплив ендодітних бактерій, які населяють тканини введених у культуру більшості зернобобових рослин, без нанесення їм шкоди, було визначено Де Барі у 1886 р. [8].

Нині встановлено, що ендодітні бактерії, які поряд із бульбочковими бактеріями здатні формувати на коренях потужний симбіотичний апарат, синтезують біологічно активні метаболіти, що характеризуються антимікробною дією на фітопатогени, або є індукторами системної стійкості рослин, попереджаючи цим розвиток у них хвороб. До того ж деякі з них здатні фіксувати молекулярний азот атмосфери, що покращує азотне живлення рослин зернобобових культур [8]. Тому більшість ендодітних бактерій сприяє активному росту й розвитку рослин, а також підвищенню їх стійкості до впливу несприятливих факторів навколишнього середовища.

**Завдання і методика досліджень.** Метою наукових досліджень було встановлення впливу комплексної інокуляції насіння новими штамми ендодітних бактерій сумісно з бульбочковими бактеріями на формування урожаю та його якості різних за скоростиглістю сортів сої в умовах зрошення півдня України. Польовий дослід з удосконалення ресурсоощадної технології вирощування насіння різних за скоростиглістю сортів сої проводили на Асканійській ДСДС ІЗЗ НААН, розташованій в с. Тавричанка, Каховського району, Херсонської області. Ґрунти – темно-каштанові середньосуглинкові, з глибиною гумусного шару 45–50 см. Вміст гумусу (за Тюрнімом) в орному шарі становить 2,15%, лужногідролізованого азоту (за Корнфілдом) – 50,0 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору (за Мачигінімом) – 24,0 мг/кг ґрунту; обмінного калію – 400 мг/кг

ґрунту. Найменша вологоємність 0–50 см шару – 23,2%; 0–100 см – 21,5%; 0–150 см – 21,3%; вологість в'янення, відповідно, – 11,4; 11,6 і 11,9% до ваги абсолютно сухого ґрунту.

Двофакторний польовий дослід закладено методом розщеплених ділянок, де головні ділянки (ділянки першого порядку, фактор А) – сорти сої ультраскоростиглий (Діона) і середньоранній (Аратта). Ділянки другого порядку (субділянки, фактор В) – варіанти передпосівної обробки насіння: 1 – Контроль 1 (без обробки насіння); 2 – Контроль 2 (обробка насіння водою); 3 – Ризобін<sup>К</sup> (асоціація 3-х штамів *Bradyrhizobium japonicum* УКМ В-6018, УКМ В-6023, УКМ В-6035); 4 – Ризобін<sup>К</sup> + *Paenibacillus* sp.1; 5 – Ризобін<sup>К</sup> + *Bacillus* sp.4; 6 – Ризобін<sup>К</sup> + *Brevibacillus* sp.5; 7 – Ризобін<sup>К</sup> + *Pseudomonas brassicacearum* 6; 8 – Ризобін<sup>К</sup> + *B. megaterium* УКМ В-5724. Для інокуляції насіння використано штами бульбочкових й ендодітних бактерій із колекції культур відділу загальної та ґрунтової мікробіології Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України.

Площа посівної ділянки – 240,0 м<sup>2</sup>, облікової – 17 м<sup>2</sup>, повторність дослідів чотириразова. Сівбу сортів сої проводили в третій декаді квітня сівалкою «Клен» шириною міжрядь 45 см на глибину 6–7 см. Норма висіву насіння сорту Діона – 800000 і Аратта – 600000 схожих насінин/га [5]. Вплив погодно-кліматичних умов на формування урожаю сортів сої встановлювали шляхом визначення випаровуваності, кількості атмосферних опадів, дефіциту вологозабезпечення та коефіцієнта зволоження, які визначали за Н.М. Івановим [4]. Метеорологічні показники наведено за даними спостережень метеорологічної станції смт Асканія-Нова. Баланс продуктивної вологи, сумарне випаровування за міжфазними періодами та сумарне водоспоживання сої загалом за вегетаційний період визначали за О.М. Костяковим [6]. Облік урожаю за варіантами польового дослідів виконували за 100% дозрівання насіння в бобах. Збирання врожаю проводили комбайном «Сампо-130». Структуру врожаю, статистичний та економічний аналізи проводили за загальноприйнятими методиками польового дослідів [9].

**Виклад основного матеріалу.** Аналіз впливу гідротермічних умов протягом вегетаційного періоду сої свідчить, що у літні та осінні місяці вегетації культури у південному Степу спостерігається істотний дефіцит атмосферних опадів, що суттєво впливає на формування урожаю культури. Загальна тривалість вегетаційного періоду сої сорту

Діона у середньому за 2017–2019 рр. складала 112 діб і сорту Аратта – 144 доби.

Тривалість міжфазного періоду “сходи-початок гілкування” сорту Діона за гідротермічних умов, що склалися, становила 10 діб і сорту Аратта – 13 діб. У міжфазному періоді “початок гілкування–початок цвітіння” за середньодобової температури 21,3°C і відносної вологості повітря 55,4% випаровуваність досягала 172,1 мм, а дефіцит вологозабезпечення складав 165,0 мм. Коефіцієнт зволоження у вказаному міжфазному періоді був вкрай низьким і не перевищував 0,04. Останнє свідчить про те, що територія південного Степу в період вегетації сої сорту Діона, згідно з Н.Н. Івановим [4], належала до пустелі. Протягом міжфазного періоду “початок цвітіння-початок утворення бобів”, загальна тривалість якого у сорту Діона складала 20 діб, за середньодобової температури 23,0°C і відносної вологості повітря 55,8% випаровуваність зростала до 183,3 мм, а дефіцит вологозабезпечення досягав 152,7 мм. За таких

погодних умов коефіцієнт зволоження для сорту Діона не перевищував 0,17, що характерно для напівпустелі (табл. 1).

Кількість атмосферних опадів у міжфазному періоді “початок цвітіння – початок утворення бобів” при вирощуванні сорту Діона складала 30,6 мм, або 28,0% до загальної кількості опадів загалом за вегетаційний період.

Вкрай негативний вплив тривалої посухи спостерігався і у міжфазні періоди “початок утворення бобів–початок дозрівання бобів” та “початок дозрівання бобів–повне дозрівання бобів”, загальна тривалість яких для сорту сої Діона складала 52 доби. Кількість атмосферних опадів у вказані міжфазні періоди була недостатньою і загалом не перевищувала 55,2 мм для сорту Діона або 50,5% до загальної кількості опадів за вегетаційний період культури. За середньої температури 23,9–24,8°C і відносної вологості повітря 49,7–57,3% випаровуваність у вказані міжфазні періоди підвищувалася до 183,8–224,5 мм, а дефіцит вологозабезпечення зростав до 139,7–213,4 мм.

1. Гідротермічні показники вегетаційного періоду різних за скоростиглістю сортів сої в південному Степу України (у середньому за 2017–2019 рр.)

| Календарні дати                                            | Середня температура повітря, °C | Кількість опадів, мм | Відносна вологість повітря, % | Випаровуваність, мм | Дефіцит вологозабезпечення, мм | Коефіцієнт зволоження (КЗ) |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------------------------|---------------------|--------------------------------|----------------------------|
| <b>Сорт Діона</b>                                          |                                 |                      |                               |                     |                                |                            |
| сходи-початок гілкування (10 діб)                          |                                 |                      |                               |                     |                                |                            |
| 14.V-23.V                                                  | 17,8                            | 16,5                 | 67,2                          | 108,1               | 91,6                           | 0,15                       |
| початок гілкування-початок цвітіння (30 діб)               |                                 |                      |                               |                     |                                |                            |
| 24.V-22.VI                                                 | 21,3                            | 7,1                  | 55,4                          | 172,1               | 165,0                          | 0,04                       |
| початок цвітіння-початок утворення бобів (20 діб)          |                                 |                      |                               |                     |                                |                            |
| 23.VI -12.VII                                              | 23,0                            | 30,6                 | 55,8                          | 183,3               | 152,7                          | 0,17                       |
| початок утворення бобів-початок дозрівання бобів (24 доби) |                                 |                      |                               |                     |                                |                            |
| 13.VII-05.VIII                                             | 23,9                            | 44,1                 | 57,3                          | 183,8               | 139,7                          | 0,24                       |
| початок дозрівання бобів-повне дозрівання бобів (28 діб)   |                                 |                      |                               |                     |                                |                            |
| 06.VIII-02.IX                                              | 24,8                            | 11,1                 | 49,7                          | 224,5               | 213,4                          | 0,05                       |
| разом                                                      |                                 |                      |                               |                     |                                |                            |
| <b>112 діб</b>                                             | <b>22,2</b>                     | <b>109,4</b>         | <b>57,1</b>                   | <b>871,8</b>        | <b>762,4</b>                   | <b>0,12</b>                |
| <b>Сорт Аратта</b>                                         |                                 |                      |                               |                     |                                |                            |
| сходи-початок гілкування (13 діб)                          |                                 |                      |                               |                     |                                |                            |
| 14.V-26.V                                                  | 17,8                            | 17,1                 | 67,8                          | 106,2               | 89,1                           | 0,16                       |
| початок гілкування-початок цвітіння (50 діб)               |                                 |                      |                               |                     |                                |                            |
| 27.V-15.VII                                                | 22,5                            | 34,5                 | 54,9                          | 183,2               | 148,7                          | 0,19                       |
| початок цвітіння-початок утворення бобів (28 діб)          |                                 |                      |                               |                     |                                |                            |
| 16.VII-12.VIII                                             | 24,5                            | 30,5                 | 56,0                          | 194,0               | 163,5                          | 0,16                       |
| початок утворення бобів-початок дозрівання бобів (27 діб)  |                                 |                      |                               |                     |                                |                            |
| 13.VIII-08.IX                                              | 23,9                            | 28,4                 | 51,7                          | 207,9               | 179,5                          | 0,14                       |
| початок дозрівання бобів-повне дозрівання бобів (26 діб)   |                                 |                      |                               |                     |                                |                            |
| 09.IX -04.X                                                | 20,3                            | 12,1                 | 54,1                          | 169,5               | 157,4                          | 0,07                       |
| разом                                                      |                                 |                      |                               |                     |                                |                            |
| <b>144 доби</b>                                            | <b>21,8</b>                     | <b>122,6</b>         | <b>56,9</b>                   | <b>860,8</b>        | <b>738,2</b>                   | <b>0,14</b>                |

Відмінною особливістю вегетаційного періоду середньораннього сорту сої Аратта було те, що у критичний міжфазний період «початок цвітіння–початок утворення бобів» та на «початку утворення бобів–початку дозрівання бобів» через високу середньодобову температуру й низьку відносну вологість повітря випаровуваність зростала до 194,0–207,9 мм, а дефіцит вологозабезпечення, відповідно, до 163,5–179,5 мм. Коефіцієнт зволоження у вказані міжфазні періоди був вкрай низьким і не перевищував 0,14–0,16. Останнє свідчить про те, що підзона південного Степу України у критичний період вегетації сорту Аратта належала до напівпустелі.

Згідно з прийнятою класифікацією, за величиною коефіцієнта зволоження природно-кліматичні зони України визначають як: за  $K_z = 1,00$ –1,33 і більше – високозволожена зона;  $K_z = 1,00$ –0,77 – напівволога;  $K_z = 0,77$ –0,55 – напівпосушлива;  $K_z = 0,55$ –0,44 – посушлива;  $K_z = 0,44$ –0,33 – дуже посушлива;  $K_z = 0,33$ –0,22 – напівсуха зона;  $K_z = 0,22$ –0,12 – напівпустеля,  $K_z = 0,12$  і менше – пустеля [4].

Вологість ґрунту в міжфазні періоди «початок гілкування–початок цвітіння» та «початок цвітіння – початок утворення бобів» у розрахунковому 0–70 см шарі ґрунту підтримували на рівні 75–80% НВ, а в міжфазному періоді «початок утворення бобів–початок дозрівання бобів» знижували її до 60–65% НВ. При цьому в сухі (95%) за забезпеченістю опадами роки враховували екстремальні гідротермічні умови, що склалися, не допускаючи зниження рівня передполивної вологості 0–70 см шару ґрунту до нижнього оптимального рівня.

Сумарне водоспоживання за міжфазними періодами різних за скоростиглістю сортів сої визначали методом водного балансу, який базується на обліку вмісту вологи в ґрунті на початку та в кінці вегетаційного періоду, витрат води на формування урожаю за міжфазними періодами і загалом за вегетаційний період культури, з урахуванням кількості опадів, що випадали, та зрошення [6].

На початку вегетації сортів сої у міжфазних періодах «сходи – початок гілкування» та «початок гілкування – початок цвітіння» сумарне водоспоживання відбувалося за рахунок фізичного випаровування з ґрунту, яке у розрахунковому 0–70 см шарі для сорту Діона досягло 681–1241 м<sup>3</sup>/га і, відповідно, сорту Аратта – 691–1835 м<sup>3</sup>/га. Кількість атмосферних опадів у вказаних міжфазних періодах при вирощуванні сорту Діона складала 71–165 м<sup>3</sup>/га або 6,5–15,1% до суми опадів загалом за вегетаційний період, відповідно, сорту Аратта – 171–345 м<sup>3</sup>/га та 13,9–28,1%.

У критичному міжфазному періоді «початок цвітіння–початок утворення бобів» сумарні витрати продуктивної вологи суттєво зростали, що пов'язано з інтенсивним ростом вегетативної маси рослин, які у сорту Діона досягали 1024 м<sup>3</sup>/га і у сорту Аратта – 1511 м<sup>3</sup>/га. У міжфазному періоді «початок утворення бобів – початок дозрівання бобів» сумарне водоспоживання при вирощуванні ультраскоростиглого сорту сої Діона складало 1318 м<sup>3</sup>/га або 25,8% до загальної кількості вологи за вегетаційний період культури (табл. 2).

## 2. Баланс продуктивної вологи протягом вегетаційного періоду сортів сої у 0–70 см шарі ґрунту (у середньому за 2017–2019 рр.), м<sup>3</sup>/га

| Міжфазні періоди | Календарні строки | Початковий запас | Опади       | Поливи      | Усього      | Кінцевий запас | Сумарне водоспоживання |
|------------------|-------------------|------------------|-------------|-------------|-------------|----------------|------------------------|
| Сорт Діона       |                   |                  |             |             |             |                |                        |
| Сх–Пг            | 14.05–23.05       | 1169             | 165         | 300         | 1634        | 949            | 685                    |
| Пг–Пцв           | 24.05–22.06       | 949              | 71          | 1180        | 2200        | 959            | 1241                   |
| Пцв–Пуб          | 23.06–12.07       | 959              | 306         | 770         | 2035        | 1011           | 1024                   |
| Пуб–Пдз          | 13.07–05.08       | 1011             | 441         | 930         | 2382        | 1064           | 1318                   |
| Пдз–Пуб          | 06.08–02.09       | 1064             | 111         | 430         | 1605        | 771            | 834                    |
| <b>Разом</b>     |                   | <b>1169</b>      | <b>1094</b> | <b>3610</b> | <b>5873</b> | <b>771</b>     | <b>5102</b>            |
| Сорт Аратта      |                   |                  |             |             |             |                |                        |
| Сх–Пг            | 14.05–26.05       | 1157             | 171         | 300         | 1628        | 937            | 691                    |
| Пг–Пцв           | 27.05–15.07       | 937              | 345         | 1620        | 2902        | 1067           | 1835                   |
| Пцв–Пуб          | 16.07–12.08       | 1067             | 305         | 1030        | 2402        | 891            | 1511                   |
| Пуб–Пдз          | 13.08–08.09       | 891              | 284         | 700         | 1875        | 923            | 952                    |
| Пдз–Пуб          | 09.09–04.10       | 923              | 121         | 570         | 1614        | 771            | 843                    |
| <b>Разом</b>     |                   | <b>1157</b>      | <b>1226</b> | <b>4220</b> | <b>6603</b> | <b>771</b>     | <b>5832</b>            |

Примітка: Сх–Пг – сходи-початок гілкування; Пг–Пцв – початок гілкування-початок цвітіння; Пцв–Пуб – початок цвітіння-початок утворення бобів; Пуб–Пдз – початок утворення бобів-початок дозрівання бобів; Пдз–Пдб – початок дозрівання бобів-повне дозрівання бобів.

Сумарне водоспоживання середньораннього сорту Аратта у вказаному міжфазному періоді не перевищувало 952 м<sup>3</sup>/га або 16,3% до сумарної кількості вологи за вегетаційний період. Останнє пов'язано з недостатньою кількістю атмосферних опадів у період вегетації культури. Сумарне водоспоживання продуктивної вологи у міжфазному періоді “початок дозрівання бобів – повне дозрівання бобів” у сорту сої Діона складало 834 м<sup>3</sup>/га і 843 м<sup>3</sup>/га – у сорту Аратта.

На зниження негативних наслідків екстремальних погодних умов, які домінували протягом літнього й осіннього періоду вегетації обох сортів сої, достатньо високий вплив на проходження продукційних процесів та формування урожаю мало лише своєчасне проведення вегетаційних поливів. У середньому при вирощуванні ультраскоростиглого сорту Діона було проведено 10 вегетаційних поливів зрошувальною нормою 3610 м<sup>3</sup>/га,

відповідно, середньораннього сорту Аратта – 12 поливів зрошувальною нормою 4220 м<sup>3</sup>/га. Загалом за вегетаційний період сумарне водоспоживання ультраскоростиглого сорту сої Діона із 0–70 см шару ґрунту досягало 5102 м<sup>3</sup>/га, відповідно, сорту Аратта – 5832 м<sup>3</sup>/га. Для створення високопродуктивних агроцензів різних за скоростиглістю сортів сої важливо було сформувавши оптимальну густоту стояння рослин та забезпечити їх добрий ріст і розвиток (табл. 3).

Як відмічають Ф.Ф. Адамень та ін. [1], густота рослин сої істотно впливає на формування урожаю насіння культури та його якість. У наших дослідженнях густота стояння рослин сої змінювалася, оскільки в процесі вегетаційного періоду частина рослин відмирала, внаслідок чого на ділянках польового досліду вона зменшувалася.

До того ж гинули слабкі рослини, які відставали в рості, а також пошкоджені шкід-

3. Густота стояння, польова схожість та виживання різних за скоростиглістю сортів сої залежно від інокуляції насіння перед сівбою бульбочковими та ендоефітними бактеріями (у середньому за 2017–2019 рр.)

| Варіанти |                                                        | Норма висіву насіння, тис./га | Зійшло рослин, тис./га | Польова схожість насіння, % | Рослин у повну стиглість, тис./га | Вижило рослин, % |
|----------|--------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|------------------|
| Сорт А)  | Обробка насіння (В)                                    |                               |                        |                             |                                   |                  |
| Діона    | Контроль 1                                             | 800 000                       | 702 000                | 87,7                        | 471 000                           | 67,1             |
|          | Контроль 2                                             | 800 000                       | 702 000                | 87,7                        | 477 000                           | 67,9             |
|          | Ризобін <sup>К</sup>                                   | 800 000                       | 706 000                | 88,2                        | 563 000                           | 79,7             |
|          | Ризобін <sup>К</sup> + <i>Raenibacillus</i> sp.1       | 800 000                       | 703 000                | 87,9                        | 574 000                           | 81,6             |
|          | Ризобін <sup>К</sup> + <i>Bacillus</i> sp.4            | 800 000                       | 706 000                | 88,2                        | 624 000                           | 88,4             |
|          | Ризобін <sup>К</sup> + <i>Brevibacillus</i> sp.5       | 800 000                       | 705 000                | 88,1                        | 608 000                           | 86,2             |
|          | Ризобін <sup>К</sup> + <i>P. brassicacearum</i> 6      | 800 000                       | 708 000                | 88,5                        | 618 000                           | 87,3             |
|          | Ризобін <sup>К</sup> + <i>B. megaterium</i> УКМ В-5724 | 800 000                       | 707 000                | 88,4                        | 616 000                           | 87,1             |
| Аратта   | Контроль 1                                             | 600 000                       | 530 000                | 88,3                        | 427 000                           | 80,6             |
|          | Контроль 2                                             | 600 000                       | 530 000                | 88,3                        | 427 000                           | 80,6             |
|          | Ризобін <sup>К</sup>                                   | 600 000                       | 532 000                | 88,7                        | 450 000                           | 84,6             |
|          | Ризобін <sup>К</sup> + <i>Raenibacillus</i> sp.1       | 600 000                       | 539 000                | 89,8                        | 480 000                           | 89,0             |
|          | Ризобін <sup>К</sup> + <i>Bacillus</i> sp.4            | 600 000                       | 537 000                | 89,4                        | 507 000                           | 94,4             |
|          | Ризобін <sup>К</sup> + <i>Brevibacillus</i> sp.5       | 600 000                       | 539 000                | 89,8                        | 503 000                           | 93,3             |
|          | Ризобін <sup>К</sup> + <i>P. brassicacearum</i> 6      | 600 000                       | 535 000                | 89,2                        | 470 000                           | 87,8             |
|          | Ризобін <sup>К</sup> + <i>B. megaterium</i> УКМ В-5724 | 600 000                       | 532 000                | 88,7                        | 503 000                           | 94,5             |

никами й хворобами. Найменше виживало рослин на контрольних варіантах – контроль 1 (без інокуляції насіння) 66,3–62,0%, контроль 2 (обробка насіння водою) 66,2–60,8%. Інокуляція насіння перед сівбою бульбочковими та ендодітними бактеріями позитивно впливала на збереження рослин. Найбільше виживало рослин сорту Діона за інокуляції насіння Ризобін<sup>К</sup>+ *Brevibacillus* sp.5 – 92,0%, відповідно, сорту Аратта – Ризобін<sup>К</sup> + *B. megaterium* 6 – 94,1%.

Передпосівна інокуляція насіння різних за скоростиглістю сортів сої бульбочковими й ендодітними бактеріями сприяла формуванню більшої кількості бобів на рослинах і насінин в одному бобі. Так, на контролі 1 (без обробки насіння водою) і контролі 2 (обробка насіння водою) кількість бобів на 1 рослині сорту сої Діона в середньому за 2017–2019 рр. не перевищувала 24,0–26,0 штук і сорту Аратта 31–35 штук (табл. 4).

За обробки насіння препаратом Ризобін<sup>К</sup> (асоціація 3-х штамів *B. japonicum* УКМ В-6018, УКМ В-6023, УКМ В-6035) та комплексним інокулянтом Ризобін<sup>К</sup> +

*Paenibacillus* sp.1 на сорті Діона кількість бобів зростала до 31,0–35,0 шт., а за обробки композиціями Ризобін<sup>К</sup> + *Bacillus* sp.4 та Ризобін<sup>К</sup> + *Brevibacillus* sp.5 – до 33,0–39,0 штук на 1 рослині. Аналогічно спостерігалось їх збільшення й на сорті Аратта, яке у варіантах Контроль 1 і Контроль 2 складало 31,0–35,0 шт., проти 42,0–51 шт. за інокуляції насіння бульбочковими й ендодітними бактеріями, що суттєво впливало на формування урожаю сортів сої. Максимальна урожайність сорту Діона отримана за передпосівної інокуляції насіння Ризобіном<sup>К</sup> + *Bacillus* sp.4 – 3,19 т/га, відповідно, сорту Аратта – 2,75 т/га (табл. 5).

Найменша врожайність насіння отримана у варіантах Контроль 1 (без обробки насіння) і Контроль 2 (обробка насіння водою), яка у сорту Діона не перевищувала 2,32–2,34 т/га і у сорту Аратта – 2,27–2,28 т/га

За результатами лабораторних аналізів встановлено також і якісні показники насіння сортів сої, які суттєво залежали від комплексної інокуляції бульбочковими та ендодітними бактеріями.

#### 4. Структура урожаю різних за скоростиглістю сортів сої залежно від застосування бульбочкових і ендодітних бактерій (середнє за 2017–2019 рр.)

| Варіанти обробки насіння (В)  | Висота рослин, см |                           | Кількість на 1 рослині, шт. |       |         | Маса насіння |                     |
|-------------------------------|-------------------|---------------------------|-----------------------------|-------|---------|--------------|---------------------|
|                               | загальна          | прикріплення нижніх бобів | продуктивних вузлів         | бобів | насіння | з 1 рослини  | 1000 шт. насінин, г |
| Сорт Діона (А <sub>1</sub> )  |                   |                           |                             |       |         |              |                     |
| 1                             | 71                | 10                        | 12                          | 24    | 57      | 7,0          | 128                 |
| 2                             | 72                | 10                        | 13                          | 26    | 63      | 7,7          | 131                 |
| 3                             | 81                | 11                        | 12                          | 31    | 72      | 9,0          | 138                 |
| 4                             | 82                | 11                        | 15                          | 35    | 81      | 11,0         | 136                 |
| 5                             | 82                | 11                        | 16                          | 39    | 82      | 11,9         | 148                 |
| 6                             | 76                | 11                        | 14                          | 33    | 77      | 10,6         | 143                 |
| 7                             | 81                | 11                        | 14                          | 30    | 69      | 8,7          | 138                 |
| 8                             | 77                | 10                        | 14                          | 31    | 70      | 8,2          | 139                 |
| Сорт Аратта (А <sub>2</sub> ) |                   |                           |                             |       |         |              |                     |
| 1                             | 124               | 13                        | 15                          | 31    | 69      | 10,4         | 132                 |
| 2                             | 124               | 14                        | 17                          | 35    | 72      | 11,3         | 137                 |
| 3                             | 130               | 15                        | 19                          | 42    | 102     | 16,5         | 151                 |
| 4                             | 133               | 14                        | 18                          | 46    | 96      | 15,7         | 146                 |
| 5                             | 137               | 14                        | 20                          | 51    | 111     | 18,1         | 149                 |
| 6                             | 133               | 15                        | 17                          | 41    | 83      | 12,1         | 148                 |
| 7                             | 126               | 12                        | 19                          | 42    | 90      | 14,3         | 146                 |
| 8                             | 132               | 13                        | 18                          | 38    | 79      | 12,0         | 148                 |

**Примітка:** 1 – контроль 1 (без обробки насіння); 2 – контроль 2 (обробка насіння водою); 3 – Ризобін<sup>К</sup> (асоціація 3-х штамів *B. japonicum* УКМ В-6018, УКМ В-6023, УКМ В-6035); 4 – Ризобін<sup>К</sup> + *Paenibacillus* sp.1; 5 – Ризобін<sup>К</sup> + *Bacillus* sp.4; 6 – Ризобін<sup>К</sup> + *Brevibacillus* sp.5; 7 – Ризобін<sup>К</sup> + *P. brassicacearum* 6; 8 – Ризобін<sup>К</sup> + *B. megaterium* УКМ В-5724.

5. Урожайність і хімічний склад сортів сої залежно від інокуляції насіння бульбочковими й ендоситними бактеріями на зрошуваних землях південного Степу України (у середньому за 2017–2019 рр.)

| Варіанти обробки насіння (В)                           | Урожайність, т/га | Вміст у насінні, % |       | Збір з 1 га, кг |      |
|--------------------------------------------------------|-------------------|--------------------|-------|-----------------|------|
|                                                        |                   | білка              | жиру  | білка           | жиру |
| сорт Діона                                             |                   |                    |       |                 |      |
| Контроль 1                                             | 2,32              | 37,40              | 15,67 | 868             | 364  |
| Контроль 2                                             | 2,34              | 37,61              | 15,90 | 880             | 372  |
| Ризобін <sup>К</sup>                                   | 2,92              | 37,79              | 16,42 | 1126            | 479  |
| Ризобін <sup>К</sup> + <i>Paenibacillus</i> sp.1       | 3,03              | 37,63              | 17,54 | 1140            | 531  |
| Ризобін <sup>К</sup> + <i>Bacillus</i> sp.4            | 3,19              | 38,30              | 17,55 | 1222            | 560  |
| Ризобін <sup>К</sup> + <i>Brevibacillus</i> sp.5       | 2,87              | 39,06              | 17,65 | 1121            | 507  |
| Ризобін <sup>К</sup> + <i>P. brassicacearum</i> 6      | 2,89              | 39,28              | 17,83 | 1135            | 515  |
| Ризобін <sup>К</sup> + <i>B. megaterium</i> УКМ В-5724 | 2,72              | 37,76              | 17,75 | 1027            | 483  |
| сорт Аратта                                            |                   |                    |       |                 |      |
| Контроль 1                                             | 2,27              | 37,41              | 15,21 | 849             | 345  |
| Контроль 2                                             | 2,28              | 37,54              | 15,38 | 856             | 351  |
| Ризобін <sup>К</sup>                                   | 2,42              | 38,77              | 17,11 | 938             | 414  |
| Ризобін <sup>К</sup> + <i>Paenibacillus</i> sp.1       | 2,52              | 38,81              | 18,07 | 978             | 455  |
| Ризобін <sup>К</sup> + <i>Bacillus</i> sp.4            | 2,75              | 39,26              | 18,62 | 1080            | 512  |
| Ризобін <sup>К</sup> + <i>Brevibacillus</i> sp.5       | 2,59              | 38,73              | 18,84 | 1003            | 488  |
| Ризобін <sup>К</sup> + <i>P. brassicacearum</i> 6      | 2,55              | 39,29              | 17,61 | 1002            | 449  |
| Ризобін <sup>К</sup> + <i>B. megaterium</i> УКМ В-5724 | 2,50              | 37,93              | 17,34 | 948             | 434  |

А. Оцінка істотності урожайності часткових відмінностей:

$НІР_{05}(A) = 0,15$  т/га;  $НІР_{05}(B) = 0,12$  т/га

В. Оцінка істотності урожайності середніх (головних) ефектів:

$НІР_{05}(A) = 0,05$  т/га;  $НІР_{05}(B) = 0,09$  т/га

**Примітка:** 1 – контроль 1 (без обробки насіння); 2 – контроль 2 (обробка насіння водою); 3 – Ризобін<sup>К</sup> (асоціація 3-х штамів *B. japonicum* УКМ В-6018, УКМ В-6023, УКМ В-6035); 4 – Ризобін<sup>К</sup> + *Paenibacillus* sp.1; 5 – Ризобін<sup>К</sup> + *Bacillus* sp.4; 6 – Ризобін<sup>К</sup> + *Brevibacillus* sp.5; 7 – Ризобін<sup>К</sup> + *P. brassicacearum* 6; 8 – Ризобін<sup>К</sup> + *B. megaterium* УКМ В-5724.

фітними бактеріями. Максимальний вміст білка, на рівні 39,06–39,28%, був у насінні сої сорту Діона у варіантах, де проводили передпосівну інокуляцію композиціями Ризобін<sup>К</sup> + *Brevibacillus* sp.5 і Ризобін<sup>К</sup> + *P. brassicacearum* 6, що перевищувало показники варіантів Контроль 1 і Контроль 2 у 1,45–1,67 і 1,66–1,88 рази відповідно. Вміст білка у насінні сорту Аратта також був достатньо високим, який у варіантах Ризобін<sup>К</sup> + *Bacillus* sp.4 і Ризобін<sup>К</sup> + *P. brassicacearum* 6 складав 39,26–39,29%. Високий вміст жиру отримано в насінні сорту Діона за комплексної інокуляції композиціями Ризобін<sup>К</sup> + *Brevibacillus* sp.5 та Ризобін<sup>К</sup> + *P. brassicacearum* 6 (17,65 і 17,83% відповідно) та в насінні сорту Аратта за обробки комплексними інокулянтами Ризобін<sup>К</sup> + *Bacillus* sp.4 та Ризобін<sup>К</sup> + *Brevibacillus* sp.5 (18,62 і 18,84%) проти 15,67–15,90% і 15,21–15,38% в контрольних варіантах відповідних сортів.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Формування урожаю насіння різних за скоростиглістю сортів сої істотно залежало від гідротермічних умов вегетаційного періоду культури та її симбіозу з бульбочковими та ендоситними бактеріями на зрошуваних землях південного Степу України. Передпосівна інокуляція насіння сортів сої бульбочковими й ендоситними бактеріями, порівняно з контрольними варіантами, суттєво впливала на формування загальної кількості бобів на рослинах і насінин в одному бобі, що сприяло підвищенню урожайності ультраскоростиглого сорту Діона на 0,57–0,87 т/га і середньораннього сорту Аратта – на 0,32–0,48 т/га. Урожайність кондиційного насіння сорту Діона у Контролі 1 (без обробки насіння) і Контролі 2 (обробка насіння водою) складала 2,32 і 2,34 т/га, відповідно, сорту Аратта – 2,27 і 2,28 т/га. Найбільша урожайність насіння сортів сої

формувався за передпосівної обробки насіння Ризобіном<sup>К</sup> + *Bacillus* sp.4 – 3,19 т/га у сорту Діона й 2,75 т/га у сорту Аратта.

Інокуляція насіння різних за скоростиглістю сортів сої бульбочковими й ендоефітними бактеріями істотно впливала на вміст білка і жиру в насінні культури. Максимальний вміст білка, на рівні 39,06-39,28%, спостерігався в насінні сорту Діона у варіантах, де проводили передпосівну обробку комплексними

інокулянтами Ризобін<sup>К</sup> + *Brevibacillus* sp.5 і Ризобін<sup>К</sup> + *P. brassicacearum* 6. Вміст білка у насінні сорту Аратта також був достатньо високим у варіантах з Ризобін<sup>К</sup> + *Bacillus* sp.4 і Ризобін<sup>К</sup> + *P. brassicacearum* 6 складав 39,26-39,29%. Найбільший збір білка і жиру отримано за інокуляції насіння Ризобіном<sup>К</sup> + *Bacillus* sp.4, який за вирощування сорту Діона досягав 1222 кг/га і 560 кг/га, а сорту Аратта – 1080 кг/га та 512 кг/га відповідно.

### Бібліографія

1. Адамень Ф.Ф., Вергунов В.А., Лазер П.Н., Вергунова И.Н. Агробиологические особенности возделывания сои в Украине. Киев: Аграрна наука. 2006. 455 с.
2. Бабич А.О., Побережна А.А. Селекція, виробництво, торгівля і використання сої у світі. Київ: Аграрна наука, 2011. 548 с.
3. Гарифуллина Д.В. Эндоефитные бактерии растений гороха как активный компонент бобово-ризобияльной симбиотической системы: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. биол. наук: спец.03.02.03 «Микробиология». Уфа, 2012. 20 с.
4. Иванов Н.Н. Показатель биологической эффективности климата / Известия Всесоюзного географического общества, 1962. Т. 94. № 1. С. 65–70.
5. Каталог сортів та гібридів сільськогосподарських культур селекції Інституту зрошувального землеробства НААН / Р.А. Вожегова та ін. Херсон: ФОП Грін Д.С., 2017. С. 38–53.
6. Костяков А.Н. Основы мелиораций. 6 изд. Москва: Сельхозгиз, 1960. 630 с.
7. Патица В.Ф. Біологічний азот. Київ: Світ, 2003. 424 с.
8. de Bary. Morphologie und physiologie der pilze, flechen, und myxomyceten / Hofmeister's handbuch der Physiologischen Botanik, Leipzig: W.Engelmann, 1886, 2. 338 p.
9. Ушкаренко В.А., Лазарев Н.Н., Голобородько С.П., Коковихин С.В. Дисперсионный и корреляционный анализ в растениеводстве и луговодстве. Москва: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2011. 335 с.

### References

1. Adamen, F.F., Vergunov, V.A., Lazer, P.N., & Vergunova, I.N. (2006). Agrobiologicheskie osobennosti vozdeliyvaniya soi v Ukraine. Kiev: Agrarna nauka. [in Russian].
2. Babich, A.O., & Poberezhna, A.A. (2011). Seleksiya, virobnitstvo, torgivlya i vikoristannayasoyi u sviti [Collection, production, trade and use of soybeans in the world]. Kiev: Agrarian Science. [in Ukrainian].
3. Garifullina, D.V. (2012). Endofitnyie bakterii rasteniy goroha kak aktivnyiy komponent bobovo-rizobialnoy simbioticheskoy sistemyi [Endophytic bacteria of pea plants as an active component of the bean-rhizobial symbiotic system]. Author's abstract. Cand. biol. sciences Ufa. [in Russian].
4. Ivanov, N.N. (1962). Pokazatel biologicheskoy effektivnosti klimata [The indicator of the biological efficiency of the climate]. Izvestiya All-Union Geographical Society, 1, 65-70. [in Russian].
5. Vozhegova, R.A., Lavrinenko, Y.O. & Basil, G.G. (2017). Katalog sortiv ta gibridiv silskogospodarskih kultur selektsiyi Institutu zroshuvanogo zemlerobstva NAAN [Catalog of varieties and hybrids of agricultural crops of breeding at the Institute of Irrigated Agriculture NAAN]. Kherson: FOP Grin D.S., 38-53. [in Ukrainian].
6. Kostyakov A.N. (1960). Osnovy melioratsiy. Moskva: Selhozgiz. [in Russian].
7. Patika V.F. (2003). Biologichniy azot. Kiev: Svit. [in Ukrainian].
8. de Bary. (1886). Morphologie und physiologie der pilze, flechen, und myxomyceten. Hofmeister's handbuch der Physiologischen Botanik, Leipzig: W.Engelmann.
9. Ushkarenko, V.A., Lazarev, N.N., Goloborodko, S.P. & Cocovihin, S.V. (2011). Dispersionnyiy i korrelyatsionnyiy analiz v rastenievodstve i lugovodstve [Dispersion and correlation analysis in crop and grassland farming]. Moskva: RSAU-MSA them. K.A. Timiryazeva. [in Ukrainian].



**С.П. Голобородько, Г.А. Иутинская, Л.В. Титова, Е.Д. Дубинская**  
**Продуктивность сортов сои при инокуляции семян клубеньковыми и эндофитными бактериями в условиях орошения Юга Украины**

**Аннотация.** В статье изложены результаты исследований по установлению продуктивности различных по скороспелости сортов сои в зависимости от комплексной инокуляции семян клубеньковыми и эндофитными бактериями. Доказано, что при инокуляции семян сои, по сравнению с контрольными вариантами, существенно увеличивается общее количество бобов на растениях, а также семян в одном бобе, что способствует повышению урожайности семян ультраскороспелого сорта Диона на 0,85–0,87 т/га и среднераннего сорта Аратта – на 0,47–0,48 т/га. Применение инокуляции семян сои клубеньковыми и эндофитными бактериями в комплексе с другими агротехническими мероприятиями позволяет снизить химическую нагрузку на земельные ресурсы, что способствует существенному улучшению качества выращиваемой продукции. Максимальный сбор белка и жира получен при инокуляции семян Ризобином<sup>к</sup> + *Bacillus sp.4*, который при выращивании сорта Диона достигал 1222 кг/га и 560 кг/га, а сорта Аратта – 1080 кг/га и 512 кг/га соответственно. Суммарное водопотребление различных по скороспелости сортов сои в критическом межфазной периоде «начало цветения-начало образования бобов» существенно росло, что связано с интенсивным ростом вегетативной массы растений, которое у ультраскороспелого сорта Диона достигало 1024 м<sup>3</sup>/га и среднераннего сорта Аратта – 1511 м<sup>3</sup>/га. В межфазном периоде «начало образования бобов-начало созревания бобов» суммарное водопотребление при выращивании сорта сои Диона не превышало 1318 м<sup>3</sup>/га и сорта Аратта 952 м<sup>3</sup>/га или 16,3–25,8% к суммарному количеству воды за вегетационный период культуры. В общем при выращивании сорта Диона было проведено 10 вегетационных поливов оросительной нормой 3610 м<sup>3</sup>/га, соответственно, сорта Аратта – 12 поливов оросительной нормой 4220 м<sup>3</sup>/га. В целом за вегетационный период суммарное водопотребление сорта сои Диона с 0-70 см слоя почвы достигало 5102 м<sup>3</sup>/га, соответственно, сорта Аратта – 5832 м<sup>3</sup>/га.

**Ключевые слова:** соя, семена, инокуляция, клубеньковые бактерии, эндофиты, урожайность, содержание белка, содержание жира.

**S.P. Goloborodko, G.A. Iutynskaya, L.V. Tytova, O.D. Dubinska**  
**Productivity of soybean varieties in the inoculation of seeds by nodules and endophytic bacteria in the conditions of irrigation of South of Ukraine**

**Abstract.** The article presents the results of studies to establish the productivity of soybean varieties of different maturity, depending on the complex inoculation of seeds with nodule and endophytic bacteria. It is proved that upon inoculation of soybean seeds, in comparison with control variants, the total number of beans on plants, increases significantly, as well as seeds in one bean. This contributes to higher yields of seeds of ultra-ripe variety Dion by 0,85–0,87 t/ha and medium early Aratta varieties – by 0,47–0,48 t/ha. The use of inoculation of soybean seeds with nodule and endophytic bacteria in combination with other agrotechnical measures can reduce the chemical load on soils, which contributes to a significant improvement in the quality of the grown products. The maximum yield of protein and fat was obtained by seed inoculation with Rizobin<sup>k</sup> + *Bacillus sp.4*, which reached 1222 kg/ha and 560 kg/ha during cultivation of the Dion variety, and 1080 kg/ha and 512 kg/ha, respectively, of the Aratta variety. The total water consumption of soybean varieties of different maturity in the critical interphase period “initial blossom and bean formation” increased significantly, due to the intensive growth of the vegetative mass of plants, which reached 1024 m<sup>3</sup>/ha in the ultra-ripe variety Diona and 1511 m<sup>3</sup>/ha in the early Aratta variety. In the interphase period “bean formation – bean ripening”, the total water consumption during the cultivation of the Dion soybean variety did not exceed 1318 m<sup>3</sup>/ha and the Aratta variety 952 m<sup>3</sup>/ha, or 16,3-25,8% of the total amount of water during the growing season of the crops. In general, during the cultivation of the Dion variety, 10 vegetative irrigations with the rate of 3610 m<sup>3</sup>/ha were carried out, respectively, of the Aratta variety, 12 vegetative irrigations with the rate of 4220 m<sup>3</sup>/ha were carried out. In general, during the growing season, the total water consumption of the Dion soybean variety from 0-70 cm of the soil layer reached 5102 m<sup>3</sup>/ha, respectively, of the Aratta variety – 5832 m<sup>3</sup>/ha.

**Key words:** soy, seeds, inoculation, nodule bacteria, endophytes, productivity, protein content, fat content.